



UEPB

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E AMBIENTAIS (CCAA - CAMPUS II)
COORDENAÇÃO DO CURSO DE BACHARELADO EM AGROECOLOGIA**

MARIA VALDEANE CAETANO DA SILVA

**EFEITO DE CONCENTRAÇÕES DE *Bacillus* SPP. NA VIABILIDADE TÉCNICA DO
TOMATEIRO EM SISTEMA AGROECOLÓGICO**

**LAGOA SECA
2025**

MARIA VALDEANE CAETANO DA SILVA

**EFEITO DE CONCENTRAÇÕES DE *Bacillus* SPP. NA VIABILIDADE
TÉCNICA DO TOMATEIRO EM SISTEMA AGROECOLÓGICO**

Trabalho de Conclusão de Curso (Artigo) apresentado a/ao Coordenação /Departamento do Curso Agroecologia da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Agroecologia.

Orientador: Prof. Dra. Elida Barbosa Corrêa

Coorientadora: Dra. Amanda de Melo Gonçalves Gaião

**LAGOA SECA
2025**

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto em versão impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que, na reprodução, figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

S586e Silva, Maria Valdeane Caetano da.
Efeito de concentrações de *Bacillus* SPP. na viabilidade técnica do tomateiro em sistema agroecológico [manuscrito] / Maria Valdeane Caetano da Silva. - 2025.
32 f. : il. color.

Digitado.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agroecologia) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências Agrárias e Ambientais, 2025.

"Orientação : Profa. Dra. Elida Barbosa Corrêa, Departamento de Ciências Agrárias e Ambientais - CCAA".

"Coorientação: Dra. Amanda de Melo Gonçalves Gaião, CCAA".

1. Tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.). 2. Agricultura sustentável. 3. Bioinsumos. I. Título

21. ed. CDD 635.642

MARIA VALDEANE CAETANO DA SILVA

EFEITO DE CONCENTRAÇÕES DE BACILLUS SPP. NA VIABILIDADE TÉCNICA DO
TOMATEIRO EM SISTEMA AGROECOLÓGICO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do Curso de Agroecologia da
Universidade Estadual da Paraíba, como
requisito parcial à obtenção do título de
Bacharela em Agroecologia.

Aprovada em: 03/06/2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado eletronicamente por:

Dalmo Marcello de Brito Primo (**.939.194 **), em **21/06/2025 06:25:09** com chave
a01f8c104e8111f08d5b1a7cc27eb1f9.

Élida Barbosa Corrêa (**.980.538 **), em **19/06/2025 20:00:20** com chave
2c67ffa84d6111f0b42406adb0a3afce.

Josely Dantas Fernandes (**.064.814 **), em **19/06/2025 20:33:36** com chave
d267c52e4d6511f0994d1a7cc27eb1f9.

Documento emitido pelo SUAP. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QrCode ao lado ou
acesse https://suap.uepb.edu.br/comum/autenticar_documento/ e informe os dados a seguir. **Tipo de**

Documento: Folha de Aprovação do Projeto Final

Data da Emissão: 21/06/2025

Código de Autenticação: eb25d9



“É Justo que muito custe o que muito vale!”
Santa Tereza Dávila

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Estufa Agrícola Na Área Mandala, CCAA – Campus II	16
Figura 2 -	Bandejas de plástico de polipropileno atóxico, Com Substrato de húmus de minhoca (2a), mudas de tomate com 30 dias de semeadura (2b)	17
Figura 3 -	Sistema de consórcio entre coentro e tomate após 35 dias da semeadura do coentro e 25 dias do transplante de tomateiro	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Resultados da análise química do solo coletado na área experimental	18
Tabela 2 –	Resumo da análise de variâncias de Números de folhas, Altura, Número de cachos, Número de frutos por cachos, Número de abortos florais aos 59 dias após o transplante	21
Tabela 3 –	Resumo da análise de variâncias e médias de número de fruto por planta, comprimento e diâmetro do fruto, massa do fruto, produção por planta e produtividade em função de diferentes níveis de Bacillus	22
Tabela 4 –	Teor de sólidos solúveis (Brix°), acidez titulável (%) e pH de frutos de tomateiro obtidos de plantas tratadas com Quartzo® (Bacillus subtilis e Bacillus licheniformis) nas concentrações de 10 ⁶ ufc mL ⁻¹ , 10 ⁷ ufc mL ⁻¹ , 10 ⁸ ufc mL ⁻¹ e 10 ⁹ ufc mL ⁻¹ e de água destilada (testemunha)	23
Tabela 5 –	População de Bacillus subtilis e Bacillus licheniformis no solo rizosférico de plantas de tomateiro tratadas com Quartzo® (Bacillus subtilis e Bacillus licheniformis) nas concentrações de 10 ⁶ ufc mL ⁻¹ , 10 ⁷ ufc mL ⁻¹ , 10 ⁸ ufc mL ⁻¹ e 10 ⁹ ufc mL ⁻¹ e de água destilada (testemunha)	25

SUMÁRIO

RESUMO	09
ABSTRACT	09
1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVO.....	12
2.1 OBJETIVO GERAL.....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 CULTURA DO TOMATE	12
3.2 SISTEMAS DE CULTIVO DE TOMATEIRO	13
3.3 CONSORCIO DE CULTURAS	14
3.4 BACTÉRIAS DO GÊNERO <i>Bacillus</i> E A SUA UTILIZAÇÃO COMO BIOINSUMOS 15	
3.5. PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DE PLANTAS MEDIADO POR <i>Bacillus</i> SPP... 16	
4. METODOLOGIA.....	17
4.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL....	17
4.2. CULTIVAR UTILIZADA E PRODUÇÃO DE MUDAS	18
4.3 TRATAMENTO COM <i>Bacillus</i> SPP. NAS PLANTAS	19
4.4. PREPARO DA ÁREA, ADUBAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	19
4.5. AVALIAÇÕES.....	21
4.6. ISOLAMENTO DE <i>Bacillus</i> SPP. DA RIZOSFERA DAS PLANTAS.....	22
4.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
6. CONCLUSÕES	27

EFEITO DE CONCENTRAÇÕES *Bacillus* SPP. NA VIABILIDADE TÉCNICA DO TOMATEIRO EM SISTEMA AGROECOLÓGICO

Maria Valdeane Caetano da Silva

RESUMO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das hortaliças mais cultivadas no mundo sendo amplamente consumida *in natura* quanto processado. A utilização de bactérias promotoras de crescimento no cultivo do tomateiro pode aumentar a produção das plantas e a qualidade dos frutos; e proteger contra estresses bióticos e abióticos. Objetivou-se avaliar os efeitos da inoculação de diferentes concentrações de *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis* (formulados no bioinsumo Quartzo®) sobre o desenvolvimento das plantas, produção e qualidade dos frutos de tomateiro cultivado em consórcio com coentro (*Coriandrum sativum* L.; em estufa agrícola). O sistema de cultivo foi o agroecológico, por meio da utilização de insumos permitidos pela agricultura orgânica. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados, com cinco tratamentos e seis blocos. As bactérias foram utilizadas nas concentrações de 10^6 , 10^7 , 10^8 e 10^9 ufc mL⁻¹ além da testemunha onde foi aplicado água destilada. Os parâmetros avaliados foram altura, número de folhas, números de cachos, frutos por cachos e aborto floral. Após a colheita foram avaliados o comprimento, o diâmetro, os números dos frutos e a massa dos frutos; e as características físico-químicas dos frutos (pH, sólidos solúveis e acidez titulável). A aplicação de *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*, formulados no bioinsumo Quartzo®, não influenciou o desenvolvimento vegetativo, a produtividade e a qualidade dos frutos de tomateiro cultivado em sistema agroecológico. Maiores estudos quanto as concentrações de Quartzo® e quanto aos períodos de aplicação devem ser realizadas.

Palavras-Chave: Agricultura sustentável; Quartzo®; bioinsumos.

