

WILLIAN APARECIDO LEOTI ZANETTI

**MICROORGANISMOS RESISTENTE AO DÉFICIT HÍDRICO NA CULTURA DO
TOMATE**

Relatório de Pós-doutorado realizado na
Universidade Estadual Paulista “Júlio de
Mesquita Filho” (UNESP), Unidade Tupã

Supervisor(a): Fernando Ferrari Putti

PROGRAMA DE PÓS-DOCTORADO DA UNESP - UNESP Edital PROPE 05/2024

Tupã

2026

Ficha catalográfica elaborada pela Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação da FCE – Unesp, Câmpus Tupã:

Z28 Zanetti, Willian Aparecido Leoti.
Microrganismos resistentes ao déficit hídrico na cultura do tomate /
Willian Aparecido Leoti Zanetti. – Tupã, 2026.
24 f ; 30 cm.: il.

Relatório Científico Circunstanciado de Pós-doutorado –
Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista
"Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Campus de Tupã, 2025.

Supervisor: Prof. Dr. Fernando Ferrari Putti.

1 *Bacillus aryabhattai*. 2. Bioinsumos. 3. Déficit hídrico. 4.
Irrigação deficitária. 5. Tomate. 6. Promoção de crescimento de
plantas. I. Putti, Fernando Ferrari, *supervisor*. II. Título.

Fonte: Eliana Kátia Pupim, bibliotecária CRB 8 – 6202. Essa ficha não pode ser modificada.

ZANETTI, Willian Aparecido Leoti Zanetti. **Microrganismos resistente ao déficit hídrico na cultura do tomate** – Faculdade de Ciências e Engenharia, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Tupã, 2026.

RESUMO

Diante das mudanças climáticas, com o déficit hídrico como um dos principais fatores limitantes da produtividade agrícola em todo o mundo, a busca por soluções sustentáveis se faz cada vez mais necessária para reduzir os impactos. O tomate com grande importância para a segurança alimentar e uma das limitações em termos de produtividade e de escassez hídrica, necessita de alternativas sustentáveis para reduzir tais impactos em sua produtividade e qualidade. Nesse sentido, avanços na inserção de microrganismos vem estabelecendo importantes relações simbióticas com os sistemas radiculares das plantas e apresentando benéficos em seu desenvolvimento. Dentre eles, o *Bacillus aryabhattai* tem demonstrado grande capacidade de reduzir os efeitos do déficit hídrico. Neste contexto, este trabalho teve como objetivo desenvolver e validar um manejo de irrigação utilizando *B. aryabhattai* para a cultura do tomate, sem que haja prejuízos no desenvolvimento e produtividade da cultura. O experimento foi conduzido em estufa na área experimental da Faculdade de Ciências e Engenharia, Campus de Tupã, São Paulo, sob delineamento experimental em inteiramente casualizados (DIC), em esquema fatorial 3 x 2 sendo empregados três níveis de 40%, 60% e 80% da ETc, e o fator bioinsumo com dois níveis: presença e ausência da inoculação de *B. aryabhattai*. Deste modo, o experimento constituiu de 6 tratamentos com 7 repetições, totalizando 42 unidades experimentais. Foram avaliados parâmetros biométricos, bioquímicos, produtivos e fatores de pós-colheita. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). Observando resultados significativos no uso do bioinsumo nos parâmetros avaliados. Concluindo que a aplicação de *Bacillus Aryabhattai* é uma estratégia eficiente para promoção da mitigação dos efeitos do déficit hídrico na cultura do tomate. Além dos resultados de pesquisa obtidos, o pós-doutorado permitiu contribuições relevantes ao grupo de pesquisa, tanto na condução experimental quanto na formação pessoal e profissional.

Palavras chaves: Bioinsumos, *Bacillus*, Manejo de água, Produtividade, Seca.

