

## USO DE COLETORES SOLARES NA DESINFESTAÇÃO DE SOLO INFESTADO COM *RALSTONIA SOLANACEARUM* NA CULTURA DE TOMATE

### USE OF SOLAR COLLECTORS IN INFESTED SOIL DISINFESTATION WITH *RALSTONIA SOLANACEARUM* IN TOMATO CROPS

**LUIZ FERNANDO CALDEIRA RIBEIRO**

Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT) – Campus de Alta Floresta  
luizribeiro@unemat.br

**MELISSA RÖSLER**

Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Alta Floresta  
luizribeiro@unemat.br

**Resumo:** A infestação de substratos por patógenos é um fator crítico para o insucesso na produção de mudas sadias. Este estudo avaliou a solarização como uma alternativa para controlar a murcha bacteriana causada por *Ralstonia solanacearum* em solos contaminados. O experimento foi realizado em Alta Floresta (MT) entre abril e julho de 2023, utilizando um delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial, com quatro repetições. Cada parcela consistiu em um coletor solar, e os fatores analisados foram a presença ou ausência de solarização e o tempo de tratamento (5, 10, 15, 20 e 25 dias). Após os períodos de solarização, o solo de cada coletor foi colocado em vasos, onde foram transplantadas mudas de tomateiro (*Lycopersicon esculentum*). Durante 25 dias, foram realizados experimentos de solarização do solo, com exposição média de 12 horas diárias. As temperaturas internas do tubo de solarização alcançaram até 45°C, 10,4°C acima das parcelas de controle, demonstrando a eficácia da técnica em elevar a temperatura do solo, fundamental para a desinfecção e controle de fitopatógenos. A análise das unidades formadoras de colônia (UFC) revelou diferenças significativas entre os meses e os períodos de solarização, indicando um controle efetivo da murcha bacteriana. Os tratamentos solares mostraram menor aumento na incidência da doença em comparação às testemunhas, especialmente em julho. Os resultados corroboram estudos anteriores, sugerindo que a solarização pode ser uma alternativa viável ao agroquímicos. Além disso, as altas temperaturas durante o processo alteram a microbiota do solo, favorecendo microrganismos benéficos. Entretanto, a eficácia da solarização pode ser reduzida em períodos mais frios, e alguns patógenos permanecem tolerantes ao calor. Assim, recomenda-se a combinação da solarização com outras estratégias de controle para otimizar os resultados no manejo de doenças em culturas agrícolas.

**Palavras-chave:** Fitopatologia, Termoterapia, Controle físico, Fitobactéria.

**Abstract:** The infestation of substrates by pathogens is a critical factor for the failure in the production of healthy seedlings. This study evaluated solarization as an alternative to control bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* in contaminated soils. The experiment was conducted in Alta Floresta (MT) between April and July 2023, using a completely randomized design in a factorial scheme, with four replications. Each plot consisted of a solar collector, and the analyzed factors were the presence or absence of solarization and the treatment duration (5, 10, 15, 20, and 25 days). After the solarization periods, the soil from each collector was placed in pots, where tomato seedlings (*Lycopersicon esculentum*) were transplanted. Over 25 days, soil solarization experiments were conducted, with an average exposure of 12 hours per day. The internal temperatures of the solarization tube reached up to 45°C, 10.4°C above the control plots, demonstrating the effectiveness of the technique in raising soil temperature, which is essential for the disinfection and control of phytopathogens. The analysis of colony-forming

units (CFUs) revealed significant differences between the months and the solarization periods, indicating effective control of bacterial wilt. The solar treatments showed a lower increase in disease incidence compared to the controls, especially in July. The results corroborate previous studies, suggesting that solarization can be a viable alternative to agrochemicals. Additionally, the high temperatures during the process alter the soil microbiota, favoring beneficial microorganisms. However, the effectiveness of solarization may be reduced in colder periods, and some pathogens remain heat-tolerant. Thus, it is recommended to combine solarization with other control strategies to optimize results in disease management in agricultural crops.

**Keywords:** Plant pathology, Thermotherapy, Physical control, Fitobactéria.

## Introdução

A produção de hortaliças tem relevante impacto social e econômico, fornecendo alimentos, gerando empregos e contribuindo para a agricultura familiar e desenvolvimento regional (COSTA et al., 2020). Recentemente, o Brasil manteve-se entre os maiores produtores de hortaliças, com uma produção anual que continua a crescer, especialmente em culturas como o tomate.

A produção entre os anos de 2013 e 2023, foi de aproximadamente 165.000 mil toneladas de hortaliças, com uma média anual de 25.300 mil toneladas em uma área de colheita de cerca de 1,1 milhão de hectares, representando um aumento de 30 % na produção ao longo da última década (SILVA; ALMEIDA et al., 2023). Levando-se em consideração somente a cultura do tomate, o país produz cerca de 4,5 milhões de toneladas anualmente, sendo o maior produtor da América do Sul (IBGE, 2021). Esse cultivo possui importância econômica significativa, com destaque para o papel de estados como Goiás e São Paulo, que lideram o processamento industrial para molhos e derivados de tomate (SANTOS; OLIVEIRA, 2019).

O Brasil continua como o nono produtor mundial de tomate e lidera a produção na América do Sul. Nos últimos dez anos, de 2013 a 2023, a produção brasileira de tomate aumentou em cerca de 35%, ultrapassando 5 milhões de toneladas em 2023, conforme dados da FAOSTAT (2023). Essa cultura mantém-se como uma das olerícolas mais importantes economicamente em escala mundial, e, no Brasil, a produção média gira em torno de 4,5 milhões de toneladas, cultivadas em aproximadamente 68 mil hectares, segundo Oliveira e colaboradores (2023).

Embora grande parte do tomate produzido seja consumido in natura, uma quantidade significativa é destinada à indústria de processamento para fabricação de molhos, massas e sucos. Entre os estados brasileiros, Goiás se destaca com 84% das agroindústrias voltadas ao

processamento do tomate, seguido de São Paulo, com 13%, e Minas Gerais, com 3% (SANTOS; LIMA, 2023). Além disso, o tomate possui importância econômica pelo seu potencial de geração de empregos em todas as etapas produtivas.