EFFECT OF *Bacillus* SPP. ON PROMOTING GROWTH OF TOMATO INTERCROPPED WITH CORIANDER IN AGROECOLOGICAL SYSTEM

ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) is one of the most widely cultivated vegetables worldwide and is widely consumed both fresh and processed. The use of growth promoting bacteria in tomato cultivation can increase plant production and fruit quality, and protect against biotic and abiotic stresses. The objective of this study was to evaluate the effects of inoculation with different concentrations of *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* (formulated in the bioinput Quartzo®) on plant development, production and fruit quality of tomato plants grown in consortium with coriander (*Coriandrum sativum* L.; in an agricultural greenhouse). The cultivation system was agroecological, using inputs permitted by organic farming. The experiment was conducted in a randomized block design, with five treatments and six blocks. The bacteria were used at concentrations of 10^6 , 10^7 , 10^8 and 10^9 cfu mL⁻¹ in addition to the

control where distilled water was applied. The parameters evaluated were height, number of leaves, number of bunches, fruits per bunch and floral abortion. After harvest, the length, diameter, number of fruits and fruit mass were evaluated; and the physicochemical characteristics of the fruits (pH, soluble solids and titratable acidity). The application of *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis*, formulated in the bioinput Quartzo®, did not influence the vegetative development, productivity and quality of the fruits of tomato plants grown in an agroecological system. Further studies on the concentrations of Quartzo® and the application periods should be carried out.

Keywords: Sustainable agriculture; Quartzo®; bioinputs.

1 INTRODUÇÃO

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é uma das hortaliças mais cultivadas e economicamente relevantes no mundo, pertencente à família Solanácea. O centro de origem do tomateiro está na região andina da América do Sul, embora tenha sido domesticado no México e introduzido na Europa pelos navegadores portugueses no século XVI (Naika *et al.*, 2020). O cultivo pode ser realizado tanto em campo aberto quanto em ambiente protegido, sendo a maior parte da produção destinada ao consumo *in natura* (Faria Júnior *et al.*, 2007).

De acordo com os dados do (IBGE, 2024), a produção de tomate no Brasil foi estimada em 4,7 milhões de toneladas. Os maiores produtores foram os estados de Goiás, com 1,7 milhão de toneladas (36,3% do total nacional), seguido por São Paulo, com 1,1 milhão (22,9%) e Minas Gerais, com 557,6 mil toneladas (11,8%). Em março de 2025, a área cultivada com tomate no país chegou a aproximadamente 63,243 mil hectares. Desse total, cerca de 35% foram destinados à indústria, e a outra parte para o consumo *in natura* (IBGE, 2025).

O rendimento médio nacional da produção de tomate foi de 74.466 kg por hectare, com destaque para os estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais, que lideram a produção no país (IBGE,2024). No Nordeste, a Paraíba apresentou uma produtividade de 23.631 kg por hectare em abril de 2024, e de 18.069 kg por hectare em abril de 2025, tendo Campina Grande como seu principal polo produtivo (IBGE, 2025).

Apesar da relevância econômica e social da cultura, a tomaticultura é considerada uma atividade de alto risco devido ao elevado custo de produção, flutuações de mercado e alta suscetibilidade a pragas e doenças das plantas. Os principais agentes causais de doenças que afetam o tomateiro são os fungos, comprometendo raízes, folhas, hastes, flores e frutos (Loos *et al.*, 2008; Reis *et al.*, 2012). Além disso, a cultura demanda elevada altos teores de nutrientes, especialmente durante as fases de frutificação e florescimento, períodos críticos para o desenvolvimento das plantas (Silveira *et al.*, 2018).

Diante desses desafios, técnicas alternativas têm sido desenvolvidas para aumentar a produtividade e reduzir os impactos ambientais do cultivo do tomateiro. Entre as estratégias adotadas, destacam-se o melhoramento genético, o uso de porta enxertos, fertilizantes de liberação controlada, bioestimulantes e a aplicação de bactérias promotoras de crescimento de plantas (Lopes, 2015; Baldotto, 2014; Zandonadi, 2014; Olivares *et al.*, 2015).

As bactérias promotoras de crescimento em plantas, especialmente as do gênero *Bacillus*, apresentam potencial para melhorar o crescimento e a sanidade das plantas por meio da produção de fitohormônios, solubilização de nutrientes e indução de resistência sistêmica. Espécies como *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis* têm sido amplamente estudadas por sua capacidade de estimular o desenvolvimento radicular, aumentar a absorção de nutrientes e conferir proteção contra doenças às plantas (Glick *et al.*, 2012; Alcântara e Porto *et al.*, 2019). Diferentes espécies de *Bacillus*, como *Bacillus velezensis* AP 3, contribuem para o crescimento do tomateiro por meio da síntese de fitohormônios, sideróforos e pela solubilização de fósforo (Glick, *et al.*, 2012).

Além do uso de bactérias promotoras de crescimento em plantas, o cultivo em ambiente protegido tem se mostrado uma estratégia eficaz para mitigar problemas fitossanitários e reduzir impactos climáticos adversos. Esse sistema proporciona maior controle sobre variáveis ambientais, como temperatura, umidade e incidência de pragas, resultando em menor uso de agrotóxicos e maior eficiência no uso de recursos hídricos e fertilizantes (Campagnol *et al.*, 2017).

Em sistemas orgânicos de produção, a diversificação de culturas é uma prática fundamental para garantir o equilíbrio do sistema produtivo. Nesse sentido, o uso de consórcios, barreiras e corredores de vegetação funcionam como uma estratégia complementar de manejo, ajudando na conservação dos inimigos naturais. Isso, por sua vez, colabora para manter as populações de insetos herbívoros abaixo do nível de dano econômico (Altieri *et al.*, 2003). Inclusive, estudos reforçam a eficiência desse tipo de manejo. Pesquisas feitas por Medeiros *et al.* (2009) e Togni *et al.* (2009b) mostraram que o consórcio de coentro (*Coriandrum sativum*) com tomateiro teve influência direta na redução do crescimento populacional da mosca branca (*Bemisia tabaci*) e da traça do tomateiro (*Tuta absoluta*) que são pragas de grande importância na cultura. Isso demonstra que o uso de consórcios pode ser uma alternativa viável para minimizar os danos provocados por esses insetos, especialmente em sistemas orgânicos.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar o efeito da inoculação de diferentes concentrações de *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*, formulados no bioinsumo Quartzo®, sobre o desenvolvimento vegetativo, a produtividade e a qualidade dos frutos de tomateiro cultivado em sistema agroecológico.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito de diferentes concentrações de *B. subtilis* e *B. licheniformis* na altura e no número de folhas do tomateiro;
- Avaliar o efeito das diferentes concentrações de *B. subtilis* e *B. licheniformis* no número de cachos, no número de frutos e abortos floral das plantas de tomateiro;
- Verificar o efeito das bactérias na produtividade, na massa dos frutos, no comprimento, no diâmetro e nas características físico químicas dos frutos (pH, teor de sólidos solúveis e acidez titulável).
- Quantificar a população de *Bacillus* spp. na rizosfera das plantas de tomateiro sob diferentes concentrações aplicadas.

3 REFERENCIAL TEORICO

3.1 CULTURA DO TOMATE

O tomateiro é originário da região andina, abrangendo países desde o Equador até o Norte do Chile. Planta autógama (flores hermafroditas) e herbácea, possui caule flexível e crescimento classificado como determinado ou indeterminado, dependendo da cultivar. As plantas de crescimento determinado são de porte baixo e tem produção concentrada, sendo muito usadas para a indústria. Já as de crescimento indeterminado crescem continuamente e frutificam por mais tempo, sendo mais comuns no consumo *in natura*. Essas precisam de tutoramento e podas mais frequentes (FAEP, 2021). Os tipos de tomate mais utilizados no Brasil são: salada (ou mesa), cereja, grape, italiano (tipo alongado ou industrial), caqui e Santa Cruz,

cada um com características específicas que os tornam mais adequados para determinados usos culinários e produtivos.

Segundo Melo (2013), os tomates de mesa, também chamados de tomates frescos, são destinados ao consumo in natura e geralmente apresentam frutos com maior tamanho, polpa firme, boa aparência e sabor equilibrado. Dentro desse grupo, destacam-se os tipos caqui, Santa Cruz e os híbridos modernos desenvolvidos com resistência a doenças e melhor conservação pós colheita.