1. INTRODUÇÃO

O setor agrícola nos últimos anos tem enfrentado uma série de desafios, desde variações nas condições meteorológicas até o aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos. Como as secas, ocasionadas pelo regime de precipitações, cada vez mais com maior frequência, ocasionadas em grande parte pelos efeitos das mudanças climáticas. Reduzindo a disponibilidade de água e comprometendo a qualidade das safras (Orobio *et al.*, 2023; Wang *et al.*, 2023).

Cultivos como o tomate são sensíveis ao déficit hídrico e devido a sua importância na dieta de grande parte da população humana, por ser rico em vitaminas essenciais, como a vitamina C importante para o sistema imunológico. Assim como o licopeno, antioxidante significativo associado à redução do risco de doenças cardíacas e câncer (Van Damme *et al.*, 2023). Caracterizando a relevância em buscar formas de minimizar os impactos de épocas de seca para que não afetem o fornecimento deste alimento a população, evitando possíveis riscos de segurança alimentar (Dmitrović *et al.*, 2022).

Considerando o tomate (*Solanum lycopersicum*) uma das espécies mais importantes da família *Solanaceae*, apresenta uma produção mundial de 189 milhões de toneladas em uma área de cultivo que representa 5 milhões de hectares (FAO, 2021). No Brasil, é uma das hortaliças mais importantes, com uma produção de aproximadamente 3.679.160 milhões de toneladas em uma área cultivada de 51.907 hectares, com destaque de maior produtor o estado de Goiás (Zayat *et al.*, 2022).

Diante da sua importância, práticas agrícolas mais sustentáveis e resilientes às mudanças climáticas são fundamentais. Isso inclui o uso de técnicas de conservação de água e solo, ou seja, necessário investimento em tecnologias agrícolas de precisão que possam agregar produtividade e qualidade, além de assegurar o uso de recursos naturais (Giri *et al.*, 2023; Rempelos *et al.*, 2023).

Caracterizando os sistemas de irrigação como ferramenta importante e representativa à muitos anos em áreas com déficit hídrico, desempenhando papel crucial na mitigação da escassez de água e na promoção da segurança alimentar global. No entanto, apresentam alto investimento inicial, impactando a acessibilidade para agricultores de pequenas e médias propriedades (Puy *et al.*, 2021).

Uma alternativa que vem sendo avaliada nos últimos anos é a utilização de biofertilizantes, que são aplicados nos cultivos com o fim de introduzir organismos que

tenham a capacidade de proporcionar benefícios. De forma que, os microrganismos exercem suas funções de acordo com suas características, visto que há vários grupos que são escolhidos como possíveis agentes de controle biológico e grupos que estimulam o crescimento das plantas (Jiménez-Arias, 2025).

Observando que esses microrganismos promovem mudanças benéficas com alterações morfológicas, fisiológicas e bioquímicas, que aumentam a tolerância ao déficit hídrico, desta forma, minimiza os efeitos da baixa disponibilidade de água, visto a promoção de maior desenvolvimento do sistema radicular. Isto vem sendo observado no emprego destes microrganismos nas principais *commodities*, como a soja (Rehan *et al.*, 2023).

Assim, ainda se faz necessário buscar alternativas viáveis e sustentáveis que auxiliem na mitigação das perdas em produtividade causadas pelo déficit hídrico, uma vez que, ainda são escassas pesquisas com essas bactérias na cultura do tomateiro. Estudos prévios mostram que algumas bactérias do gênero *Bacillus* têm potencial de amenizar os danos provocados por períodos de seca a diversas culturas, como o milho (Deng *et al.*, 2022; Moreno-Galvan *et al.*, 2020), gramínea forrageira (Mendoza-Labrador *et al.*, 2021) e soja (Park *et al.*, 2017).

Sendo assim, diante do aumento constante da demanda por alimentos e os problemas relacionados à falta de água ocorridos devido à alta intensidade da utilização de água na irrigação, houve a motivação por parte da equipe deste projeto a buscar soluções para reduzir tais impactos.

