

INSTITUTO FEDERAL GOIANO DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
CENTRO DE EXCELÊNCIA EM BIOINSUMOS
COORDENAÇÃO DE CAPACITAÇÃO EM BIOINSUMOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *Lato sensu* EM BIOINSUMOS
IF GOIANO - CAMPUS RIO VERDE

MATHEUS VINICIUS ABADIA VENTURA

MONOGRAFIA

RIO VERDE - GO
SETEMBRO, 2025

MATHEUS VINICIUS ABADIA VENTURA

SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS PARA INCREMENTO DE
PRODUTIVIDADE DE TOMATE CEREJA (*Solanum lycopersicum* L. var.
cerasiforme)

Monografia apresentada à Banca Examinadora do
Curso de Especialização em Bioinsumos do
Instituto Federal Goiano - Campus Rio Verde,
como exigência parcial para obtenção do título de
Especialista em Bioinsumos.

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Souchie

RIO VERDE - GO
SETEMBRO, 2025

**Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema Integrado de Bibliotecas do IF Goiano - SIBi**

V469 Ventura, Matheus Vinicius Abadia
SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS PARA INCREMENTO
DE PRODUTIVIDADE DE TOMATE CEREJA (*Solanum
lycopersicum* L. var. *cerasiforme*) / Matheus Vinicius Abadia
Ventura. Rio Verde 2025.

28f. il.

Orientador: Prof. Dr. Edson Luiz Souchie.
Monografia (Especialista) - Instituto Federal Goiano, curso de
0230426 - Especialização em Bioinsumos - Rio Verde (Campus
Rio Verde).
I. Título.

Regulamento de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – CEBIO/IF Goiano

ANEXO V - ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 10 dias do mês de setembro de dois mil e vinte e cinco, às 15 horas, reuniu-se a Banca Examinadora composta por: Prof. Dr. Edson Luiz Souchie (orientador), Dra. Raquel Sousa Neta (membro externo) e Me. Lorena Lara Ribeiro Moreira (membro externo), para examinar o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “SOLUBILIZADORES DE FOSFATOS PARA INCREMENTO DE PRODUTIVIDADE DE TOMATE CEREJA (SOLANUM LYCOPERSICUM L. VAR. CERASIFORME)” de MATHEUS VINICIUS ABADIA VENTURA, estudante do curso de Especialização em Bioinsumos do IF Goiano – Campus Rio Verde, sob Matrícula nº 2024102304260013. A palavra foi concedida ao estudante para a apresentação oral do TC, em seguida houve arguição do candidato pelos membros da Banca Examinadora. Após tal etapa, a Banca Examinadora decidiu pela APROVAÇÃO do estudante. Ao final da sessão pública de defesa foi lavrada a presente ata, que, após apresentação da versão corrigida do TC, foi assinada pelos membros da Banca Examinadora.

Rio Verde, 10 de setembro de 2025.

Documento assinado digitalmente
 **EDSON LUIZ SOUCHIE**
Data: 20/10/2025 16:00:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Assinado eletronicamente)

Edson Luiz Souchie

Orientador(a)

Documento assinado digitalmente
 **RAQUEL DE SOUSA NETA**
Data: 20/10/2025 16:47:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

(Assinado eletronicamente)

Raquel Sousa Neta

Membro da Banca Examinadora


(Assinado eletronicamente)

Lorena Lara Ribeiro Moreira

Membro da Banca Examinadora

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO

PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES TÉCNICO-CIENTÍFICAS

NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610, de 19 de fevereiro de 1998, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano a disponibilizar gratuitamente o documento em formato digital no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

IDENTIFICAÇÃO DA PRODUÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA

Tese (doutorado)

Dissertação (mestrado)

Monografia (especialização)

TCC (graduação)

Artigo científico

Capítulo de livro

Livro

Trabalho apresentado em evento

Produto técnico e educacional - Tipo:

Nome completo do autor:

Matrícula:

Título do trabalho:

RESTRIÇÕES DE ACESSO AO DOCUMENTO

Documento confidencial: Não Sim, justifique:

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: / /

O documento está sujeito a registro de patente? Sim Não

O documento pode vir a ser publicado como livro? Sim Não

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O(a) referido(a) autor(a) declara:

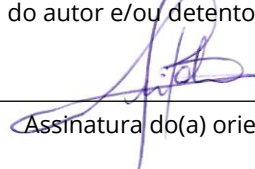
- Que o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- Que obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autoria, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- Que cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Local

/ /
Data


Assinatura do autor e/ou detentor dos direitos autorais

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) orientador(a)

Dedico este trabalho a Deus, fonte de sabedoria e força em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, pela força, sabedoria e perseverança durante toda a minha trajetória acadêmica.

Agradeço a minha mãe Tania Abadia, avó Anita Assunção, avô Sebastião Ramos, irmão Lucas Ventura e tio Uniclesly Ventura, pelo amor, dedicação, sabedoria e exemplos de perseverança, além do carinho que sempre me motivaram a seguir meus objetivos.