Por outro lado, os tomates do tipo italiano (também chamados de tipo industrial ou alongado) são indicados para processamento industrial devido à sua baixa acidez, alto teor de sólidos solúveis e menor teor de água. Apesar disso, têm sido introduzidos no consumo de mesa devido à sua firmeza e boa conservação. A cultivar BRS Montese, por exemplo, desenvolvida pela Embrapa, é um tipo italiano adaptado para cultivo orgânico e consumo in natura (MAPA, 2024).

Apesar da elevada importância socioeconômica do tomateiro, sendo produzido por agricultores em escala familiar e em larga escala, o cultivo do tomateiro é oneroso pela elevada suscetibilidade a pragas e doenças das cultivares comerciais e pelo intenso uso de tratamentos culturais, elevando os custos de produção (Medeiros, *et al.*, 2023; Carvalho *et al.*, 2018).

3.3 SISTEMAS DE CULTIVO DE TOMATEIRO

O cultivo do tomateiro convencional e orgânico pode ser feito tanto em campo aberto quanto em estufas. No campo aberto, o custo inicial é menor, mas há maior exposição a pragas, doenças e variações do clima, o que exige a maior utilização de agrotóxicos no sistema convencional. Já no cultivo em estufa, também conhecido como ambiente protegido, tem-se o maior controle climático e fitossanitário, melhorando a qualidade dos frutos e as reduzindo perdas. O fruto do tomate é uma baga carnosa, cuja massa pode variar conforme a cultivar, o manejo da adubação e a influência de fatores bióticos e abióticos. O cultivo pode ser realizado em campo aberto, em casas de vegetação/estufas agrícolas ou em sistemas hidropônicos. No entanto, em cultivos a campo, a incidência de pragas e doenças é maior em comparação aos demais sistemas, o que eleva os custos de produção. Esses custos variam conforme a cultivar utilizada e os efeitos edafoclimáticos ao longo do ciclo da cultura (Silveira, 2018).

No caso do manejo orgânico, o uso de estufas é ainda mais indicado, pois ajuda a evitar a entrada de pragas, como a broca pequena do tomateiro (*Neoleucinodes elegantalis*), e facilita o uso de bioinsumos (Pesagro Rio, 2017).

Quanto ao sistema de produção, o cultivo convencional usa adubos químicos, agrotóxicos, sementes híbridas e bioinsumos para a maximização da produção. Já no sistema orgânico, o aumento da produtividade está baseado no uso de cultivares híbridas ou de polinização aberta adaptadas à agroecossistema, rotação de culturas, adubação orgânica, adubação verde e uso de bioinsumos (Pesagro Rio, 2017). De acordo com Favoretto *et al.* (2015), o sistema orgânico pode ter até 17,1% menos custos e lucratividade 113,6% maior, especialmente quando feito em ambiente protegido.

O cultivo em ambiente protegido é uma técnica agrícola que visa modificar as condições climáticas para promover o desenvolvimento das plantas. Essa técnica tem sido utilizada na produção de flores, mudas e hortaliças, como pimentão, pepino e tomate, onde permite maior controle sobre o clima, reduzindo a incidência de pragas e doenças, além de possibilitar o uso mais eficiente de recursos como água e fertilizantes, quando comparado com o cultivo tradicional a céu aberto, resultando em maior produtividade das culturas (Carrijo *et al.*, 2000; Costa, 2000; Abrahão *et al.*, 2014).). Para implementar esse tipo de cultivo, são utilizadas estruturas como estufas, túneis e telados, que podem ser feitas de materiais como madeira ou metal, proporcionando um ambiente controlado que favorece o crescimento das plantas (Abrahão *et al.*, 2014).

Os sistemas de cultivo protegido podem ser realizados tanto em solo quanto sem solo. No sistema em solo, a prática comum envolve o uso de canteiros cobertos com *mulching*, técnica que auxilia na proteção do solo contra plantas espontâneas, enquanto cria um ambiente mais favorável para o desenvolvimento das plantas. No sistema sem solo, as raízes das plantas crescem em meios alternativos, como fibra de coco, turfa ou casca de arroz ou em soluções nutritivas, como é o caso do sistema *nutrient film technique* (NFT) (Mesquita, 2015).

3.4 CONSÓRCIO DE CULTURAS

O sistema de consórcio consiste no cultivo simultâneo de duas ou mais espécies em uma mesma área. A prática permite otimizar o uso do solo, dos insumos e da mão de obra, resultando em benefícios econômicos e ambientais. Os consórcios proporcionam o maior aproveitamento dos recursos naturais, como espaço, nutrientes, água e luz; e promove maior diversidade

biológica, o que eleva a produtividade por unidade de área e reduz os impactos ambientais em comparação à monocultura.

No cultivo orgânico os consórcios são amplamente utilizados, especialmente por agricultores familiares, para aumentar a produtividade sem comprometer a sustentabilidade do sistema agrícola (EMBRAPA, 2008).

O consórcio do tomate com o coentro é uma prática agroecológica que visa o controle natural de pragas, especialmente em sistemas orgânicos. O coentro atua como planta repelente, reduzindo a população de insetos praga e favorecendo a biodiversidade e o equilíbrio ecológico da agroecossistema, diminuindo o uso de defensivos agrícolas (Medeiros *et al.*, 2009; Togni *et al.*, 2009a).

3.5 BACTÉRIAS DO GÊNERO *Bacillus* E A SUA UTILIZAÇÃO COMO BIOINSUMOS

Espécies do gênero *Bacillus* vêm sendo amplamente utilizadas como bioinsumos, tanto para o controle de pragas e doenças quanto para estimular o crescimento vegetal, reduzindo a dependência de agrotóxicos e fertilizantes químicos, tornando o manejo agrícola mais viável sob os aspectos econômico, social e ambiental (Chagas Junior *et al.*, 2021). Pertencentes à família Bacillaceae, compreendem mais de 60 espécies e são classificadas como microrganismos bacilares gram-positivos. Essas bactérias produzem endósporos altamente resistentes a fatores ambientais adversos, como radiação, altas temperaturas e estresse hídrico. Apresentam variação de tamanho entre 0,5 e 2,5 μm x 1,2 10 μm e são comumente isoladas de solos e plantas (Diaz, 2018).

Além de sua resistência, espécies de *Bacillus* atuam na defesa das plantas contra patógenos, por meio da produção de antibióticos, induzindo a resistência das plantas, na produção de crescimento pela síntese de fitormônios (Figueiredo *et al.*, 2008), na solubilização e na assimilação de nutrientes (Ferreira; Cunha, 2020). Entre as espécies mais estudadas e reconhecidas por esses benefícios estão *Bacillus pumilus*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Bacillus subtilis* e *Bacillus firmus* (Kovács, 2019; Ferreira; Cunha, 2020).

O Brasil tem se consolidado como líder global na utilização de bioinsumos, incluindo produtos biológicos comerciais à base de *Bacillus*. De acordo com informações recentes do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), atualmente existem mais de 662 produtos de

baixo impacto registrados, com 75% deles aprovados entre 2008 e 2024. O setor de bioinsumos cresce a uma taxa de 30% ao ano no Brasil, superior à média global de 18% (MAPA, 2024).

Entre os produtos biológicos registrados, destacam-se aqueles formulados com diferentes espécies de *Bacillus*, como *B. subtilis*, *B. licheniformis* e *B. circulans*, utilizados no controle dos nematoides e fungos que são patógenos de diversas culturas agrícolas (MAPA, 2024). Além disso, novos reguladores de crescimento à base de *Bacillus aryabhatai*, *Bacillus haynesii* e *B. circulans*, *B. amyloliquefacies*, *B. pumilus*, *B. velenzenis* foram registrados para a ativação biológica das plantas (MAPA, 2024).

3.6 PROMOÇÃO DE CRESCIMENTO DE PLANTAS MEDIADO POR *Bacillus* SPP.

A promoção do crescimento de plantas por meio da interação com *Bacillus* spp. ocorre pela produção de reguladores de crescimento, como auxinas, citocininas e giberelinas, melhoria na nutrição das plantas, com aumento da disponibilidade de fósforo e a fixação de nitrogênio (Aysal *et al.*, 2014; Zecchin *et al.*, 2015; Patel *et al.*, 2017).