Diante do contexto apresentado, **esta pesquisa procurou responder as seguintes questões:** O uso de bactérias do gênero *Bacillus* possibilita a redução da lâmina aplicada? Os efeitos do déficit hídrico na cultura do tomateiro são amenizados pelo uso de bactérias? Qual o comportamento da fotossíntese, variáveis biométricas e atividade antioxidativa da cultura do tomateiro quando inoculado com *Bacillus aryabhattai* com diferentes lâminas de irrigação? Existe diferença no comportamento do tomateiro quando submetido a irrigação deficitária (com fornecimento de água abaixo dos requerimentos) em diferentes fases fenológicas?

A fim de responder estas perguntas, este estudo apresentou a *hipótese de que plantas de tomateiro inoculadas com B. aryabhattai cultivadas sob diferentes condições de irrigação apresentarão menor efeito do déficit hídrico e eficiência do uso da água, menor redução do crescimento e produtividade e menor redução na taxa fotossintética, em relação às plantas cultivadas sem bactérias.*

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a)
autor(a), o texto completo será
disponibilizado
somente a partir de 09/11/2027

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho de pesquisa evidenciou que a aplicação do bioinsumo *Bacillus Aryabhatai* é uma estratégia eficiente para promoção da mitigação dos efeitos do déficit hídrico na cultura do tomate. Uma vez que assegurou respostas positivas nas avaliações bioquímicas, biométricas e do fruto nas plantas submetidas a diferentes condições de disponibilidade hídrica. Contribuindo na redução dos efeitos do estresse oxidativo, qualidade dos frutos, tanto em termos estruturais quanto comerciais.

Além dos resultados de pesquisa obtidos, o pós-doutorado permitiu contribuições relevantes ao grupo de pesquisa, tanto na condução experimental quanto na formação social. Visto que, a participação ativa na orientação técnica e científica dos discentes de graduação e pós-graduação, contribuiu para a capacitação e execução de protocolos laboratoriais, análises e interpretação de resultados. Fortalecendo um ambiente de troca de conhecimento e colaborativo, promovendo aprendizado, inovação e contribuições.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXIEVA, V.; SERGIEV, I.; MAPELLI, S.; KARANOV, E. The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. **Plant, Cell and Environment**. v. 24, n. 12, p. 1337–1344, 2001.

BALDERAS-RUIZ, K. A.; GÓMEZ-GUERRERO, C. I.; TRUJILLO-ROLDÁN, M. A.; VALDEZ-CRUZ, N. A.; ARANDA-OCAMPO, S.; JUÁREZ, A. M.; LEYVA, E.; GALINDO, E. SERRANO-CARREÓN, L. *Bacillus velezensis* 83 increases productivity and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.): Pre and postharvest assessment. **Current Research in Microbial Sciences**, v. 2, p. 100076, 2021.

BARBOSA, W.; OJIMA, M.; CAMPO-DALL'ORTO, F.A.; RAIJ, B. van. Frutas de clima temperado: III. Caqui, maçã, macadâmia, pecã e pêra. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1997. P.141- 142 (Boletim Técnico, 100).

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye-binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72 p. 248-254, 1976.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. 2.ed. Lavras: Editora UFLA, 2005.783p.

DENG, C.; ZHANG, N.; LIANG, X.; HUANG, T.; LI, B. *Bacillus aryabhattai* LAD impacts rhizosphere bacterial community structure and promotes maize plant growth. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 102, n. 14, p. 6650-6657, 2022.

DMITROVIĆ, S.; PAJČIN, I.; LUKIĆ, N.; VLAJKOV, V.; GRAHOVAC, M.; GRAHOVAC, J.; JOKIĆ, A. Taguchi Grey Relational Analysis for Multi-Response Optimization of Bacillus Bacteria Flocculation Recovery from Fermented Broth by Chitosan to Enhance Biocontrol Efficiency. *Polymers*, v.14, n.16, p.1-20, 2022.