À minha esposa Hellen Ventura, pelo apoio constante, paciência e companheirismo, tornando possível conciliar os desafios da vida acadêmica com a vida pessoal.

Aos meus amigos, pelo incentivo, amizade e pelas trocas de experiências que tornaram essa trajetória mais leve e significativa.

Ao meu orientador, Edson Souchie, pela orientação, paciência e ensinamentos valiosos que foram essenciais para a realização deste trabalho.

Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Bioinsumos, bem como às instituições CEBIO, IF Goiano e CNPq, pelo apoio institucional, recursos e incentivo à pesquisa científica, fundamentais para a conclusão deste trabalho.

A todos vocês, deixo meu sincero e profundo agradecimento.

.

.

Agradeço todas as dificuldades que enfrentei; não fosse por elas, eu não teria saído do lugar... As facilidades nos impedem de caminhar. (Chico Xavier)

BIOGRAFIA DO AUTOR

Matheus Vinicius Abadia Ventura nasceu em Goianésia, GO, em 20 de julho de 1994. Concluiu os anos iniciais do ensino fundamental na Escola Municipal Imorvides Naves e os anos finais do ensino fundamental e o ensino médio no Colégio Estadual Jalles Machado, ambos localizados em Goianésia, GO. Em agosto de 2017, graduou-se em Agronomia pela Faculdade Evangélica de Goianésia. Em fevereiro de 2019, obteve o título de Mestre em Ciências Agrárias – Agronomia pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Campus Rio Verde. No mês seguinte, iniciou o Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Agrárias – Agronomia da mesma instituição.

ÍNDICE GERAL

Página

ÍNDICE DE TABELAS	vii
LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
1. Geral	3
2. Específicos.....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	4
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	6
5. CONCLUSÕES	11
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12

ÍNDICE DE TABELAS

Página

Tabela 1. Análise química da amostra de solo utilizada para o cultivo de tomate cereja em casa de vegetação, Rio Verde, GO 4

Tabela 2. Comprimento da parte aérea (cm), comprimento da raiz (cm) e massa fresca da parte aérea (g), massa fresca da raiz (g) de plantas de tomate cereja inoculadas com microorganismos solubilizadores de fosfato, além da ausência de inoculação no fim do ciclo da cultura de tomate cereja..... 6

Tabela 3. Massa seca da parte aérea (g), massa seca da raiz (g) e diâmetro do caule (mm) de plantas de tomate cereja inoculadas com micro-organismos solubilizadores de fosfato 7

Tabela 4. Massa fresca do fruto (g), massa seca do fruto (g) e número total de frutos por planta (unidade) de plantas de tomate cereja inoculadas com micro-organismos solubilizadores de fosfato, além da ausência de inoculação no fim do ciclo da cultura de tomate cereja 8

Tabela 5. Teor de P no fruto (mg kg^{-1}), teor de P na parte aérea (mg kg^{-1}) e teor de P na raiz (mg kg^{-1}) de plantas de tomate cereja inoculadas com micro-organismos solubilizadores de fosfato, além da ausência de inoculação no fim do ciclo da cultura de tomate cereja 9

LISTA DE SÍMBOLOS, SIGLAS, ABREVIACÕES

Al	alumínio
Ca	cálcio
Cm	centímetros
Fe	ferro
g	grama
kg	quilograma
K ₂ O	óxido de potássio
L	litro
mg	miligrama
mL	mililitro
N	nitrogênio
P	fósforo
P ₂ O ₅	pentóxido de fósforo
STP	superfosfato triplo
°C	graus Celsius

RESUMO

O fruto do tomateiro é considerado uma das hortaliças mais exigentes em adubação, pois a eficiência de absorção de nutrientes no tomate é considerada baixa. Nesse contexto, a adoção de solubilizadores de fosfato surge como uma solução promissora para enfrentar os desafios relacionados à adsorção de P. O presente trabalho teve como objetivo avaliar os parâmetros agronômicos e o acúmulo de fósforo da cultura do tomate-cereja. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, GO, em delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo os tratamentos: controle (ausência de inoculação), *Pseudomonas fluorescens* (produto comercial), *Bacillus megaterium* + *Bacillus subtilis* (produto comercial), *Sclerotinia citrinum* e *Ralstonia* sp. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de significância. *Ralstonia* sp. mostrou-se o mais eficiente, promovendo incrementos simultâneos nas variáveis de produção (comprimento de parte aérea e raiz, massa fresca e seca da raiz, diâmetro de caule, massa fresca e número de frutos) e acúmulo de P no fruto e parte aérea. *Ralstonia* sp. e *Sclerotinia citrinum* apresentaram incrementos na massa seca dos frutos. *Pseudomonas fluorescens* foi eficiente em acúmulo de P na raiz. Nas variáveis de produção de acúmulo de P, as inoculações demonstram melhores respostas em relação a ausência de inoculação.

PALAVRAS-CHAVE: Bioinsumos. *Pseudomonas fluorescens*. *Ralstonia* sp.