Espécies de *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens* e *B. cereus* têm sido estudadas por sua capacidade de estimular o desenvolvimento do tomateiro e suprimir doenças causadas por patógenos habitantes do solo, como a murcha de fusário e a murcha de verticílio (Pereira *et al.*, 2022; Zhang *et al.*, 2023). Oliveira *et al.* (2022) verificaram que a utilização da cepa FZB42 de *B. amyloliquefaciens* promove o desenvolvimento das mudas de tomate, resultando em maior vigor vegetativo e aumento do teor de clorofila em diferentes cultivares. Tais benefícios estão associados à produção de compostos bioativos e à colonização eficiente da rizosfera, que favorecem a absorção de nutrientes e a resistência das plantas frente a adversidades ambientais.

No entanto, é importante destacar que nem todas as cepas ou isolados, mesmo aquelas que demonstram potencial em uma espécie vegetal, apresentam os mesmos resultados em outras espécies ou em diferentes tipos de solo (Abdallah *et al.*, 2018; Aizoglu *et al.*, 2019). Isso evidencia a necessidade de realizar testes de seleção e adaptação de diferentes cepas de *Bacillus* spp. para avaliar sua eficácia de acordo com a cultura e as condições locais. A escolha adequada das cepas pode fazer toda a diferença no sucesso da utilização de *Bacillus* spp. como bioestimulantes nas práticas agrícolas.

4 METODOLOGIA

4.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi desenvolvido em ambiente protegido (Figura 01), (casa de vegetação), na área agroecológica, pertencente ao Centro de Ciências Agrárias e Ambientais (CCAA), Campus II da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), localizado no Sítio Imbaúba, município de Lagoa Seca/PB, agreste paraíbano, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 7° 16' S; longitude 35° 87 W e altitude 634 m.

O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados (DBC), composto por cinco tratamentos e repetições, totalizando 30 parcelas experimentais, os tratamentos foram 4 concentrações de *Bacillus* spp. 10^6 , 10^7 , 10^8 e 10^9 ufc mL⁻¹ e o tratamento testemunha recebeu água destilada. A coleta de dados foi realizada durante todo o ciclo do tomateiro, que teve duração máxima de 101 dias. Cada parcela continha seis plantas, das quais as três plantas centrais foram utilizadas para coletadas de dados.

Figura 1: Estufa agrícola na área mandala, CCAA – Campus II.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2025.

4.2 CULTIVAR UTILIZADA E PRODUÇÃO DE MUDAS

A cultivar utilizada foi a Shanty (HM Clause) de crescimento determinado, precoce e com tolerância a altas temperaturas. O fruto tem coloração vermelha intensa e massa média de 140 g a 170 g. A cultivar é indicada para produção em campo aberto, rasteiro ou meia estaca e possui alta resistência (HR) ao vírus do mosaico do tomate (ToMV), resistência intermediária (IR) ao vírus do vira cabeça do tomateiro (TSWV) e ao vírus do enrolamento da folha amarela do tomate (TYLCV) (HM Clause, 2020).

A semeadura foi realizada em bandejas plásticas de polipropileno atóxico (Figura 2A), com 50 células, cada uma com capacidade para 250 gramas de substrato, a semeadura foi realizada com 2 sementes a cada célula, com 8 dias após a emergência da semente foi realizada o desbaste, foram produzidas 250 mudas. O substrato utilizado foi o húmus de minhoca produzido a partir de esterco bovino. A irrigação das plantas foi realizada por meio de nebulizadores com vazão de 12 L/h, acionados durante 20 minutos. O transplante das mudas (Figura 2B), para o solo ocorreu 30 dias após a semeadura, momento em que as plantas possuíam de 3 a 5 folhas verdadeiras.

Figura 2: Bandejas de plástico de polipropileno atóxico, com substrato de húmus de minhoca (2A), mudas de tomate com 30 dias de semeadura (2B).



Fonte: Elaborada pelo autor, 2025.

4.3 TRATAMENTO COM *Bacillus* SPP. NAS PLANTAS

O bioinsumo Quartzo® (FMC Química do Brasil) formulado com *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis* e registrado junto ao MAPA para controle de nematoide do gênero *Meloidogyne* spp. foi utilizado para o tratamento das plantas. Para tanto, 10 ml da suspensão do bioproduto, contendo as populações de 10^6 , 10^7 , 10^8 e 10^9 ufc mL⁻¹ de *Bacillus* spp. foram aplicadas com pipeta no colo das plantas após 25, 32 e 38 dias do transplante. O tratamento testemunha recebeu 10 ml de água destilada. A concentração das suspensões de *Bacillus* spp. foi ajustada por meio do plaqueamento de 1 g do bioinsumo em meio de cultura Ágar Nutriente (AN) e contagem das unidades formadoras de colônia (UFC) bacterianas após 24 h de incubação a 25°C em estufa para B.O.D.

4.4 PREPARO DA ÁREA, ADUBAÇÃO E CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

A área utilizada no interior da casa de vegetação (72,18 m²) foi submetida a um preparo inicial que envolveu capina, seguido do plantio de milho com o intuito de promover a melhoria da estrutura do solo. Após o milho atingir o estágio de linha grão leitoso foi realizado o corte e a incorporação da cultura ao solo como adubação verde, visando a reciclagem de nutrientes e o enriquecimento do ambiente de cultivo.

No plantio, foi aberto um berço com 30 centímetros de profundidade o espaçamento entre plantas de 0,50 m e entre linhas de 0,80 m. A adubação de fundação foi aplicada 60 dias antes do plantio, aplicando se por berço 170 g de esterco caprino curtido, 70 g de cinza de madeira e 20 g de fosfato natural, permitindo o tempo mínimo para a mineralização dos nutrientes no solo. A recomendação foi feita de acordo com a necessidade da cultura, seguindo as orientações do *Manual de Adubação para o Estado de Pernambuco* (IPA, 2008) e os resultados da análise de solo (Tabela 1).

Tabela 1: Resultados da análise química do solo coletado na área experimental

pH	CE	P	K ⁺	Na ⁺	N	Al ³⁺ +Ca ²⁺	Mg ²⁺	CO	MO
H ₂ O 1:2,5	dS.m-1	mg/dm ³	(g/kg)			cmolc/dm ³			g/kg
6,07	0,15	16,23	0,10	0,09	0,40	0,002,43	1,81	8,0	13,79

A adubação de cobertura foi realizada por fertirrigação manual no colo da planta, utilizando-se 200 mL de biofertilizante (2 mS cm⁻¹) e húmus líquido, aplicados de forma alternada semanalmente. O biofertilizante foi aplicado 25 dias após o transplante e preparado com 1,26 kg de cinza de madeira, 5 L de soro de leite, 20 kg de cama de galinha, 125,54 L de água, 24,3 kg de esterco bovino, 5 kg de esterco de coelho e 8,5 kg de húmus de minhoca e foi utilizado após 90 dias de fermentação anaeróbica. O húmus líquido foi preparado com 60 L de água e 12 kg de húmus sólido, passando por um processo de fermentação durante sete dias antes da aplicação. O coentro (*Coriandrum sativum* L.) de cultivar Verdão (Horticeres) foi semeado 15 dias antes do transplante das mudas de tomate nas linhas de cultivo do tomateiro. Na figura 03 visualiza-se o consórcio após 25 dias de transplante das mudas de tomateiro.

Figura 3: Sistema de consórcio entre coentro e tomate após 35 dias da sementeira do coentro e 25 dias do transplante de tomateiro.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2025.

A irrigação foi realizada por meio de gotejamento, com uma vazão de 2,1 L/h por gotejador, inicialmente ligada uma vez ao dia por 20 minutos. Com o aumento do coeficiente de cultura (K_c), com a necessidade de água varia em função do tempo, resultando no ajuste do tempo de irrigação para 40 minutos, divididos em duas aplicações diárias de 20 minutos cada. O tutoramento das plantas foi realizado utilizando se estacas, fitilhos e arame, com 12 estacas robustas nas extremidades e 30 estacas mais finas distribuídas ao longo das linhas. As plantas foram sustentadas com fitilho, proporcionando estabilidade durante o crescimento. A desbrota foi conduzida semanalmente, removendo os brotos laterais das axilas das folhas para permitir a condução em uma única haste principal por planta.