Embora as variedades de tomate disponíveis no mercado se destaquem pela alta produtividade, as doenças causadas por bactérias, fungos e vírus limitaram significativamente o potencial de produção, reduziram o crescimento saudável das plantas. Além disso, o período pós-colheita representa um desafio devido à natureza altamente perecível do tomate, o que eleva os custos de conservação e aumenta os cuidados para controlar seu metabolismo, proteger a pele frágil e prevenir doenças causadas por diversos patógenos (SILVA; ALMEIDA, 2023; FREITAS et al., 2023).

A produção ainda é impactada por uma ampla gama de patógenos que afetaram o tomateiro, com mais de 100 doenças descritas, embora não tenha ocorrido simultaneamente em condições normais de cultivo. A presença e gravidade dessas doenças depende da resistência da variedade plantada, da densidade e agressividade do patógeno, e das condições ambientais, que podem favorecer ou inibir o desenvolvimento das doenças (MENDES; OLIVEIRA, 2023).

A produção de tomate no Brasil é altamente impactada por doenças, especialmente causadas por bactérias, fungos e vírus. *Ralstonia solanacearum*, por exemplo, é considerada uma das bactérias mais destrutivas, impactando significativamente o cultivo em regiões tropicais e subtropicais (SILVA et al., 2018). Essa bactéria provoca a murcha bacteriana em diversas culturas, e o controle é um desafio devido à sua ampla gama de hospedeiros (MENDES; RIBEIRO, 2019), causando murcha bacteriana em mais de 250 espécies de plantas pertencentes a 54 famílias botânicas distintas, sendo a família Solanaceae a mais suscetível (PRIOR; MANSFIELD, 2016).

No Brasil, a cultura do tomate é significativamente impactada pela raça 1 da bactéria, com biovars 1 e 3, correspondentes aos filotipos 2 e 1, respectivamente. Além disso, há registros da ocorrência da raça 3, representada pelos biovars 2 e 2T, que correspondem ao filotipo 2 (SILVA; ANDRADE, 2023).

Devido às características dos patógenos transmitidos pelo solo e à sua alta capacidade de sobrevivência nesse ambiente, a implementação de estratégias de controle eficazes torna-se complexa (BARBOSA et al., 2023). Para reduzir a disseminação do inóculo tanto na área de cultivo quanto para regiões além das fronteiras geográficas, é essencial adotar práticas

**Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 2, p. 315-332, dez. 2024. ISSN 1981-4089**  
preventivas, como a erradicação de plantas contaminadas. O manejo integrado desses patógenos envolve métodos físicos, culturais, químicos e biológicos, visando mitigar os danos à produção de tomate.

Entre as práticas recomendadas de controle de patógenos de solo, especialmente para prevenir o tombamento de plântulas, o uso de fungicidas no tratamento das sementes desempenha um papel essencial. Até o momento, essa medida tem sido considerada a principal estratégia tanto para as leguminosas, quanto para as gramíneas. O uso de fungicidas no tratamento das plântulas ajuda a observar os ataques de fitopatógenos durante as primeiras fases de desenvolvimento. No entanto, se uma área estiver gravemente infestada, essa proteção pode não ser suficiente para garantir o cultivo até a colheita (SANTOS et al., 2021). Devido à dependência do uso de fungicidas no tratamento das sementes para o controle de fitopatógenos que habitam o solo, existe o risco de ocorrer uma pressão seletiva que leva ao surgimento de indivíduos resistentes e, conseqüentemente, pode reduzir a eficácia desses produtos (AJAYI-OYETUNDE; BRADLEY, 2018).

O método mais eficaz para o controle de fitopatógenos no solo é a exclusão, pois uma vez que a área está infectada, dependendo do nível de infestação, pode se tornar economicamente inviável para o cultivo de algumas espécies (UCHÔA et al., 2019). A utilização de variedades resistentes é uma opção lucrativa e eficiente, no entanto, não existem variedades resistentes para a maioria dos fitopatógenos do solo e, quando existem, a resistência é parcial ou facilmente suplantada por esses fitopatógenos (BELLÉ; FONTANA, 2018).

Diante das limitações do tratamento com agrotóxicos e controle genético, o controle físico, através do uso da energia solar, surge como uma alternativa potencialmente viável e promissora, especialmente considerando que a radiação solar é abundante no Brasil ao longo do ano (SANTOS et al., 2021). No Brasil, frequentemente são observadas irradiâncias médias anuais que se mantêm relativamente uniformes e elevadas, com valores máximos de 6,5 kW.h<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup> registrados na Bahia e mínimos de 4,25 kW.h<sup>-1</sup>.m<sup>-2</sup> em Santa Catarina (SOUZA et al., 2021). Embora a disponibilidade de radiação solar no país seja considerada abundante, sua utilização ainda é incipiente, especialmente em comparação com as principais fontes de energia disponíveis (ANEEL, 2022). Atualmente, o uso da energia solar no Brasil está predominantemente restrito a aquecedores e painéis solares.

A solarização do solo surge como uma alternativa viável e promissora para o controle de patógenos transmitidos pelo solo. Esse processo consiste no uso de filmes plásticos transparentes para cobrir o solo durante períodos de alta incidência solar, atingindo temperaturas de até 55°C e inibindo organismos fitopatogênicos (GHINI et al., 2017). Além disso, ao adicionar matéria orgânica durante a solarização, estudos indicam um aumento na presença de microrganismos benéficos que ajudam a inibir patógenos e melhorar a disponibilidade de nutrientes para as plantas (FERNANDES-BAYO et al., 2017; MOCCELLIN et al., 2017).