ABSTRACT

The tomato fruit is considered one of the most nutrient-demanding vegetables, as its nutrient uptake efficiency is relatively low. In this context, the use of phosphate-solubilizing microorganisms (PSM) emerges as a promising strategy to address challenges related to phosphorus adsorption. This study aimed to evaluate the agronomic parameters and phosphorus accumulation in the cherry tomato crop. The experiment was conducted in a greenhouse at the Federal Institute of Goiás – Rio Verde Campus, GO, in a randomized block design with four replications. The treatments were: control (no inoculation), *Pseudomonas fluorescens* (commercial product), *Bacillus megaterium* + *Bacillus subtilis* (commercial product), *Scleroderma citrinum*, and *Ralstonia* sp. Data were subjected to analysis of variance, and means were compared using the Scott–Knott test at a 5% significance level. *Ralstonia* sp. was the most efficient treatment, promoting simultaneous increases in yield-related variables (shoot and root length, fresh and dry root mass, stem diameter, fresh fruit mass, and fruit number) and phosphorus accumulation in fruits and shoots. *Ralstonia* sp. and *Scleroderma citrinum* showed increases in fruit dry mass, while *Pseudomonas fluorescens* was effective in enhancing phosphorus accumulation in roots. For production and phosphorus accumulation variables, inoculated treatments showed better responses compared to the non-inoculated control.

Keywords: Bioinputs. *Pseudomonas fluorescens*. *Ralstonia* sp.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade do tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme*) depende de características físicas, físico-químicas e químicas, que determinam a percepção de qualidade e influenciam a aceitação pelo consumidor. Estas características também são indicativas de sua qualidade organoléptica e nutricional das quais a pectina total, pectina solúvel, relação sólidos solúveis/acidez, acidez titulável, vitamina C e açúcares redutores são importantes indicadores (ARRUDA et al., 2005; CARDOSO et al., 2006).

O fruto do tomateiro é considerado uma das hortaliças mais exigentes em adubação, pois a eficiência de absorção de nutrientes no tomate é considerada baixa (ALVARENGA, 2004). Consome grande quantidade de fertilizante fosfatado em face da área cultivada, da exigência pela cultura e da alta adsorção do nutriente no solo. É também bastante exigente em nutrientes prontamente disponíveis para absorção, necessitando da utilização de grandes quantidades de adubos e corretivos em seu processo de produção (MARTINS, 2015).

Outro fator a ser considerado na produção do tomate, é que a disponibilidade de fósforo em alguns solos pode ser baixa. Os ânions fosfatos livres na solução do solo são rapidamente fixados por meio de interações com outros íons como cálcio (Ca), alumínio (Al) e ferro (Fe), podendo ocorrer a formação de precipitados de fosfato de Ca, enquanto que em óxidos e hidróxidos de Fe e Al ocorre a adsorção do nutriente (TIMOFEEVA et al. 2022, LI et al. 2023). Estima-se que apenas 5–25% do fosfato nos fertilizantes químicos são absorvidos pelas plantas (LI et al. 2023).

Estas interações são especialmente significativas em solos mais intemperizados, como ocorre no Brasil. Devido a afinidade que o nutriente apresenta pelos minerais encontrados nessas condições, as ligações são difíceis de serem desfeitas, tornando um possível residual da adubação pouco disponível para cultivos subsequentes (MENEZES-BLACKBURN et al. 2018, ZHU et al. 2018). Este acúmulo de P no solo poderia ser utilizado na nutrição das plantas, em substituição à adição de fertilizantes minerais, porém o acesso das culturas a essa fonte depende de muitas variáveis (DOYDORA et al. 2020).

A incorporação de novos produtos como inoculantes contendo bactérias solubilizadoras de fosfato vem ganhando destaque na agricultura. Isso se deve ao seu potencial para melhorar a disponibilidade de fósforo no solo e, consequentemente,

aumentar a produtividade das culturas (PEREIRA, 2024). A adoção de solubilizadores de fosfato surge como uma solução promissora para enfrentar os desafios enfrentado com a adsorção de P, pois é um nutriente essencial para o crescimento das plantas, e sua deficiência é um problema recorrente em muitas regiões agrícolas, incluindo o Cerrado brasileiro (PEREIRA, 2024).

A aplicação de microrganismos solubilizadores de fosfato, que são fáceis de aplicar no campo, têm baixo custo (*on farm*) e podem suplementar os fertilizantes químicos (OLIVEIRA-PAIVA et al., 2020). Neste contexto, visando a aumentar a eficiência da adubação, os agricultores passaram a utilizar a técnica da inoculação com microrganismos solubilizadores de fosfato (ZHU et al., 2018).

Os microrganismos solubilizadores de fósforo (MSP) têm a capacidade de solubilizar fosfatos naturais, presentes ou adicionados ao solo, e os compostos de baixa solubilidade, formados após a adição de fosfatos solúveis. Dessa forma, aumentam a disponibilidade de P no solo e contribuem para a nutrição vegetal, aumentando o crescimento das plantas e a produtividade das culturas (WAHID, 2000).