Para o controle fitossanitário, foi realizada a aplicação de calda bordalesa a 0,5% (BRASIL, 2016a) a cada 15 dias (5 aplicações) a partir de 35 dias após o transplante (DAT). Óleo de nim (Fitoneem) foi aplicado a cada oito dias (7 aplicações) e duas aplicações de calda de cal e cinza foram realizadas no intervalo de cinco dias (BRASIL, 2016b). Foram feitas 16 armadilhas contendo água e detergente neutro para a captura de paquinhãs (*Neocurtilla hexadactyla*).

4.5 AVALIAÇÕES

Os dados vegetativos avaliados foram: altura da planta (cm) medida com fita métrica a partir do colo até a gema apical, número de folhas, número de cachos/pedúnculos florais, número de frutos e frutos abortados. O diâmetro e o comprimento dos frutos foram mensurados com o auxílio de um paquímetro. Os números de frutos foram contabilizados por contagem e a massa foi avaliada utilizando se balança digital. Para as análises físico químicas os frutos utilizados foram no ponto vermelho maduro, foram cortadas homogeneizadas e depois feitas as avaliações de teor de sólidos solúveis (Brix°) que foi determinado através de leitura direta da amostra em refratômetro portátil, colocando uma gota da solução no prisma e fazendo a leitura direta com correção da temperatura feita através de tabela proposta por (IAL 2008). O pH foi aferido medidor de pH digital (DEL LAB DLPH). A acidez titulável foi determinada pelo método título métrico, baseando se na neutralização dos íons H^+ com a solução de hidróxido de sódio (NaOH) 0,1 N, padronizada com biftalato de potássio, como titulante (IAL, 2008).

4.6 ISOLAMENTO DE *Bacillus* SPP. DA RIZOSFERA DAS PLANTAS

Amostras de solo da rizosfera de tomateiro de três plantas de cada tratamento foram coletadas após 101 dias do transplante das mudas e utilizadas para o isolamento das bactérias. Após a coleta, as amostras foram armazenadas em geladeira a 4 °C por 24 horas até o isolamento de acordo com metodologia adaptada de Foysal & Lisa (2018) para o gênero *Bacillus*.

As amostras de solo foram pesadas individualmente (1 g cada) e submetidas à secagem em estufa a 80°C por 30 minutos. Após a secagem, cada amostra foi transferida para tubos Falcon contendo 9 mL de água destilada autoclavada. O material foi agitado por 1 minuto em Vórtex e, em seguida, incubado em banho-maria a 60°C por 30 minutos. Concluído o tempo, a suspensão foi agitada novamente no Vórtex por 1 min para ser realizada a diluição seriada. A diluição seriada foi realizada em Capela de Fluxo Laminar utilizando uma pipeta automática e tubos Falcon com 9 mL de solução salina e 100 µL da suspensão diluída (10^{-3}) para placas de Petri contendo meio de cultura AN com o auxílio de uma alça de Drigalski esterilizada. A diluição de cada amostra foi realizada em duplicata. As culturas foram acondicionadas em incubadora D.B.O (Demanda Bioquímica de Oxigênio) a 25 °C por 24 h para a contagem das unidades formadoras de colônias.

4.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade, análise de variância (ANOVA, regressão e contraste de médias utilizando o software SISVAR versão 5.6.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O tratamento do tomateiro com *Bacillus* spp. nas concentrações aplicadas (10^6 , 10^7 , 10^8 e 10^9 ufc mL⁻¹) influenciou significativamente o número de frutos por cacho e para as demais variáveis (número de cachos, número de abortos florais, número de folhas das plantas e altura) não houve significância, independentemente da concentração de *Bacillus* spp. (Tabela 2).

Bacillus spp. aplicados na concentração de 10^9 ufc mL⁻¹ causou o aumento do número de frutos por cacho das plantas em 25% (Tabela 2).

Tabela 2: Resumo das análises de variância e médias do número de folhas, altura, número de cachos, número de frutos por cacho, número de abortos florais das plantas de tomateiro tratadas com *Bacillus* spp. nas concentrações aplicadas (0 , 10^6 , 10^7 , 10^8 e 10^9 ufc mL⁻¹) aos 59 dias após o transplante.

	FV	GL	Quadrados médios			
			Número de cachos	Número de frutos por cacho	Número de abortos florais	Número de folhas
Tratamento	4	0,41 ^{ns}	17,28*	1,21 ^{ns}	2,15 ^{ns}	0,0022 ^{ns}
Bloco	5	1,34*	3,41 ^{ns}	1,79*	0,45 ^{ns}	0,0023 ^{ns}
Resíduo	20	0,45	3,56	0,57	1,60	0,0017
10⁶ vs Test.	1	0,333 ^{ns}	5,333 ^{ns}	3,00 ^{ns}	1,44 ^{ns}	0,0012 ^{ns}
10⁷ vs Test.	1	0,083 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,0030 ^{ns}
10⁸ vs Test.	1	0,333 ^{ns}	2,083 ^{ns}	2,08 ^{ns}	7,00 ^{ns}	0,0075 ^{ns}
10⁹ vs Test.	1	0,083 ^{ns}	36,75*	0,08 ^{ns}	3,89 ^{ns}	0,0048 ^{ns}
CV (%)		19,31	15,14	29,59	7,53	3,26

Tratamentos	Médias				
10⁶	3	13	2	17	1,25
10⁷	4	12	3	17	1,25
10⁸	4	11	2	17	1,30
10⁹	4	15	3	17	1,29
Testemunha	3	12	3	17	1,28

No entanto, Khan *et al.* (2014) verificaram que a inoculação com *Sphingomonas* sp. promoveu o crescimento do tomateiro, aumentando o comprimento da parte aérea, o teor de clorofila, o peso seco da parte aérea e radicular. Apesar da promoção de crescimento da haste principal da planta e da emissão de novas folhas não ter ocorrido no presente trabalho, *Bacillus* spp. são reconhecidos como microrganismos promotores de crescimento, tendo múltiplos mecanismos de ação, como a fixação biológica de nitrogênio, solubilização de nutrientes, produção de sideróforos, além da capacidade de modular a microbiota rizosférica e induzir resistência sistêmica nas plantas (Filho *et al.*, 2010).

Quanto ao número de frutos por planta, comprimento e diâmetro do fruto, massa do fruto, produção por planta e produtividade em função das diferentes concentrações (10^6 , 10^7 , 10^8 e 10^9 ufc mL⁻¹) aplicadas de *Bacillus* spp. só houve diferença quanto ao comprimento do

fruto do tratamento com *Bacillus* spp. a 10^7 ufc mL⁻¹ versus a testemunha. A aplicação das bactérias na concentração de 10^7 ufc mL⁻¹ diminuíram em 5% o comprimento dos frutos (Tabela3).

Tabela 3: Resumo da análise de variância e médias do número de frutos por planta, comprimento e diâmetro do fruto, massa do fruto, produção por planta e produtividade em função das diferentes concentrações aplicadas de *Bacillus* spp. (0, 10^6 , 10^7 , 10^8 e 10^9 ufc mL⁻¹).