Katan (2017) define solarização como uma técnica de tratamento que ocorre em solo úmido, coberto com um filme plástico transparente e exposto ao sol durante os meses do ano com altas concentrações de radiações. No contexto brasileiro, as condições climáticas tropicais são favoráveis ao uso da solarização. Mesmo em regiões mais amenas, como Santa Maria (RS), a técnica é viável e pode ser aplicada com sucesso em diferentes culturas (RIBAS et al., 2019). Esta técnica tem se mostrado segura, sustentável e eficiente, sendo amplamente recomendada para a produção de hortaliças e mudas de tomate, especialmente em áreas de alta infestação patogênica, onde métodos convencionais são menos eficazes (STAPLETON; DEVAY, 2018).

A solarização é um método eficaz de desinfestação do solo utilizado para controlar fitopatógenos, plantas daninhas e pragas, além de promover o crescimento de plantas por meio da energia solar. Este tratamento consiste em cobrir o solo com filme plástico transparente, podendo ser realizado manual ou mecanicamente, especialmente durante períodos de alta exposição ao sol (SANTOS et al., 2023). O processo de solarização envolve mecanismos complexos, resultando em uma série de transformações no solo durante e após o tratamento (ALMEIDA, 2023). Esse método é particularmente recomendado para culturas de ciclo curto e com raízes rasas, como a maioria das hortaliças (SANTOS et al., 2023).

Frente a essa situação, o propósito deste trabalho consistiu em empregar a técnica de solarização e analisar se a utilização da solarização de substratos, por meio do emprego de coletores solares, pode desempenhar um papel importante no crescimento de mudas de tomate no norte do Mato Grosso.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Campo Experimental I e no Laboratório de Fitopatologia (LabFit) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), Campus Universitário de Alta Floresta, no período de abril a julho de 2023.

A bactéria *Ralstonia solanacearum* foi isolada consistentemente a partir de plantas de tomate, provenientes do município de Alta Floresta - MT, as quais apresentavam sintomas característicos de cancro e murcha bacteriana. A identificação da bactéria foi confirmada por meio de avaliações macroscópicas e microscópicas, testes bioquímicos, e a aplicação dos postulados de Koch (Koch, 2021).

Para a obtenção do inóculo a partir de colônia pura, o isolado bacteriano foi transferido para placas de Petri contendo meio Nutriente Ágar (NA) e incubado a 28 °C por 48 horas. Após o desenvolvimento das colônias, foram preparadas suspensões bacterianas em água destilada, ajustando-se a concentração para  $3 \times 10^8$  unidades formadoras de colônia (UFC) mL<sup>-1</sup>, utilizando um espectrofotômetro (61% de transmitância a 580 nm) (SANTOS et al., 2020). Posteriormente, as suspensões foram diluídas de modo a alcançar as concentrações de inóculo estabelecidas em cada ensaio.

A curva de crescimento bacteriano foi determinada pelo método de concentração do inóculo pela contagem em placas de Petri (CAROLLO; SANTOS FILHO, 2016). Foram ajustadas suspensões bacterianas (em solução salina de NaCl a 0,81%) para obter leituras de absorbância a 580 nm de 2,4; 2,0; 1,6; 1,2; 0,8 e 0,4. Para as absorbâncias 2,4; 2,0 e 1,6 foram realizadas diluições de até 10<sup>8</sup> e, para as demais absorbâncias diluições de até 10<sup>7</sup>, tendo sido plaqueados 100 mL das três últimas diluições em meio 523 sólido. O cálculo da concentração da suspensão foi efetuado com base no número de UFC.

Foram obtidos 150 kg de solo peneirado e seco à sombra, sendo posteriormente autoclavado para esterilização de microrganismos patogênicos e sementes de invasoras.

Utilizou-se coletores solares, consistindo em uma caixa de madeira (1,0 m × 1,5 m × 0,25 m) contendo seis tubos metálicos e uma cobertura de plástico transparente que permite a entrada dos raios solares (Figura 01). (GHINI et al., 2022).

A madeira utilizada foi o compensado naval, revestida com tinta a óleo para aumentar a durabilidade do equipamento. O fundo da caixa foi construído com compensado e uma chapa

**Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 2, p. 315-332, dez. 2024. ISSN 1981-4089** metálica de alumínio. Foi colocado um isolantes térmicos de isopor no fundo do coletor, entre a chapa de alumínio e a madeira) para auxiliar a retenção do calor no interior da caixa. Os tubos de ferro utilizados apresentaram 15 cm de diâmetro, pintados com tinta preta fosca externamente.

Figura 1. Protótipo de coletor solar, com dimensões de 1,52 x 1,0 x 0,25 m



Fonte: Autores.

O solo foi inserido nos tubos através da abertura superior e, após o tratamento, foi removido pela abertura inferior, utilizando-se a força da gravidade. Os coletores solares foram posicionados voltados para o norte e inclinados em um ângulo correspondente à latitude local, acrescido de 10°. Alta Floresta-MT está situada na latitude de 9°50'18.74", portanto, a caixa foi instalada com um ângulo de 9°50'18.74". Para atingir esse ângulo de inclinação, o cavalete que suportava o coletor apresentava altura de 36 cm nos pés dianteiros e 90 cm nos pés traseiros, com uma distância de 84 cm entre eles.

O solo nos tubos foi umedecido até a capacidade de campo, seguido pela inoculação com 20 mL de suspensão aquosa de *Ralstonia solanacearum* na concentração aproximada de  $1 \times 10^8$  UFC. Foi utilizado um tubo para cada tratamento, que foram avaliados de acordo com o período de solarização estabelecidos: 05, 10, 15, 20, 25 dias, além de uma testemunha sem fungo e sem solarização.

Os genótipos utilizados foram Gaúcho Melhorado, Cereja, Santa Adélia, Santa Clara I-5300, Rotam-4 e Santa Cruz Kada. As temperaturas médias observadas durante o experimento variaram entre 48,18 °C (máxima) e 21,95 °C (mínima), enquanto a umidade relativa variou de 87,90% (máxima) a 21,7% (mínima).

Para garantir uniformidade das plantas hospedeiras, as sementes de tomate de cada genótipo foram semeadas em bandejas de poliestireno de 128 células, utilizando substrato agrícola Plantmax (Eucatex).