2. OBJETIVOS

1. Geral

Avaliar os efeitos de microrganismos solubilizadores de fósforo sobre os parâmetros agronômicos e o acúmulo de fósforo na cultura do tomate-cereja (*Solanum lycopersicum* L. var. *cerasiforme*).

2. Específicos

Avaliar o crescimento vegetativo do tomate-cereja por meio das variáveis de comprimento da parte aérea, comprimento da raiz e diâmetro do caule.

Determinar a produção de biomassa, considerando a massa fresca e a massa seca da parte aérea, das raízes e dos frutos.

Quantificar a produtividade da cultura a partir da massa fresca, massa seca e número total de frutos por planta.

Determinar o teor e o acúmulo de fósforo na parte aérea, nas raízes e nos frutos.

Estabelecer a relação entre o acúmulo de fósforo e os parâmetros de crescimento vegetativo e produtividade da cultura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação (vasos plásticos de 5 L, contendo solo coletado na área dos experimentos) no Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, GO, situada na latitude 17° 48' 28" S e longitude 50° 53' 57" O. Antes da instalação do experimento, foi coletada uma amostra de solo para caracterização química (Tabela 1).

Tabela 1. Análise química da amostra de solo utilizada para o cultivo de tomate cereja em casa de vegetação, Rio Verde, GO.

Ca	Mg	Al	K	S	P	pH	CTC	SB	
cmol _c dm ⁻³				mg dm ⁻³		CaCl ₂	cmol _c dm ⁻³		
4,61	1,18	0,02	74	151	9,13	4,7	12,70	6,07	
Fe	Mn	Cu	Zn	B	Matéria Orgânica	Saturação por Bases	Argila	Silte	Areia
mg dm ⁻³				g dm ⁻³		%			
21,74	66,31	2,71	3,44	0,93	48,34	47,79	36,1	17,5	46,4

A semeadura (1 planta por vaso) foi realizada em 07 de março de 2024 e colheita em 23 de junho de 2024. A cultivar de tomate cereja utilizada foi Carolina, com ciclo de 100 a 110 dias, com crescimento indeterminado e recomendação de plantio de março a outubro. A calagem foi realizada para elevação da V% para 70%.

A fonte de nitrogênio (N) utilizada foi a uréia com 45 % de N. Para potássio (K), utilizou-se o cloreto de potássio com 60% de K₂O; e para fósforo (P), utilizou-se o superfosfato triplo (STP) com 45% de P₂O₅. A adubação total foi de 1000 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 300 kg ha⁻¹ de N e 600 kg ha⁻¹ de K₂O, com parcelamento quinzenal da adubação (0 - plantio, 15, 30, 45, 60, 75 e 90 dias – 6 parcelamentos em cobertura)

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições, sendo que os tratamentos foram: Controle (ausência de inoculação), *Pseudomonas fluorescens* (produto comercial), *Bacillus megaterium* + *Bacillus subtilis* (produto comercial), *Sclerotinia citrinum* e *Ralstonia sp.*

No fim do ciclo da cultura foram avaliados: comprimento da parte aérea (cm) - foi medido do colo ao ápice com régua; comprimento da raiz (cm) - após a lavagem, foi determinado com régua; massa fresca da parte aérea (g) - foi obtida com a pesagem em

balança analítica; massa fresca da raiz (g) - após a lavagem, foi obtida com a pesagem em balança analítica; massa seca da parte aérea (g) - após secagem a 65 °C até peso constante, foi obtida com a pesagem em balança analítica; massa seca da raiz (g) - após secagem a 65 °C até peso constante, foi obtida com a pesagem em balança analítica; e diâmetro do caule (mm) - foi medido com paquímetro digital.

A massa fresca do fruto (g), massa seca do fruto (g), número total de frutos por planta (unidade) foram colhidos por planta, pesados (massa fresca) e secos a 65 °C até peso constante para massa seca. Contou-se o número total de frutos por planta.

Para determinação do teor de P no fruto, parte aérea e raiz (mg kg^{-1}), as amostras secas a 65 °C foram moídas e submetidas à digestão com ácido nítrico (65%) e perclórico (72%) na proporção 3:1. Foram utilizados 2 g de amostra em tubo digestor, adicionando-se 8 mL da mistura ácida. O bloco digestor foi aquecido gradativamente até 120 °C e, em seguida, a 200 °C, até a formação de fumos brancos de HClO_4 e solução incolor. Após resfriamento, foram adicionados 25 mL de água destilada (extrato 1).