FV	GL	Quadrados médios					
		Número de fruto	Comprimento do fruto	Diâmetro do fruto	Massa do fruto	Produção	Produtividade
Tratamento 4		140,38 ^{ns}	0,0895 ^{ns}	0,031 ^{ns}	111,11 ^{ns}	1739638,2 ^{ns}	120808218,42 ^{ns}
Bloco	5	144,35 ^{ns}	0,0869 ^{ns}	0,038 ^{ns}	70,74 ^{ns}	1405893,0 ^{ns}	97631476,36 ^{ns}
Resíduo	20	109,00	0,0379	0,033	50,92	1240081,7 ^{ns}	86116788,03 ^{ns}
10⁶ vs Test.	1	261,33 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,0016 ^{ns}	25,87 ^{ns}	110749,49 ^{ns}	7690947,8 ^{ns}
10⁷ vs Test.	1	65,33 ^{ns}	0,267*	0,0225 ^{ns}	121,15 ^{ns}	3907765,54 ^{ns}	271372702,6 ^{ns}
10⁸ vs Test.	1	270,75 ^{ns}	0,095 ^{ns}	0,0280 ^{ns}	11,02 ^{ns}	665560,68 ^{ns}	46219504,7 ^{ns}
10⁹ vs Test.	1	0,75 ^{ns}	0,014 ^{ns}	0,0192 ^{ns}	70,95 ^{ns}	4100489,64 ^{ns}	284756225,6 ^{ns}
CV (%)		25,61	3,22	3,60	6,86	23,86	23,86
Tratamentos		Médias					
		número	cm	cm	g	g	ton ha ⁻¹
10⁶		45,50	6,13	5,07	106,33	5069,52	42,246
10⁷		40,83	5,87	4,96	97,04	4120,35	34,336
10⁸		45,67	5,99	5,15	105,31	4790,64	39,922
10⁹		35,67	6,10	5,13	108,26	4092,54	34,104
Testemunha		36,17	6,17	5,05	103,40	5261,66	43,847

Quanto a qualidade dos frutos, o teor de sólidos solúveis (Brix°), acidez titulável (%) e pH de frutos não diferenciou entre os tratamentos com a aplicação de diferentes concentrações (10^6 ufc mL⁻¹, 10^7 ufc mL⁻¹, 10^8 ufc mL⁻¹ e 10^9 ufc mL⁻¹) bacterianas de Quartzo® (*B. subtilis* e *B. licheniformis*) (Tabela 4).

Os teores de sólidos solúveis (°Brix) dos frutos obtidos no presente experimento variou de 4,75 a 4,25 entre os tratamentos, valores esses considerados padrões para os principais híbridos de tomate para indústria cultivados no Brasil que tem os teores de 3,6 a 5,5 °Brix (Clemente & Boiteux, 2012).

O pH dos frutos variou entre 3,09 e 4,23, aproximando se do valor de 4,28 registrado por (Cliff *et al.* 2009) para tomates de mesa, o que indica que os frutos avaliados apresentaram acidez compatível com padrões previamente descritos por alguns estudos (Tabela 4).

A acidez titulável variou de 0,24% a 0,33% (Tabela 4), com valores inferiores aos observados por Ferreira *et al.* (2010), que, ao analisarem os cultivares Raíssa (convencional) e Santa Clara (orgânico) durante 12 dias de armazenamento refrigerado, encontraram teores variando entre 0,58% e 0,21%, e entre 0,49% e 0,24% de ácido cítrico, respectivamente. Esses dados sugerem que, apesar das variações entre tratamentos, os frutos do presente estudo apresentaram um perfil de acidez mais brando. De forma semelhante, Costa *et al.* (2012) relataram valores de acidez titulável entre 0,48% e 0,41% na polpa do cultivar Débora, também classificado como tomate de mesa, o que reforça a constatação de que os frutos da cultivar Shanty apresentaram menor acidez.

Tabela 4: Teor de sólidos solúveis (Brix°), acidez titulável (%) e pH de frutos de tomateiro obtidos de plantas tratadas com Quartzo® (*Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*) nas concentrações de 10^6 ufc mL⁻¹, 10^7 ufc mL⁻¹, 10^8 ufc mL⁻¹ e 10^9 ufc mL⁻¹ e de água destilada (testemunha).

Tratamento	Brix	pH	Acidez
Quartzo® a 10^6 ufc mL ⁻¹	4,37 a ^{ns}	4,12 a	0,24 a
Quartzo® a 10^7 ufc/mL	4,25 a	4,17 a	0,33 a
Quartzo® a 10^8 ufc/mL	4,25 a	4,14 a	0,30 a
Quartzo® a 10^9 ufc/mL	4,37 a	3,09 a	0,25 a
Testemunha	4,75 a	4,23 a	0,31 a
CV%	7,83	24,62	17,35

^{ns}

Valores seguidos pelas mesmas letras minúsculas não diferem entre si pelo teste de Scott Knott a 5%.

No presente estudo, verificou se que a população de *Bacillus* spp. na rizosfera das raízes de tomateiro foi semelhante entre os tratamentos, inclusive no tratamento testemunha, onde as bactérias não foram aplicadas, tendo a população média de $2,73 \times 10^6$ ufc mL⁻¹ (Tabela 5).

A elevada densidade de *Bacillus* spp. observada na rizosfera das plantas pode ser atribuída à sua capacidade de movimento por meio de flagelos, de colonização do sistema radicular e de sobrevivência por formar endósporos. A colonização por *Bacillus* spp. das raízes das plantas do tratamento testemunha pode ter afetado os resultados dos tratamentos, principalmente a não diferença entre os parâmetros avaliados, visto que ocorreu a colonização de *Bacillus* spp. na testemunha.

Tabela 5: População de *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis* no solo rizosférico de plantas de tomateiro tratadas com Quartzo® nas concentrações de 10^6 ufc mL⁻¹, 10^7 ufc mL⁻¹, 10^8 ufc mL⁻¹ e 10^9 ufc mL⁻¹ e de água destilada (testemunha).

Tratamentos	1×10^6 ufc mL ⁻¹
Quartzo® a 10^6 ufc mL ⁻¹	2,85 a
Quartzo® a 10^7 ufc/mL	2,72 a
Quartzo® a 10^8 ufc/mL	2,52 a
Quartzo® a 10^9 ufc/mL	2,74 a
Testemunha	2,85 a
CV%	28,93

Quanto a produtividade média, as plantas do tratamento testemunha tiveram produtividade de 43,85 ton ha⁻¹ e as plantas tratadas com Quartzo® na concentração de 10^6 ufc mL⁻¹, 10^7 ufc mL⁻¹, 10^8 ufc mL⁻¹ e 10^9 ufc mL⁻¹ tiveram produtividade média de 42,25 ton ha⁻¹; 34,34 ton ha⁻¹; 39,92 ton ha⁻¹ e 34,10 ton ha⁻¹, respectivamente, não havendo diferença estatística entre os tratamentos (Tabela 3). Independentemente do tratamento, a produtividade média das plantas obtidas no presente experimento foi superior à produtividade média de Campina Grande, maior região produtora de tomate no Estado da Paraíba, com produtividade média de 29 ton. ha⁻¹ (IBGE, 2023), demonstrando o potencial do cultivo de tomateiro em condições controladas.

A eficácia dos bioinsumos depende diretamente da formulação utilizada e da capacidade de manutenção da viabilidade microbiana no solo, tornando essencial a definição de um equilíbrio adequado para maximizar os benefícios sem efeitos adversos. Estudos demonstram que tanto a escolha da formulação quanto a definição da concentração do inoculante são fatores determinantes para sua eficiência agrônoma e viabilidade comercial (Stephens et al., 2000; Bashan, 1998).

6 CONCLUSÕES

A aplicação de *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis*, formulados no bioinsumo Quartzo®, não influenciou o desenvolvimento vegetativo, a produtividade e a qualidade dos frutos de tomateiro cultivado em sistema agroecológico.

Maiores estudos quanto às concentrações de Quartzo® e quanto aos períodos de aplicação devem ser realizados.