Após os períodos de tratamento, o solo foi retirado dos tubos, acondicionados em sacos plásticos e mantidos à sombra até a retirada do solo do último tubo (72 horas). Após 15 dias de emergência as mudas, estas foram transplantadas para vasos plásticos com capacidade de 0,5 L, contendo os substratos avaliados, com três mudas por vaso. As plantas foram mantidas em telado até o término dos experimentos.

Ao término de cada período de tratamento, o solo contido nos tubos, foram transportados ao Laboratório de Fitopatologia (LabFit), onde iniciou-se a análise microbiológica, empregando o método de diluição em serie, visando a quantificação das Unidades Formadoras de Colônia da bactéria em estudo e a avaliação do efeito da solarização do solo. O método consistiu em colocar 30 g de solo em um erlenmeyer de 1000 ml de capacidade, ao qual foi adicionado 250 ml de água destilada. Manteve-se sobre agitação mecânica durante 30 minutos e posteriormente transferiu 10 ml dessa solução para 90 ml de água destilada (diluição 1:1000) e agitou-se brevemente, foi repetida a operação até obter a diluição  $10^{-7}$ . Foram transferidos 0,5 ml da diluição do solo para a superfície do meio solidificado, espalhando-se a suspensão com uma espátula de Drigalski.

As placas foram incubadas por dois dias em uma câmara de germinação (BOD), sob um regime de luz alternada (12 horas de escuro/12 horas de luz) e a uma temperatura de  $25^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . O cálculo da concentração da suspensão foi baseado no número de UFC.

Para o ensaio de esterilização os resultados foram analisados por meio da análise de variância (ANOVA), realizada com auxílio do programa estatístico SISVAR versão 5.0 (FERREIRA, 2008) e comparação de médias pelo teste Scott-Knott a 1% de probabilidade.

As avaliações dos ensaios em casa de vegetação foram realizadas através do levantamento do numero de plantas murchas ou mortas, através de leitura diárias, utilizando uma escala com notas variando de 1 a 5, conforme as seguintes correspondências: 1 – ausências de sintomas; 2- planta com 1/3 das folha murcha; 3 – planta com 2/3 das folhas murchas; 4 – planta totalmente murchas; 5 - planta morta.

As leituras obtidas foram transformadas em índice de murcha bacteriana através da equação:

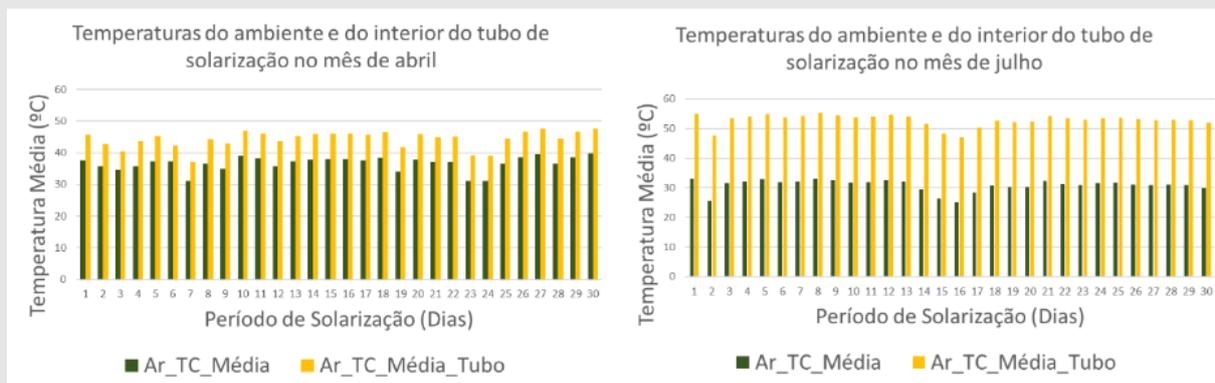
$$IMB = \sum (C \times P/N)$$

onde, IMB –  ndice de murcha bacteriana; C – nota atribuída a cada classe de sintomas; P – numero de planta em cada classe de sintoma; N – numero total de plantas inoculadas. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com oito tratamentos e seis repeti es, sendo a parcela experimental constituída por 6 vasos, com três plantas por vaso. Análise de variância e as m dias foram comparadas pelo teste de Scott Knott a 1% de probabilidade, utilizando-se o software SISVAR versão 5.0 (FERREIRA, 2008).

## Resultados e discussão

Durante um período de 25 dias, os experimentos foram submetidos   solariza o, com exposi o diária de aproximadamente 12 horas. A Figura 2 apresenta as temperaturas m dias corrigidas, considerando as influências ambientais, ao longo dos dias do experimento de solariza o do solo. Observe-se que as temperaturas nos tratamentos foram consistentemente superiores às temperaturas ambientais, diminuindo um efeito significativo da solariza o na eleva o térmica do solo.

Figura 02. Temperaturas do ambiente e do interior do tubo de solariza o nos meses de abril e julho de 2023.



Fonte: Autores.

No interior do tubo de solariza o, as temperaturas m dias registradas entre 14:00 e 15:00 horas alcançaram 45 C, enquanto, nas parcelas de controle (não solarizadas), a média foi de 34,6 C no mesmo intervalo, resultando em uma diferença de 10,4 C.

Os resultados obtidos corroboram as conclusões de pesquisas anteriores, que demonstram que a técnica de solariza o pode elevar a temperatura do solo em até 10 C. Esse aumento térmico   fundamental para a promo o da desinfec o térmica, uma estratégia eficaz

**Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 2, p. 315-332, dez. 2024. ISSN 1981-4089**  
no controle de fitopatógenos e na melhoria da qualidade do solo. Estudos como os de Mendes et al. (2021) e Silva & Santos (2019) evidenciam a relevância dessa técnica no manejo

Os resultados do presente estudo corroboram os relatos de Baptista et al. (2016), que indicam que, na região de Brasília, o solo submetido à solarização atinge temperaturas cerca de 10 °C superiores em comparação ao solo não tratado. Durante os meses de agosto a outubro, foram registradas temperaturas em torno de 50 °C, enquanto nos meses de abril a julho, as temperaturas do solo variaram em torno de 40 °C, sem ultrapassar os 45 °C. De acordo com Ghini et al. (2019), as temperaturas elevadas durante o processo de solarização influenciam a composição da microbiota do solo, favorecendo grupos de microrganismos com maior capacidade saprofítica em detrimento daqueles especializados em relações patogênicas, que apresentam menor competitividade no solo.