O extrato 1 foi obtido do processo da digestão úmida e o extrato 2 foi obtido de 5 mL do extrato 1 e 20 mL de água destilada. O fósforo foi determinado por colorimetria pela metodologia azul de molibdato, com 1 mL do extrato 2 + 20,5 mL de água destilada + 2,5 mL de 21 solução de molibdato (725) + 1 mL de solução de ácido ascórbico (0,04 gramas em 25 mL de água destilada) e agitar. Após repouso de 20 minutos, realizou-se a leitura em espectrofotômetro a 725 nm (CARMO, 2000; BATISTA-VENTURA et al., 2022)

Os dados foram analisados por meio da análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott (5% de significância) utilizando o software Sisvar 5.8 (FERREIRA, 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o comprimento da parte aérea e massa fresca de raiz, o microrganismo *Ralstonia sp.* foi superior em relação às demais inoculações e ausência. Mas também se nota a superioridade das inoculações em relação ao tratamento sem inoculação (Tabela 2). Kailasan & Vamanrao (2015) e Kirui et al. (2022) relataram que *Ralstonia pickettii* foi um solubilizador de fosfato eficaz da rizosfera de romã, demonstrando a sua potencialidade nesse traço funcional. Plantas de tomate cereja inoculadas com as cepas solubilizadoras de fosfato apresentaram maior comprimento da parte aérea em relação ao controle (BOUIZGARNE et al., 2023).

Tabela 2. Comprimento da parte aérea (cm), comprimento da raiz (cm) e massa fresca da parte aérea (g), massa fresca da raiz (g) de plantas de tomate cereja inoculadas com microrganismos solubilizadores de fosfato.

Micro-organismos	Comprimento da Parte Aérea (cm)	Comprimento da Raiz (cm)	Massa Fresca da Parte Aérea (g)	Massa Fresca da Raiz (g)
Controle	42,97 c	20,12 b	92,41 b	18,87 c
<i>P. fluorescens</i>	69,59 b	27,17 a	102,39 a	29,64 b
<i>B. megaterium</i> + <i>B. subtilis</i>	72,32 b	28,99 a	108,50 a	32,46 b
<i>S. citrinum</i>	73,41 b	28,12 a	108,10 a	31,71 b
<i>Ralstonia sp.</i>	78,52 a	30,65 a	110,81 a	40,83 a
CV (%)	4,94	7,86	5,49	9,73

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.

Em relação ao comprimento da raiz e massa fresca da parte aérea, todas as inoculações que continham microrganismos solubilizadores de P, foram superiores à ausência de inoculação. Kooshki et al. (2024) observaram que a massa fresca da parte aérea das plantas de tomate apresentou um aumento significativo com a inoculação em comparação com a não inoculação, ocorrendo um benefício por meio de mecanismos diretos, como a solubilização de fosfato. Plantas de tomate cereja inoculadas com as

cepas solubilizadoras de fosfato apresentaram maior comprimento de raiz em relação ao controle (BOUIZGARNE et al., 2023)

A massa seca da parte aérea não demonstrou efeito das inoculações em relação ao tratamento sem inoculação (Tabela 3). Isso indica que, sob as condições experimentais avaliadas, o crescimento da parte aérea não foi influenciado de forma consistente pela presença dos microrganismos testados.

Tabela 3. Massa seca da parte aérea (g), massa seca da raiz (g) e diâmetro do caule (mm) de plantas de tomate cereja inoculadas com micro-organismos solubilizadores de fosfato.

Micro-organismos	Massa Seca da Parte Aérea (g)	Massa Seca da Raiz (g)	Diâmetro do Caule (mm)
Controle	31,25 a	8,53 b	6,15 d
<i>P. fluorescens</i>	30,18 a	9,73 b	6,37 c
<i>B. megaterium</i> + <i>B. subtilis</i>	29,05 a	9,69 b	6,90 b
<i>S. citrinum</i>	29,82 a	9,78 b	6,96 b
<i>Ralstonia sp.</i>	29,57 a	11,80 a	7,12 a
CV (%)	7,48	11,96	1,34

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.

Em relação à massa seca da raiz e diâmetro de caule, nota-se a superioridade em *Ralstonia sp.*, em relação às demais inoculações e ausência. Nota-se que todas as inoculações demonstraram superioridade ao tratamento sem inoculação. O aumento do sistema radicular é relevante, pois pode favorecer maior exploração do solo e, consequentemente, melhor absorção de água e nutrientes, refletindo em maior tolerância a estresses abióticos. No trabalho de Damo et al. (2022), as plantas de arroz inoculadas com *Ralstonia pickettii* apresentaram a maior massa seca da raiz e Bakki et al. (2024), os resultados mostraram que plantas de tomate inoculadas têm comprimentos e massa de raízes maiores em comparação com o controle

No que se refere ao diâmetro do caule, os isolados de *B. megaterium* + *B. subtilis* e *S. citrinum* também contribuíram positivamente para o engrossamento do caule, situando-se em um grupo intermediário, enquanto *P. fluorescens* mostrou efeito moderado. Esse aumento no diâmetro do caule pode ser considerado um indicativo de

maior vigor estrutural, o que tende a conferir maior resistência mecânica às plantas. As bactérias solubilizadoras de fosfato podem promover o crescimento da planta por meio do aumento da absorção de nitrogênio, síntese de fitormônios, solubilização de fosfatos inorgânicos e/ou orgânicos no solo e produção de sideróforos que quelam o ferro e o tornam disponível para a raiz da planta (HABIL-ADDAS et al., 2017; AZAROUAL et al., 2020; BOUIZGARNE, 2022; BOUIZGARNE et al., 2023)