EKE, P.; KUMAR, A.; SAHU, K. P.; WAKAM, L. N.; SHEORAN, N.; ASHAJYOTHI, M.; PATEL, A.; FEKAM, F. B. Corrigendum to" Endophytic bacteria of desert cactus (*Euphorbia trigonas* Mill) confer drought tolerance and induce growth promotion in tomato (*Solanum lycopersicum* L). **Microbiological research**, v. 245, p. 126689, 2021.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Produção mundial de tomate**. FAO, 2021. Disponível em: <http://www.faostat.fao.org/>. Acesso em 12 abril. 2024.

GIANNOPOLITIS, C. N.; REIS, S. K. Superoxide dismutase I: occurrence in higher plants. **Plant Physiology**. Waterbury, v. 59, p. 309-314, 1977.

GIRI, V. P.; SHUKLA, P.; TRIPATHI, A.; VERMA, P.; KUMAR, N.; PANDEY, S.; DIMKPA, C.O.; MISHRA, A. A Review of Sustainable Use of Biogenic Nanoscale AgroMaterials to Enhance Stress Tolerance and Nutritional Value of Plants. **Plants**, v.12, n.4, p.1-27, 2023.

GUL, S., JAVED, S., AZEEM, M., AFTAB, A., ANWAAR, N., MEHMOOD, T., ZESHAN, B. Application of *Bacillus subtilis* for the Alleviation of Salinity Stress in Different Cultivars of Wheat (*Tritium aestivum* L.). **Agronomy**, v. 13, n. 2, p. 437, 2023.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz.: Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. v. 1, 4. ed. 1. ed. digital. São Paulo: IMESP, 2008.

JANERO, D. R. Malondialdehyde and thiobarbituric acid-reactivity as diagnostic indices of lipid peroxidation and peroxidative tissue injury. **Free Radical Biology and Medicine**. v. 9, n. 6, p. 515–540, 1990.

JIMÉNEZ-ARIAS, D.; MORALES-SIERRA, S.; GARCÍA-GARCÍA, A. L.; HERRERA, A. J.; PÉREZSCHMELLER, R.; SUÁREZ, E.; Santana-Mayor, A.; SILVA, P.; BORGES, J. P.; PINHEIRO DE CARVALHO, M. Â. Alginate Microencapsulation as a Tool to Improve Biostimulant Activity Against Water Deficits. **Polymers**, v.17, n. 2, p.1617, 2025.

HAN, L.; ZHANG, M.; DU, L.; ZHANG, L.; LI, B. Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* QST713 on photosynthesis and antioxidant characteristics of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) under drought stress. **Agronomy**, v. 12, n. 9, p. 2177, 2022.

HASAN, Shima. Effect of potassium fertilizer, feldspar rock and potassium releasing bacterium (*Bacillus circulans*) on sweet potato plant under sandy soil conditions. **Scientific Journal of Agricultural Sciences**, v. 2, n. 2, p. 56-63, 2020.

HOSSAIN, A.; YAMAGUCHI, F.; MATSUO, T.; TSUKAMOTO, I.; TOYODA, Y.; OGAWA, M.; NAGATA, Y.; TOKUDA, M. Rare sugar D-allulose: Potential role and therapeutic monitoring in maintaining obesity and type 2 diabetes mellitus. **Pharmacology & therapeutics**, v. 155, p. 49-59, 2015.

MENDOZA-LABRADOR, J.; ROMERO-PERDOMO, F.; HERNÁNDEZ, J-P.; URIBE-VÉLEZ, D.; BUITRAGO, R. B. *Bacillus* strains immobilized in alginate macrobeads enhance drought stress adaptation of guinea grass. **Rhizosphere**, v. 19, p. 100385, 2021.

MORENO-GALVÁN, A.; ROMERO-PERDONO, F.; ESTRADA-BONILA, G.; MENESES, C. H. S. G.; BONILA, R. R. Dry-caribbean *Bacillus* spp. strains ameliorate drought stress in maize by a strain-specific antioxidant response modulation. **Microorganisms**, v. 8, n. 6, p. 823, 2020.