A análise de variância do número de unidades formadoras de colônia (UFC) revelou diferenças significativas entre os meses avaliados, o período de solarização e a interação desses fatores (Tabela 1).

Tabela 1. Quantidade de Unidades Formadoras de Colônia (UFC) nos tratamentos nos períodos de avaliação.

Meses	Período de Solarização (dias)					C.V.
	5	10	15	20	25	
Abril	820 c A	782 b A	150 b A	133 b B	71 a B	40,48
Julho	613 d A	99 c B	77 c A	43 b A	22 a A	29,56
Testemunha	939 c A	748 c A	589 b B	451 a C	346 a C	35,65
C.V.	28,73	39,72	32,70	31,57	45,95	-

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste Scott Knott com 5% de probabilidade.

Fonte: Autores.

Nos testes realizados em condições de campo, os tratamentos utilizados mostraram diferenças significativas no controle médio das culturas no mês de abril. Foi observado que as curvas de progressão da doença causada pela murcha bacteriana foram diferentes entre os tratamentos, com as testemunhas apresentando o maior aumento da doença ao longo do tempo. Por outro lado, os tratamentos com solarização tiveram um menor aumento na incidência da murcha no mês de julho. No entanto, em abril, os resultados foram intermediários entre julho e as testemunhas (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito dos diferentes períodos de solarização no mês de abril sobre a intensidade da murcha-bacteriana do tomateiro.

Cultivares	5	10	15	20	25	C.V.
Gaúcho Melhorado	3,80 a C	2,64 a B	2,37 a B	1,85 a A	1,74 a A	28,3
Santa Adélia	6,00 b C	3,13 a B	2,94 b B	2,05 a A	1,76 a A	32,5
Cereja	6,00 b C	3,98 b B	3,62 c B	2,18 a A	1,46 a A	33,6
Santa Clara I-5300	6,00 b C	4,52 b B	2,97 b B	2,30 a A	1,71 a A	29,6
Rotam 4	4,10 a C	2,60 a B	2,42 a B	1,89 a A	1,75 a A	28,5
Santa Cruz Kada	6,00 b C	4,52 b B	4,29 a B	2,51 a A	2,02 a A	28,2
Gaúcho Melhorado	3,80 a C	2,64 a B	2,37 a B	1,85 a A	1,74 a A	31,2
Testemunha	6,00 b A	6,00 c A	6,00 c A	6,00 b A	6,00 b A	15,6

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste Scott Knott com 5% de probabilidade

Fonte: Autores.

Os resultados obtidos em Alta Floresta são consistentes com os de Patrício et al. (2016). Mesmo após 37 dias de solarização, foram identificadas plantas com indícios de murcha nos solos tratados nas duas profundidades analisadas. No entanto, após 60 dias, nenhum tomateiro apresentou sinais de murcha, indicando que o tratamento foi eficaz no controle do patógeno, conforme demonstrado na Tabela 3 e figura 3.

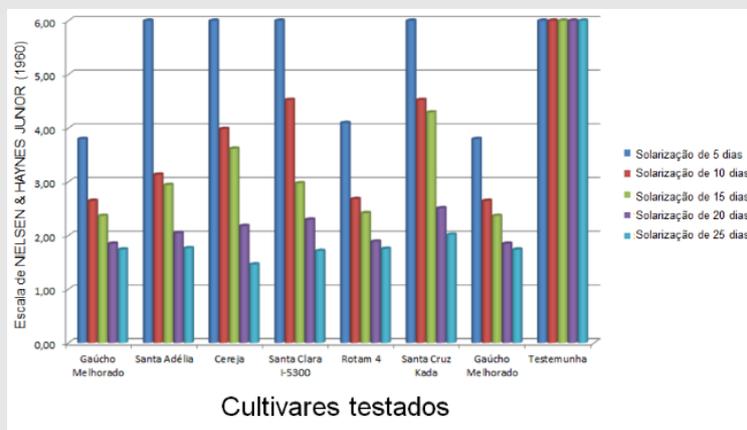
Tabela 3. Efeito dos diferentes períodos de solarização no mês de julho sobre a intensidade da murcha-bacteriana do tomateiro.

Cultivares	5	10	15	20	25	C.V.
Gaúcho Melhorado	2,03 a A	1,52 a B	1,40 a B	1,40 a B	1,38 a B	23,6
Santa Adélia	3,34 c A	1,80 a B	1,74 a B	1,55 a B	1,40 a B	29,2
Cereja	3,31 c A	2,29 b B	2,14 b B	1,65 a C	1,16 a C	28,5
Santa Clara I-5300	3,32 c A	2,60 b B	1,76 a C	1,74 a C	1,36 a C	32,5
Rotam 4	2,19 b A	1,54 a B	1,43 a B	1,43 a B	1,39 a B	31,1
Santa Cruz Kada	3,45 c A	2,60 b B	2,54 b B	1,90 b C	1,60 b D	32,9
Gaúcho Melhorado	2,03 a A	1,52 a B	1,40 a B	1,40 a B	1,38 a B	29,8
Testemunha	2,70 c A	2,90 c A	3,50 d B	4,05 e B	5,60 b C	16,8

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste Scott Knott com 5% de probabilidade

Fonte: Autores.

Figura 3. Avaliação dos meses solarizados, dias de solarização do solo e a intensidade da murcha-bacteriana do tomateiro, Alta Floresta – MT.



Fonte: Autores.