Na massa fresca do fruto, todos os microrganismos aumentaram significativamente a massa fresca em relação ao controle, sendo *Ralstonia sp.* o mais eficiente (Tabela 4). Observou-se que os tratamentos com microrganismos apresentaram ganhos consistentes, com destaque para *Ralstonia sp.*, que alcançou o maior valor. Esse resultado sugere que a presença desse microrganismo favoreceu maior enchimento e desenvolvimento dos frutos, possivelmente associado à maior eficiência na absorção de nutrientes e estímulo ao metabolismo da planta.

Tabela 4. Massa fresca do fruto (g), Massa seca do fruto (g) e Número total de frutos por planta (unidade) de plantas de tomate cereja inoculadas com micro-organismos solubilizadores de fosfato.

Micro-organismos	Massa Fresca do Fruto (g)	Massa Seca do Fruto (g)	Número Total de Frutos por Planta (un)
Controle	6,99 d	1,61 c	12,25 c
<i>P. fluorescens</i>	9,26 c	1,91 b	21,75 b
<i>B. megaterium</i> + <i>B. subtilis</i>	12,26 b	2,06 b	23,25 b
<i>S. citrinum</i>	11,44 b	2,28 a	21,75 b
<i>Ralstonia sp.</i>	13,70 a	2,48 a	29,75 a
CV (%)	8,55	9,62	17,18

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.

Para a variável massa seca do fruto, houve efeito significativo em todos os tratamentos, sendo o tratamento com o *Ralstonia sp.*, o mais superior, refletindo maior acúmulo de biomassa no fruto. No que se refere ao número total de frutos por planta, o tratamento com *Ralstonia sp.* foi o mais superior, em comparação a todos os outros tratamentos *Ralstonia sp.* foi o tratamento mais expressivo, apresentando quase 30 frutos

por planta, valor mais que o dobro do obtido no controle. A aplicação de bactérias solubilizadoras de fosfato também causou aumentos significativos na produtividade de frutos de tomate-cereja, sugerindo o papel positivo dessas bactérias na promoção do crescimento (BOUIZGARNE et al., 2023).

Esse resultado demonstra o elevado potencial desse microrganismo como promotor de frutificação, sendo capaz de incrementar não apenas o tamanho e peso dos frutos, mas também a produtividade total da cultura. Os demais microrganismos também promoveram aumentos significativos no número de frutos, embora em menor magnitude. Kooshki et al. (2024), a inoculação bacteriana aumentou significativamente o peso médio dos frutos e o rendimento em 46% e 65%, respectivamente, em comparação aos controles não inoculados. Tal comportamento comprova os benefícios do mecanismo de solubilização de fosfato, e seu efeito sobre o aumento de clorofila e da fotossíntese em plantas inoculadas, resultando em uma maior massa e número de frutos (ADESEMOYE et al., 2010; AHMAD & KIBRET, 2014; BABU et al., 2015; KOOSHKI et al., 2024).

Para a variável teor de P no fruto, houve efeito significativo em todos os tratamentos, sendo o tratamento com o *Ralstonia sp.*, o mais superior, refletindo maior acúmulo de P no fruto. No que se refere ao teor de P na parte aérea, todos os microrganismos aumentaram significativamente a massa fresca em relação ao controle, sendo *Ralstonia sp.* o mais eficiente (Tabela 5).

Tabela 5. Teor de P no fruto (mg kg^{-1}), Teor de P na parte aérea (mg kg^{-1}) e Teor de P na raiz (mg kg^{-1}) de plantas de tomate cereja inoculadas com micro-organismos solubilizadores de fosfato.

Micro-organismos	Teor de P no Fruto (mg kg^{-1})	Teor de P na Parte Aérea (mg kg^{-1})	Teor de P na Raiz (mg kg^{-1})
Controle	1,25 e	1,05 d	1,62 d
<i>P. fluorescens</i>	1,83 c	2,43 b	1,96 a
<i>B. megaterium</i> + <i>B. subtilis</i>	1,65 d	2,21 c	1,78 c
<i>S. citrinum</i>	1,98 b	2,22 c	1,85 b
<i>Ralstonia sp.</i>	2,08 a	2,94 a	1,86 b
CV (%)	1,86	0,68	0,86

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de significância.

No teor de P na raiz, o tratamento com *P. fluorescens* foi estatisticamente superior ao controle. Todos os tratamentos com microorganismo, foram superiores ao controle. A inoculação com microrganismos elevou significativamente o teor de P nas plantas em relação ao controle. *Ralstonia sp.* apresentou maior eficiência no acúmulo de P no fruto e na parte aérea, enquanto *P. fluorescens* destacou-se na raiz. Os demais tratamentos mostraram desempenho intermediário, mas sempre superiores ao controle. No trabalho de Hussain et al. (2021), os solubilizadores de fosfato são capazes de aumentar significativamente o conteúdo de fósforo na rizosfera da planta e o rendimento da colheita, que podem representar uma estratégia ecologicamente correta, desse modo, corrobora com o fato de que o teor de fósforo na parte aérea aumentou em plantas inoculadas (BOUIZGARNE et al., 2023).