REFERÊNCIAS

- ABDALLAH, M. A. et al. **Variability in plant growth promotion and biocontrol potential among *Bacillus* strains isolated from different soils.** Applied Soil Ecology, v. 129, p. 45–54, 2018. DOI: 10.1016/j.apsoil.2018.05.002
- ABRAHÃO, M. A. et al. **Uso de estufas e estruturas para proteção de plantas hortícolas.** Ciência e Agrotecnologia, v. 38, n. 4, p. 345–356, 2014. DOI: 10.1590/S141370542014000400005.
- AIZOGLU, I. et al. **Strain specific effects of *Bacillus* spp. on plant growth promotion and soil microbial communities.** Frontiers in Microbiology, v. 10, p. 2345, 2019. DOI: 10.3389/fmicb.2019.02345
- ALCÂNTARA, D. M.; PORTO, T. S. **Aplicação de *Bacillus subtilis* e *Bacillus licheniformis* como bioinoculantes em agricultura sustentável.** Revista Brasileira de Biotecnologia, v. 16, n. 2, p. 75–84, 2019.
- ALTIERI, M. A.; PETERSON, G.; BERG, G. **Agroecology and the search for a truly sustainable agriculture.** Bioscience, v. 53, n. 4, p. 282–288, 2003. DOI: 10.1641/00063568(2003)053[0282:ATSFTA]2.0.CO2
- AYSAL, F. S. et al. **Indole 3 acetic acid production by *Bacillus* species isolated from the rhizosphere of wheat and barley.** Turkish Journal of Biology, v. 38, n. 3, p. 303–312, 2014. DOI: 10.3906/biy.1310.35.
- BALDOTTO, L. E. B. et al. **Fertilizantes de liberação controlada no cultivo do tomateiro: uma revisão.** Ciência Rural, v. 44, n. 3, p. 491–498, 2014.
- BASHAN, Y. **Fundamentos de formulação de inoculantes bacterianos promotores de crescimento vegetal.** Soil Biology, v. 8, p. 145–162, 1998.
- BETTIOL, W. et al. **Controle de qualidade de produtos biológicos para a agricultura: avaliação e registro de bioinsumos.** [S.l.: s.n.], [s.d.]. Disponível em: <[https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1146275/1/Bettiol Controle qualidade 2022 2.pdf](https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1146275/1/Bettiol%20Controle%20qualidade%202022.pdf)>. Acesso em: 4 fev. 2025.

BRASIL. **Ministério da Agricultura e Pecuária. *Calda bordalesa***. Brasília, DF, 20 dez. 2016a. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-sanidade-vegetal/1-calda-bordalesa-1.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2025.

BRASIL. **Ministério da Agricultura e Pecuária. *Calda de cinza e cal***. Brasília, DF, 20 dez. 2016b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/organicos/fichas-agroecologicas/arquivos-sanidade-vegetal/18-calda-de-cinza-e-cal-1.pdf>. Acesso em: 13 jun. 2025.

CAMPAGNOL, L. et al. **Protected cultivation of tomato: controlling environment to reduce pesticide dependency**. *Journal of Agricultural Science*, 2017.

CARRIJO, O. A. et al. **Cultivo protegido: conceitos e aplicações em hortaliças**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 4, n. 3, p. 325–330, 2000.

CARVALHO, R. T.; ALMEIDA, J. M.; LIMA, P. R. **Manejo integrado de pragas no cultivo do tomateiro: desafios e perspectivas**. *Horticultura brasileira*, v. 36, n. 2, p. 120–130, 2018.

CHAGAS JÚNIOR, A. F. et al. **Utilização de *Bacillus subtilis* como promotor de crescimento na cultura do tomate e alface**. *Revista de Biotecnologia e Biodiversidade*, v. 11, n. 4, p. 153–161, 2023.

CHAGAS JUNIOR, A. P. et al. **Uso de *Bacillus* spp. como bioinsumos na agricultura sustentável**. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 16, n. 3, 2021. DOI: 10.5039/agraria.v16i3a.

CLEMENTE, F. M. V. T.; BOITEUX, L. S. **Melhoramento genético do tomateiro**. In: **NICK, C.; BORÉM, A. (Org.). Melhoramento de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2012. cap. 7, p. 261–295.

CLIFF, M. A. et al. **Production and quality of processing tomatoes at different maturity stages**. *Journal of Food Science*, 2009.

COSTA, J. M. **Técnicas de cultivo protegido para hortaliças**. *Revista Brasileira de Horticultura*, v. 18, n. 1, p. 45–50, 2000.

COSTA, P. C. et al. **Physico chemical properties and shelf life of tomato fruit harvested at different maturation stages**. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, v. 10, n. 1, p. 85–89, 2012.

DIAZ, M. **Características microbiológicas do gênero *Bacillus***. *Microbiologia Aplicada*, 2018.

EMBRAPA. **Sistemas de produção orgânica: princípios e práticas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. Disponível em: <https://www.embrapa.br/>.

FAEP – Federação da Agricultura do Estado do Paraná. **Tomate: características e tipos cultivados**. Curitiba: FAEP, 2021.

FARIA JÚNIOR, et al. **Híbridos de tomate industrial cultivados em ambiente protegido e campo aberto**. *Científica*, v. 35, p. 80–87, 2007.

FAVORETTO, M. A. et al. **Production and quality of tomato fruits under organic management.** Horticultura brasileira, v. 36, n. 2, p. 205–212, 2018. DOI: 10.1590/S0102053620180200.

FERREIRA, L. F.; CUNHA, J. C. **Solubilização e assimilação de nutrientes por *Bacillus* spp.** Ciência e Agrotecnologia, v. 44, n. 5, e002020, 2020. DOI: 10.1590/141370542020440002020

FERREIRA, S. M. R. et al. **Qualidade pós colheita do tomate de mesa convencional e orgânico.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 30, n. 4, dez. 2010, p. 849–857. DOI: 10.1590/S010120612010000400004

FIGUEIREDO, M. V. B. et al. **Produção de fitormônios por *Bacillus* spp. e seu efeito no crescimento vegetal.** Revista Brasileira de Biociências, v. 6, n. 1, p. 10 17, 2008.

FILHO, A. B. C. et al. **Bactérias promotoras de crescimento em plantas: ocorrências, mecanismos e aplicações.** Semina: Ciências Agrárias, v. 31, n. 4, p. 669–682, 2010. DOI: 10.5433/16790359.2010v31n4p669.

FOYSAL, Md. J.; LISA, S. A. ***Bacillus* spp.: potent bio control agent and plant growth promoter.** Journal of Entomology and Zoology Studies, v. 6, n. 6, p. 168 175, 2018.

GLICK, B. R. **Plant Growth Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications.** *Scientifica*, 2012, Article ID 963401, 15 pages. DOI: 10.6064/2012/963401.

HM CLAUSE. ***Tomato range: Food chain selection 2025.*** Portes lès Valence: HM Clause, 2020. Disponível em: <https://www.hmclause.com/>.

IAL INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico químicos para análise de alimentos.** 4. ed. Brasília: Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária 2008.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola.** Dez. 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/42a86ef6d8cbdb0a25e13cdc830799e6.pdf>. Acesso em: 11 maio 2025.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA.** Disponível em: <<https://sistema.ibge.gov.br/home/lspa/paraiba>>. Acesso em: 15 maio 2025.

IPA Instituto Agrônomo de Pernambuco. **Manual de adubação e calagem para o estado de Pernambuco.** Recife: IPA, 2008.

KHAN, A. L. et al. **Plant growth promotion through inoculation with *Sphingomonas* sp. under salt stress and non stress conditions.** BioMed Research International, v. 2014, p. 1–10, 2014. DOI: 10.1155/2014/394362.

KOVÁCS, Á. T. ***Bacillus* spp.: ecologia e aplicações agrícolas.** Microbial Biotechnology, v. 12, n. 5, p. 1053–1066, 2019. DOI: 10.1111/17517915.13430.

LOOS, R. A.; SILVA, D. J. H.; PICANÇO, M. C.; FONTES, P. C. R. **O uso de tabelas de vida da cultura como ferramenta de manejo das perdas de rendimento do tomateiro.** *Acta Scientiarum. Agronomy*, Maringá, v. 29, n. 4, p. 573–579, 11 fev. 2008. DOI: 10.4025/actasciagron. v29i4.440.

LOPES, K. S. **Melhoramento genético e porta enxertos no tomateiro: avanços e perspectivas.** *Revista Brasileira de Horticultura*, v. 33, n. 2, p. 215–223, 2015.
 MAPA – Ministério da Agricultura e Pecuária. (2024). **No Dia do Tomate, MAPA des taca ações para produção mais sustentável.** Disponível em: <https://www.gov.br>.

MEDEIROS, A. A.; SILVA, F. R.; SANTOS, L. M. **Impacto das pragas e doenças na produção do tomateiro em sistemas familiares.** *Revista Brasileira de Agricultura*, v. 98, n. 4, p. 345–355, 2023.