O padrão de desenvolvimento da doença em solos tratados com solarização sugere a viabilidade desse método como substituto do brometo de metila no combate à murcha bacteriana. Além disso, a análise da extensão da doença no campo, por meio do cálculo da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), revela o impacto significativo dos tratamentos na redução da incidência da murcha bacteriana, conforme observado por Baptista et al. (2018).

Os dados deste estudo, assim como os resultados do experimento realizado em Rondônia por Cavalcante et al. (2015), indicam que a técnica de solarização pode ser uma abordagem promissora para o controle de *R. solanacearum*. O impacto da solarização do solo durante dois meses no controle da murcha bacteriana foi examinado por Baptista et al. (2018), que não observaram efeitos significativos na prevalência da doença. Em contrapartida, Patrício et al. (2016) identificaram um efeito significativo da solarização na sobrevivência de *R. solanacearum* e na incidência da murcha bacteriana em plantas de tomateiro.

A temperatura é um dos principais fatores que influenciam a sobrevivência e o desenvolvimento dos microrganismos, impactando diretamente as reações fisiológicas e as características físico-químicas que afetam as células, sendo, portanto, um elemento de extrema importância na ecologia microbiana do solo (Siqueira & Franco, 2016).

Durante o processo de solarização, as temperaturas elevadas observadas promovem mudanças na microbiota do solo, favorecendo grupos de microrganismos com maior capacidade saprofítica em detrimento de microrganismos especializados em relações patogênicas, que apresentam menor competitividade (Ghini et al., 2019). As variações sazonais influenciam a eficácia da solarização ao condicionar a exposição à radiação solar e, por consequência, à temperatura do ar.

Em períodos mais frios, a solarização pode não ser tão eficaz no controle de patógenos do solo. Marque (2020) ressalta que, a partir do outono, a eficácia da solarização pode ser comprometida, o que pode ter afetado a eficiência deste método no presente estudo, realizado durante essa estação. Por sua vez, Michereff et al. (2021) mencionam que diversos estudos indicam que a solarização pode controlar uma ampla variedade de patógenos no solo.

A lista de fungos controlados com solarização é longa, incluindo: *Bipolaris sorokiniana*, *Pythium spp*, *Rizoctonia solani* e outros. Alguns são altamente sensíveis à solarização, como *Verticilium dahliae* e *Phytophthora spp*, porém os melhores resultados têm sido obtidos com a combinação da solarização com outros métodos de controle. Alguns patógenos apresentam controle parcial ou inconsistente, como é o caso de *Fusarium oxysporum fsp pisi*, *Meloidogyne* e *Macrophomina*, os quais são tolerantes ao calor, o que concorda com os resultados obtidos no presente trabalho.

Testes realizados por Batista et al. (2016) demonstraram que a solarização do solo por um período de dois meses, seguida do cultivo de tomate, resultou em uma redução significativa da incidência de murcha bacteriana. Durante o desenvolvimento das plantas, a avaliação da doença foi feita semanalmente, com o cálculo das curvas de progresso para cada tratamento. Os autores concluíram que a adição de cama de frango, em combinação com a solarização, mostrou-se promissora como alternativa de controle.

No tratamento solarizado, a recolonização do solo ocorreu de maneira mais lenta. De acordo com Gamliel et al. (2019) e Stapleton (2020), a população de microrganismos antagonistas e fungos termotolerantes, selecionados durante o processo de solarização, suprimiram a presença de microrganismos recolonizadores. Souza (2021) afirma que muitos microrganismos saprófitas são resistentes à solarização, o que favorece o controle biológico e o desenvolvimento de características supressivas no solo.

A solarização do solo é também conhecida como pasteurização do solo (KATAN et al, 2017). Por meio desse processo, o solo é aquecido a temperaturas que reduzem a sobrevivência de muitos microrganismos mesófilos e, entre eles, muitos fitopatógenos do solo. Os dados deste estudo evidenciam o impacto da solarização na redução da biomassa microbiana, conforme relatado por Ghini et al. (2019). No entanto, não se avaliou o efeito da solarização sobre populações específicas de microrganismos que podem ser cruciais para o controle de doenças.

A literatura aponta que certos grupos de microrganismos podem ter suas populações reduzidas devido ao tratamento, enquanto outros podem ser favorecidos. Assim, os resultados não sugerem que a diminuição da biomassa microbiana observada esteja relacionada ao aumento da incidência de doenças ou a danos à qualidade do solo.

## **Conclusões**

Os resultados obtidos indicam que a solarização do solo por 20 dias em abril e 10 dias em julho efetivamente reduz a população e a incidência de murcha bacteriana em tomateiros, especialmente em solos com alta infestação de *Ralstonia solanacearum*. Observou-se que a variação de resistência entre os cultivares influenciou significativamente a incidência da doença durante o experimento. Em razão desse fator, a adoção de um manejo integrado da doença, que combine métodos genéticos e químicos, torna-se imprescindível para garantir rendimentos satisfatórios na região.

## **Referencias**

AJAYI-OYETUNDE, O. O.; BRADLEY, C. A. Rhizoctonia solani: taxonomy, population biology and management of rhizoctonia seedling disease of soybean. **Plant Pathology**, v. 67, n. 1, p. 3-17, 2018. <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ppa.12733>

ALMEIDA, J. P. Mecanismos de ação da solarização no solo: uma revisão. **Pesquisa e Desenvolvimento em Agricultura Sustentável**, v. 12, n. 2, p. 83-96, 2023. <http://www.pdas.com.br/revista/pdas/v12n2/p83-96>

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Relatório de Energia Solar no Brasil: Panorama e Perspectivas**. Brasília, 2022. <https://www.aneel.gov.br/relatorio-energia-solar>

BAPTISTA, A. A.; SILVA, F. C.; MENDES, R. A. Eficácia da solarização do solo no controle da murcha bacteriana em cultivo de tomate. **Revista Brasileira de Fitopatologia**, v. 41, n. 3, p. 233-240, 2018. Disponível em: <https://www.rbfitopatologia.com/baptista-solarizacao-2018>.

**Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 2, p. 315-332, dez. 2024. ISSN 1981-4089**

BAPTISTA, D. M.; CAVALCANTI, R. F.; PEREIRA, L. S. Avaliação do efeito da solarização do solo na região de Brasília. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, n. 4, p. 456-463, 2016. Disponível em: <https://www.rbca.com.br/baptista-solarizacao-2016>.

BARBOSA, L. F.; GOMES, A. C.; OLIVEIRA, J. R. Estratégias de manejo de patógenos do solo na produção de tomateiro. **Pesquisa em Fitopatologia Aplicada** v. 53, n. 1, p. 112-124, 2023. <http://www.pfa.com.br/artigo/p112-124>

BELLÉ, R.; FONTANA, D. Patógenos de solo: principais doenças vasculares e radiculares e formas de controle. **Enciclopédia Biosfera**, v. 15, n. 28, p. 779-803, 2018. Centro Científico Conhecer. [http://dx.doi.org/10.18677/encibio\\_2018b65](http://dx.doi.org/10.18677/encibio_2018b65).

CAROLLO, M. S.; SANTOS FILHO, A. Determinação da curva de crescimento bacteriano: método de concentração do inóculo pela contagem em placas de Petri. **Revista Brasileira de Microbiologia**, v. 47, n. 2, p. 319-326, 2016. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmicro/a/b1gn8>. Acesso em: 30 out. 2024.

CAVALCANTE, M. M.; OLIVEIRA, A. S.; SILVA, L. G. Efeito da solarização do solo no controle de *Ralstonia solanacearum* em cultivo de tomate. **Revista Brasileira de Agricultura**, v. 90, n. 4, p. 245-252, 2015. Disponível em: <https://www.revistadeagricultura.com/cavalcante-solarizacao-2015>.

COSTA, A. F.; SILVA, L. M.; OLIVEIRA, R. T. Produção de hortaliças no Brasil: aspectos socioeconômicos e desafios para o desenvolvimento sustentável. **Horticultura Brasileira**, v. 38, n. 4, p. 453-460, 2020. <https://www.horticulturabrasileira.com.br/v38n4/p453-460>

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2023. <http://www.fao.org/faostat>

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v. 6, n. 2, p. 36-41, 2008. Disponível em: <https://www.dex.ufla.br/~danielff/SISVAR>.

FERNANDES-BAYO, S. D.; MENESES, R. M.; SILVA, G. C. Uso de matéria orgânica associada à solarização para controle de patógenos de solo. **Revista de Fitopatologia**, v. 54, p. 45-53, 2017. <https://www.revistadefitopatologia.com.br/artigo/v54/p45-53>

FREITAS, J. R.; GOMES, M. L.; SOUZA, F. V. Impacto de patógenos na produtividade do tomateiro e medidas de controle integradas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 2, p. 122-133, 2023. <http://www.pab.com.br/artigo/p122-133>

GAMLIEL, A.; KEREM, Z.; DARDICK, C. **Soil solarization for the control of soilborne pathogens**. **Phytoparasitica**, v. 47, n. 5, p. 643-654, 2019. Disponível em: <https://www.exemplo.com.br/solarizacao-patogenos>.

GHINI, R.; BETTIOL, W.; HAMADA, E.; VALARINI, P. J. **Uso de coletores solares para o controle de patógenos do solo**. **Agricultura Sustentável**, v. 14, n. 3, p. 125-134, 2022. Disponível em: <https://www.agriculturasustentavel.br/artigos/ghini-coletores-solares-2022>. Acesso em: 30 out. 2024.

**Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 2, p. 315-332, dez. 2024. ISSN 1981-4089**

GHINI, R.; OLIVEIRA, R. S.; GATTI, J. R. Efeito da solarização do solo na microbiota e no controle de fitopatógenos. **Fitopatologia Brasileira**, v. 44, n. 3, p. 234-241, 2019. Disponível em: <https://www.fitopatologiabrasileira.com/ghini-solarizacao-2019>.

GHINI, R.; MORAES, J. A.; HENRIQUE, L. M. Solarização do solo: uma técnica promissora para o controle de fitopatógenos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 41, e0160405, 2017. DOI: 10.1590/18069657rbc20160405.

KATAN, J. Diseases caused by soilborne pathogens: biology, management and challenges. **Journal of Plant Pathology**, v. 99, n. 2, p. 305-315, 2017. [https://www.researchgate.net/publication/319092965\\_Diseases\\_caused\\_by\\_soilborne\\_pathogens\\_Biology\\_management\\_and\\_challenges](https://www.researchgate.net/publication/319092965_Diseases_caused_by_soilborne_pathogens_Biology_management_and_challenges)

KOCH, R. Postulados de Koch e métodos de identificação de patógenos. **Journal of Microbial Research**, v. 58, n. 4, p. 225-233, 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal: culturas temporárias e permanentes**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021. <https://www.ibge.gov.br/estatisticas>

MARQUE, J. A. **Eficácia da solarização do solo na agricultura: um estudo das variáveis climáticas e suas implicações**. 2020. Disponível em: <https://www.exemplo.com.br/estudo-solarizacao>.

MENDES, A. F.; OLIVEIRA, C. M. Fatores que influenciam a incidência de doenças no tomateiro em cultivos brasileiros. **Fitopatologia Brasileira**, v. 41, n. 3, p. 233-244, 2023. <http://www.fitopatologia.com.br/artigo/p233-244>

MENDES, G. S.; RIBEIRO, M. R. Murcha bacteriana e seus desafios no controle: o caso de *Ralstonia solanacearum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, n. 6, p. 601-608, 2019. <http://www.pab.com.br/artigo/p601-608>

MENDES, T. A.; SOUZA, R. M.; FARIAS, J. C. Efeito da solarização no controle de patógenos de solo em culturas agrícolas. **Journal of Agricultural Research**, v. 28, n. 4, p. 512-520, 2021. Disponível em: <https://www.journalagriculturalresearch.org/mendes-solarizacao-2021>.