O comportamento do teor de P acumulado pode estar relacionado com o efeito do ambiente criado pelos ácidos orgânicos potencializando o aumento dos solubilizadores de fosfato, mas também de uma forma bem direcionada, como a maior atração de *Ralstonia sp.* ou *P. fluorescens* para colonizar as raízes (PAN & CAI, 2023).

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstram que a inoculação com microrganismos solubilizadores de fósforo favoreceu o desenvolvimento do tomate-cereja em comparação à ausência de inoculação. Entre os tratamentos, *Ralstonia* sp. destacou-se como o mais eficiente, promovendo incrementos simultâneos nas variáveis de produção e no acúmulo de P na parte aérea e nos frutos. Além disso, *Ralstonia* sp. e *Scleroderma citrinum* apresentaram efeitos positivos sobre a massa seca dos frutos, enquanto *Pseudomonas fluorescens* mostrou eficiência no acúmulo de P nas raízes. Assim, confirma-se que o uso desses microrganismos constitui uma alternativa promissora para complementar o manejo nutricional do tomate-cereja, contribuindo para maior eficiência no aproveitamento do fósforo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADESEMOYE, A. O.; TORBERT, H. A.; KLOEPPER, J. W. Increased plant uptake of nitrogen from ¹⁵N-depleted fertilizer using plant growth-promoting rhizobacteria. **Applied Soil Ecology**, v. 46, n. 1, p. 54-58, 2010.

AHEMAD, M.; KIBRET, M. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: current perspective. **Journal of King saud University-science**, v. 26, n. 1, p. 1-20, 2014.

ALVARENGA, M. A. R. **Tomate: produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia**. Lavras: UFLA, 2004. 400p.

AZAROUAL, S. E.; HAZZOUMI, Z.; MERNISSI, N. E.; AASFAR, A.; MEFTAH KADMIRI, I.; BOUIZGARNE, B. Role of inorganic phosphate solubilizing bacilli isolated from moroccan phosphate rock mine and rhizosphere soils in wheat (*Triticum aestivum* L.) phosphorus uptake. **Current Microbiology**, v. 77, n. 9, p. 2391-2404, 2020.

BABU, A. N.; JOGAIAH, S.; ITO, S. I.; NAGARAJ, A. K.; TRAN, L. S. P. Improvement of growth, fruit weight and early blight disease protection of tomato plants by rhizosphere bacteria is correlated with their beneficial traits and induced biosynthesis of antioxidant peroxidase and polyphenol oxidase. **Plant Science**, v. 231, p. 62-73, 2015.

BATISTA-VENTURA, H. R. F.; VENTURA, M. V. A.; MENEZES FILHO, A. C. P. de; OLIVEIRA JÚNIOR, A. C. de; ALVES, J. M. Evaluation of methodologies for chemical characterization of vinasse as a function of storage time. **Brazilian Journal of Science**, v. 1, n. 9, p. 85–99, 2022.

BAKKI, M.; BANANE, B.; MARHANE, O.; ESMAEEL, Q.; HATIMI, A.; BARKA, E. A.; AZIM, K.; BOUIZGARNE, B. Phosphate solubilizing *Pseudomonas* and *Bacillus* combined with rock phosphates promoting tomato growth and reducing bacterial canker disease. **Frontiers in Microbiology**, v. 15, p. 1289466, 2024.

BOUIZGARNE, B. Phosphate-solubilizing actinomycetes as biofertilizers and biopesticides: bioformulations for sustainable agriculture. In: **Microbial BioTechnology for Sustainable Agriculture Volume 1**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2022. p. 407-428.

BOUIZGARNE, B.; BAKKI, M.; BOUTASKNIT, A.; BANANE, B.; EL OUARRAT, H.; AIT EL MAALEM, S.; AMENZOU, A.; GHOSMI A.; MEDDICH, A. Phosphate and potash solubilizing bacteria from Moroccan phosphate mine showing antagonism to bacterial canker agent and inducing effective tomato growth promotion. **Frontiers in Plant Science**, v. 14, p. 970382, 2023.

CARDOSO, S. C.; SOARES, A. C. F.; BRITO, A. D. S.; CARVALHO, L. A. D.; PEIXOTO, C. C.; PEREIRA, M. E. C.; GOES, E. Qualidade de frutos de tomateiro com e sem enxertia. **Bragantia**, v. 65, p. 269-274, 2006.

CARMO, C. D. S.; ARAUJO, W. S.; BERNARDI, A. D. C.; SALDANHA, M. F. C. **Métodos de análise de tecidos vegetais utilizados na Embrapa Solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos - Circular Técnica (INFOTECA-E), 2000.