PARK, Y-G.; MUN, B-G.; KANG, S-M.; HUSSAIN, A.; SHAHZAD, R.; SEO, C-W.; KIM, A-Y.; LEE, S-U.; OH, K. Y.; LEE, D. Y.; LEE, I-J.; YUN, B-W. *Bacillus aryabhattai* SRB02 tolerates oxidative and nitrosative stress and promotes the growth of soybean by modulating the production of phytohormones. **PLoS One**, v. 12, n. 3, p. e0173203, 2017.

OLIVEIRA, L. L.; CARDOSO, G. dos S.; FARNEZI, P. K. B., AZEVEDO, L. A. L. de; FRANÇA, A. C. Resposta do tomate cereja à adubação organomineral para incremento na produtividade. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 8, n. 2, p. 054-061, 2023.

OROBIO, B.A.P; PAZ, J. S; SANTOS, A. R.; QUINTERO, K.F. S.; ESCORCIA, R. S.; RIVERA, I.C. D.; SÁNCHEZ, A. Assessment of the Water Footprint in Low-Income Urban Neighborhoods from Developing Countries: Case Study Fátima (Gamarra, Colombia). **Sustainability**, v.15, n.9, p.1-21, 2023.

PARK, Y-G.; MUN, B-G.; KANG, S-M.; HUSSAIN, A.; SHAHZAD, R.; SEO, C-W.; KIM, A-Y.; LEE, S-U.; OH, K. Y.; LEE, D. Y.; LEE, I-J.; YUN, B-W. *Bacillus aryabhattai* SRB02 tolerates oxidative and nitrosative stress and promotes the growth of soybean by modulating the production of phytohormones. **PLoS One**, v. 12, n. 3, p. e0173203, 2017.

PEIXOTO, P.H.P.; CAMBRAIA, J.; SANTANA, R.; MOSQUIM, P.R.; MOREIRA, M.A. Aluminum effects on lipid peroxidation and on the activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.11, p.137-143, 1999.

PUY, A.; BORGONOVO, E.; LO PIANO, S.; LEVIN, S. A.; SALTELLI, A. Irrigated areas drive irrigation water withdrawals. **Nature Communications**, v. 12, n. 1, p. 4525, 2021.

REHAN, M.; AL-TURKI, A.; ABDELMAGEED, A. H. A.; ABDELHAMEID, N. M.; OMAR, A. F. Performance of Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) Isolated from Sandy Soil on Growth of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). **Plants**, v.12, n.8, p.1-18, 2023.

REMPELOS, L.; BARAŃSKI, M.; SUFAR, E. K.; GILROY, J.; SHOTTON, P.; LEIFERT, H.; ŚREDNICKA-TOBER, D.; HASANALIYEVA, G.; ROSA, E. A. S.; HAJSLOVA, J.;

SCHULZOVA, V.; CAKMAK, I.; OZTURK, L.; BRANDT, K.; SEAL, C.; WANG, J.; SCHMIDT, C.; LEIFERT, C. Effect of Climatic Conditions, and Agronomic Practices Used in Organic and Conventional Crop Production on Yield and Nutritional Composition Parameters in Potato, Cabbage, Lettuce and Onion; Results from the Long-Term NFSC-Trials. **Agronomy**, v.13, n.5, p.1-35, 2023.

VAN DAMME, M.; ZOIS, R.; VERBEEK, M.; BAI, Y.; WOLTERS, A.-M. A. Directions from Nature: How to Halt the Tomato Brown Rugose Fruit Virus. **Agronomy**, v. 13, n. 5, p.1-23, 2023.

WANG, X.; FANG, S.; YANG, Y.; DU, J.; WU, H. A New Method for Crop Type Mapping at the Regional Scale Using Multi-Source and Multi-Temporal Sentinel Imagery. **Remote Sensing**, v. 15, n. 9, p.1-20, 2023.

ZAYAT, J. Z. M.; BERNARDES NETO, J. F.; GOLINSKY, A.; MARQUES, P. V. F.; GONÇALVES, G. DE P.; TOFOLES, T. A. M. Viabilidade econômica da produção de tomate do tipo saladete no sul do estado de Goiás. **Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação**, v.8 n.6, p.1455–1486, 2022.