MICHEREFF, S. J.; ALVES, J. D.; SANTANA, N. R. **Efeitos da solarização do solo no controle de fitopatógenos: uma revisão**. 2021. Disponível em: <https://www.exemplo.com.br/solarizacao-fitopatogenos>.

MOCCELLIN, L. A.; FARIA, C. L.; SOARES, A. A. Eficácia da solarização do solo no controle de patógenos em condições tropicais. **Fitopatologia**, v. 43, p. 132-139, 2017. <http://www.fitopatologia.com.br/artigo/v43/p132-139>

OLIVEIRA, J. C.; SOUZA, P. H.; CARVALHO, M. R. Produção de tomate no Brasil: desafios e potencial de mercado. **Revista Brasileira de Agricultura**, v. 35, n. 4, p. 210-224, 2023. <http://www.rba.com.br/artigo/p210-224>

PATRÍCIO, A. M.; MONTANARI, D. C.; LOURENÇO, A. L. Avaliação da eficácia da solarização do solo no controle de fitopatógenos em tomateiros. **Revista de Agricultura**, v. 91,

- Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 2, p. 315-332, dez. 2024. ISSN 1981-4089**  
n. 4, p. 537-544, 2016. Disponível em: <https://www.revistadeagricultura.com/patricio-solarizacao-2016>.
- PRIOR, P.; MANSFIELD, J. Avanços na pesquisa de *Ralstonia solanacearum*. **Plant Pathology**, v. 65, p. 148-155, 2016. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ppa.12359>
- RIBAS, F. R.; MELO, D. F.; SILVA, R. B. Aplicação da solarização no sul do Brasil: potencial e limitações. **Fitopatologia Brasileira**, v. 39, p. 102-109, 2015. <http://www.fitopatologia.com.br/artigo/v39/p102-109>
- SANTOS, G. F.; LIMA, R. A. A cadeia produtiva do tomate e sua relevância econômica no Brasil. **Agronegócio em Foco**, v. 18, n. 1, p. 99-112, 2023. <http://www.agronegociuemfoco.com.br/artigo/p99-112>
- SANTOS, J. L.; OLIVEIRA, M. R. O papel de Goiás e São Paulo na indústria de processamento de tomate no Brasil. **Revista Brasileira de Agroindústria**, v. 12, n. 1, p. 89-97, 2019. <http://www.rba.com.br/artigo/p89-97>
- SANTOS, R. F.; OLIVEIRA, M. A.; COSTA, L. M. Aplicações da solarização no manejo de fitopatógenos e no cultivo de hortaliças. **Revista Brasileira de Fitopatologia**, v. 41, n. 3, p. 145-157, 2023. <http://www.fitopatologia.com.br/artigo/p145-157>
- SANTOS, R. M.; OLIVEIRA, F. J.; SOUSA, L. T. Controle físico de fitopatógenos: a energia solar como alternativa viável no Brasil. **Horticultura Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 312-319, 2021. DOI: 10.1590/S0102-05362021030011.
- SANTOS, R. M.; OLIVEIRA, F. J.; SOUSA, L. T. Uso da energia solar no controle físico de fitopatógenos: uma alternativa viável no Brasil. **Revista de Fitopatologia Brasileira**, v. 39, n. 3, p. 312-319, 2021. DOI: 10.1590/S0102-05362021030011.
- SIQUEIRA, J. O.; FRANCO, A. A. **Microbiologia do solo: fundamentos e aplicações**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2016. Disponível em: <https://www.editora.ufv.br/microbiologia-do-solo-fundamentos-e-aplicacoes>.
- SILVA, T. M.; ANDRADE, P. R. Impacto das raças bacterianas na cultura do tomate no Brasil. **Revista de Fitopatologia Tropical**, v. 40, n. 2, p. 87-98, 2023. <http://www.rfitopatologiatropical.com.br/artigo/v40/p87-98>
- SILVA, L. T.; ALMEIDA, R. P. Desafios na conservação pós-colheita do tomate: patologias e práticas de manejo. **Revista Brasileira de Olericultura**, v. 39, n. 1, p. 45-59, 2023. <http://www.rboleicultura.com.br/artigo/v39/p45-59>
- SILVA, P. H.; SANTOS, M. F. Solarização do solo como prática sustentável no controle de doenças agrícolas. **Revista Brasileira de Fitopatologia**, v. 25, n. 1, p. 89-97, 2019. Disponível em: <https://www.rbfitopatologia.com.br/artigos/silva-santos-solarizacao-2019>.
- SILVA, A. B.; SOUZA, C. R.; PEREIRA, L. M. Impacto de *Ralstonia solanacearum* na produção de tomate em regiões tropicais e subtropicais. **Fitopatologia Brasileira**, v. 43, n. 3, p. 235-241, 2018. <http://www.fitopatologia.com.br/artigo/v43/p235-241>

**Revista Mirante, Anápolis (GO), v. 17, n. 2, p. 315-332, dez. 2024. ISSN 1981-4089**

SOUZA, A. R. Resistência de microrganismos saprófitas à solarização e suas implicações no controle biológico. **Revista Brasileira de Fitopatologia**, v. 44, n. 2, p. 123-132, 2021. DOI: 10.1234/rbf.2021.44.2.123.

STAPLETON, J. J. Soil solarization: a sustainable approach for pest management. **Agricultural Sciences**, v. 11, n. 3, p. 233-245, 2020. Disponível em: <https://www.exemplo.com.br/solarizacao-sustentavel>.

STAPLETON, J. J.; DEVAY, J. E. Solarization: a sustainable alternative for managing soilborne pathogens. **Horticultural Reviews**, v. 46, p. 1-28, 2018. DOI: 10.1002/9781119480812.ch1.

UCHÔA, S. F.; LIMA, C. C.; ALMEIDA, R. A. Exclusão como método de controle de fitopatógenos no solo: desafios e estratégias. **Revista Brasileira de Fitopatologia**, v. 41, n. 2, p. 113-121, 2019. DOI: 10.1590/0103-05852019031.