ARRUDA, M.; CARVALHO, L.; NETO, J.; JACOMINO, Â.; MELO, P. C. Caracterização físico-química de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função do espaçamento e número de ramos por planta. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 11, n. 3, p. 295-298, 2005.

DAMO, J. L. C.; RAMIREZ, M. D. A.; AGAKE, S. I.; PEDRO, M.; BROWN, M.; SEKIMOTO, H.; YOKOYAMA, T.; SUGIHARA, S.; OKAZAKI, S.; OHKAMA-OHTSU, N. Isolation and characterization of phosphate solubilizing bacteria from paddy field soils in Japan. **Microbes and environments**, v. 37, n. 2, p. ME21085, 2022.

DOYDORA, S.; GATIBONI, L.; GRIEGER, K.; HESTERBERG, D.; JONES, J. L.; MCLAMORE, E. S.; PETERS, R.; SOZZANI, R.; BROECK, V. den.; DUCKWORTH, O. W. Accessing legacy phosphorus in soils. **Soil Systems**, v. 4, n. 4, p. 74, 2020.

EL HABIL-ADDAS, F.; AARAB, S.; RFAKI, A.; LAGLAOUI, A.; BAKKALI, M.; ARAKRAK, A. Screening of phosphate solubilizing bacterial isolates for improving growth of wheat. **Screening**, v. 2, n. 6, 2017.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019.

KAILASAN, N. S.; VAMANRAO, V. B. Isolation and characterization of *Ralstonia pickettii*-A novel phosphate solubilizing bacterium from Pomegranate rhizosphere from Western India. **International Journal of Life Sciences Biotechnology and Pharma Research**, v. 4, n. 1, p. 1, 2015.

KIRUI, C. K.; NJERU, E. M.; RUNO, S. Diversity and phosphate solubilization efficiency of phosphate solubilizing bacteria isolated from semi-arid agroecosystems of eastern Kenya. **Microbiology Insights**, v. 15, p. 11786361221088991, 2022.

KOOSHKI, M. J.; HAGHIGHI, M.; MOZAFARIAN, M. Enhancing tomato growth, quality, and yield through the application of bio and nano-bio phosphorus in conjunction with *Pseudomonas putida* inoculation. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 18, p. 101483, 2024.

LI, H. P.; HAN, Q. Q.; LIU, Q. M.; GAN, Y. N.; RENSING, C.; RIVERA, W. L.; ZHAO, Q.; ZHANG, J. L. Roles of phosphate-solubilizing bacteria in mediating soil legacy phosphorus availability. **Microbiological Research**, v. 272, p. 127375, 2023.

MARTINS, B. N. M. **Doses de fósforo na produção das mudas e sua influência na produção e qualidade de tomate**. 2015. 55 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

MENEZES-BLACKBURN, D.; GILES, C.; DARCH, T.; GEORGE, T. S.; BLACKWELL, M.; STUTTER, M.; SHAND, C.; LUMSDON, D.; COOPER, P.; WENDLER, R.; BROWN, L.; ALMEIDA, D. S.; WEARING, C.; ZHANG, H.;

HAYGARTH, P. M. Opportunities for mobilizing recalcitrant phosphorus from agricultural soils: a review. **Plant and Soil**, v. 427, n. 1, p. 5-16, 2018.

OLIVEIRA-PAIVA, C. A.; MARRIEL, I. E.; GOMES, E. A.; COTA, L. V.; SANTOS, F. C. dos; SOUSA, S. M. de; LANA, U. G. de P.; OLIVEIRA, M. C.; MATTOS, B. B.; ALVES, V. M. C.; RIBEIRO, V. P.; VASCO JUNIOR, R. **Recomendação agronômica de cepas de *Bacillus subtilis* (CNPMS B2084) e *Bacillus megaterium* (CNPMS B119) na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020, 18 p.

PAN, L.; CAI, B. Phosphate-solubilizing bacteria: advances in their physiology, molecular mechanisms and microbial community effects. **Microorganisms**, v. 11, n. 12, p. 2904, 2023.

PEREIRA, A. V. **Solubilizadores de fosfatos associados a fontes de fósforo na cultura do milho**. 2024. 37 p. Dissertação (Mestrado em Bioenergia e Grãos), Instituto Federal Goiano campus Rio Verde, Rio Verde, 2024.

TIMOFEEVA, A.; GALYAMOVA, M.; SEDYKH, S. Prospects for using phosphate-solubilizing microorganisms as natural fertilizers in agriculture. **Plants**, v. 11, n. 16, p. 2119, 2022.

WAHID, O. A. A.; MEHANA, T. A. Impact of phosphate solubilizing fungi on the yield and phosphorus-uptake by wheat and fava bean plants. **Microbiology Research**, v. 155, p. 221227, 2000.

ZHU, J.; LI, M.; WHELAN, M. Phosphorus activators contribute to legacy phosphorus availability in agricultural soils: A review. **Science of the Total Environment**, v. 612, p. 522-537, 2018.