MEDEIROS, A. A.; SOUZA, N. A.; FREITAS, B. M. **Desenvolvimento populacional de *Bemisia tabaci* em plantas de tomate consorciadas com coentro.** *Pesquisa Agropecuária brasileira*, v. 44, n. 7, p. 812–817, 2009. DOI: 10.1590/S0100-204X2009000700010

MEDEIROS, R. F. et al. **Consórcio de tomateiro com coentro para controle da mosca branca *Bemisia tabaci*.** *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 4, n. 1, p. 47–53, 2009.

MELO, P. C. T. **Desenvolvimento tecnológico para o cultivo do tomateiro de mesa em condições agroecológicas tropicais e subtropicais.** 2013. Tese (Livro docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

MESQUITA, C. L. **Sistemas hidropônicos e cultivo protegido: fundamentos e aplicações.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 19, n. 6, p. 553–560, 2015.

NAIKA, A. et al. **O tomateiro (*Solanum lycopersicon* L.) possui centro de origem na região andina e foi domesticado no México.** *Revista Espacios*, v. 39, n. 26, 2020.

OLIVARES, F. L. et al. **Bactérias promotoras de crescimento: aplicações na agricultura sustentável.** *Ciência e Agrotecnologia*, v. 39, n. 1, p. 1–12, 2015.

OLIVEIRA, A. C. et al. **Promoção do crescimento de mudas de tomateiro com a estirpe *Bacillus amyloliquefaciens* FZB42.** *Revista de Ciências Agrárias*, v. 45, n. 1, p. 27–34, 2022.

PATEL, A. et al. **Bacillus strains promoting plant growth and nitrogen fixation: molecular characterization and interaction with tomato plants.** *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, v. 9, n. 4, p. 264–270, 2017. DOI: 10.4172/1948-5948.1000344.

PEREIRA, D. S. et al. **Bacillus subtilis como agente de biocontrole e promotor de crescimento de tomateiro.** *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 52, e70746, 2022.

PESAGRO RIO – Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio de Janeiro. **Manejo integrado da broca pequena do tomateiro (*Neoleucinodes elegantalis*) em sistemas orgânicos de produção.** Rio de Janeiro, 2017.

REIS, A.; BOITEUX, L. S.; COSTA, H.; LOPES, C. A. **First report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3 on tomato in Brazil.** *Fitopatologia brasileira*, Brasília, v. 30, n. 4, p. 426–428, 2005.

- SILVEIRA, J. A. **Custos de produção e manejo fitossanitário do tomateiro em diferentes sistemas de cultivo.** Revista de Ciências Agrárias, v. 61, n. 3, p. 250-260, 2018.
- STEPHENS, J.; RASK, H. **Escolha e avaliação de portadores para inoculantes microbianos.** In: BASHAN, Y.; LEVINE, A. (Org.). Formulations and practical perspectives in plant growth promoting bacterial inoculant technology. Amsterdam: Elsevier, 2000. p. 45-68.
- TOGNI, A. H. B. et al. **Efeito do consórcio de tomateiro com coentro sobre a população da traça do tomateiro (*Tuta absoluta*).** Ciência Rural, v. 39, n. 5, p. 1483-1489, 2009a. DOI: 10.1590/S0103-84782009000500015.
- TOGNI, B.; SANTOS, L. S.; CARDOSO, G. P. **Uso de plantas companheiras no manejo de pragas em tomateiro: avaliação da mosca branca e traça do tomateiro.** Revista Brasileira de Agroecologia, v. 4, n. 2, p. 180-187, 2009b.
- ZANDONADI, D. B. et al. **Bioestimulantes no manejo do tomateiro: mecanismos e aplicações.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 49, n. 9, p. 687-696, 2014.
- ZECCHIN, G. et al. **Plant growth promotion and nitrogen fixation in *Bacillus* spp. isolated from the rhizosphere of sugarcane.** Applied Soil Ecology, v. 86, p. 81-89, 2015. DOI: 10.1016/j.apsoil.2014.10.005.
- ZHANG, Z. et al. **Genome analysis and potential application of *Bacillus velezensis* AP3 as a biocontrol agent and plant growth promoting bacterium.** Applied Microbiology and Biotechnology, 2019, 103, 1921-1934. DOI: 10.1007/s00253-019-09715-9.

AGRADECIMENTOS

O caminho não foi fácil, foi doloroso, muitas vezes solitário, cheio de despedidas, distância e saudades, mas estava nos planos de Deus e na intercessão de nossa Senhora de Fátima, e a minha vida está em suas mãos. Muito obrigada, meu Deus, eu te agradeço por seu infinito amor e misericórdia comigo, por ter me sustentado a cada semana, por ter sido a minha companhia e a minha força, que toda honra e glória das minhas conquistas, sejam dadas a Ti, pois nada é maior que a bondade do Senhor em minha vida.

Agradeço a minha família, por todos os esforços e sacrifícios que fez por mim e fazem pelos meus estudos, ao longo da vida, por todo cuidado e zelo que teve ao longo desses anos, se abdicando das suas necessidades pelas minhas, me permitindo alcançar mais essa vitória.

Agradeço à minha orientadora, Dra. Élide Barbosa, e à minha coorientadora, Dra.

Amanda, pelos ensinamentos, pela paciência e por estarem comigo durante toda essa jornada. Vocês foram luzes na minha vida acadêmica e profissional.

Agradeço a duas pessoas muito importantes nesta jornada acadêmica, por quem tenho grande carinho e admiração. Sempre que precisei, estiveram ao meu lado me auxiliando. Ao Dr. Antônio Fernandes, que me ensinou lições valiosas, e a Josely Dantas, pelo apoio incondicional. Levo vocês comigo para a vida.

Aos meus amigos Leonardo Gaspar, Kaique Romero, Severino Araújo, Edemir Euclides (Nem) e Adelson Cirino, minha mais profunda gratidão. Sem vocês, este projeto do tomate não teria sido possível. Obrigada por dividirem os dias comigo, por cada apoio, cada conversa e cada risada. Adelson, em especial, obrigada por me fazer rir quando minha vontade era chorar. Vocês tornaram esses anos mais leves e inesquecíveis. Obrigada por tudo.

Quero expressar minha imensa gratidão a todos os meus amigos e amigas, em especial a Renata Dias, Anderson Lourenço e Victor Colly. Vocês são exemplos incríveis de profissionais e, mais do que isso, são o combustível que me impulsiona nos dias mais desafiadores. Sou grato por ter pessoas tão especiais ao meu lado, que me inspiram e me fortalecem a cada passo.

Gostaria de expressar minha imensa gratidão a todos que me apoiaram desde o início e me ajudaram a não desistir do caminho. Agradeço especialmente a Geovane Duarte, Marcos Silva, Cassiano Franklin, Gilmar Lourenço, Claudiana Lira, Priscila Souza e a todos os demais. Meu muito obrigada por todo apoio e incentivo.

Agradeço, em especial, a duas pessoas que fazem parte da coordenação do curso e que nunca mediram esforços para me ajudar: Raphaela e Tiago. Meu agradecimento de todo o coração!

Não há palavras para expressar minha imensa gratidão a vocês por todo o apoio e dedicação ao longo dessa caminhada.

Agradeço de todo o meu coração à minha amiga Sayonara Medeiros, por sua ajuda incansável e companheirismo ao longo dessa jornada, que não foi fácil. Sua presença e apoio foram essenciais nos momentos mais desafiadores, e sou imensamente grata por tudo que compartilhamos. Obrigada por estar ao meu lado!

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a toda a equipe da UEPB. Agradeço aos professores pelo apoio constante e pela paciência, em especial ao Dr. Suneildo, meu ex orientador. Um agradecimento especial à pessoa de Mário Sérgio, à coordenação do curso, em particular ao professor Leandro. Meus sinceros agradecimentos aos meus amigos do Departamento, Dedé e Maria, pela simpatia e amizade. Às meninas da limpeza, que muitas vezes salvaram meus dias mais difíceis, meu muito obrigada. A todos que fazem parte da UEPB, Campus II, meu mais sincero agradecimento.