

# APLICAÇÃO E DESCRIÇÃO DOS EFEITOS DA SOLARIZAÇÃO NO COMBATE DO PATÓGENO *Ralstonia solanacearum* EM PLANTAÇÕES DE *Solanum lycopersicum*

Data de aceite: 01/03/2023

### Fabieli Debona

Universidade Federal da Fronteira Sul,  
campus de Realeza, curso de Ciências  
Biológicas  
Realeza - Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/2647661358462804>

### Gilza Maria de Souza Franco

Universidade Federal da Fronteira Sul,  
campus de Realeza  
Realeza - Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/8698774652276155>

### Izabel Aparecida Soares

Universidade Federal da Fronteira Sul,  
campus de Realeza  
Realeza - Paraná  
<http://lattes.cnpq.br/8698774652276155>

**RESUMO:** As plantações de tomate são de grande importância econômica para todos os países, com favorecimento das produções orgânicas nos últimos anos. No cenário agrícola é uma cultura que apresenta ataques por diferentes patógenos, o que inclui a bactéria *Ralstonia solanacearum*, um microorganismo de difícil controle, devido às propriedades fisiológicas e amplo espectro de infectabilidade a diferentes hospedeiros. Apesar da dificuldade de

controle desta bactéria, algumas técnicas podem auxiliar na redução da população do patógeno no solo, sendo a solarização uma delas. Assim, o objetivo dessa pesquisa foi aplicar e descrever os efeitos da solarização em solo naturalmente infestado por *Ralstonia solanacearum*. A identificação da bactéria foi realizada através do teste do copo, eficaz pois indica a presença da doença e do patógeno. A solarização com plástico preto, foi realizada em quatro áreas de 4x4 metros cada, durante 30 e 60 dias, para posterior plantio de 20 mudas em cada e observação da eficácia do tratamento. Na área solarizada por 30 dias ainda houve a manifestação de sintomas da murcha bacteriana, indicando que possivelmente às temperaturas alcançadas não foram suficientes para controle da bactéria. Entretanto, na área de 60 dias, além do controle de *R. solanacearum*, notou-se o controle da doença Pinta Preta, causada pelo fungo *Alternaria solani*, além de ter favorecido um melhor desenvolvimento dos pés de tomate. Assim, possivelmente em associação a outras medidas de controle em sistema de manejo integrado haja o controle eficiente da doença.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tomate orgânico. Controle Biológico. Solarização.

## APPLICATION AND DESCRIPTION OF THE EFFECTS OF SOLARIZATION IN THE FIGHT OF THE PATHOGEN *Ralstonia solanacearum* IN PLANTATIONS OF *Solanum lycopersicum*

**ABSTRACT:** Tomato plantations are of great economic importance for all countries, favoring organic production in recent years. In the agricultural scenario, it is a culture that presents attacks by different pathogens, which includes the bacterium *Ralstonia solanacearum*, a microorganism that is difficult to control, due to its physiological properties and broad spectrum of infectability to different hosts. Despite the difficulty in controlling this bacterium, some techniques can help reduce the population of the pathogen in the soil, solarization being one of them. Thus, the objective of this research was to apply and describe the effects of solarization in soil naturally infested by *Ralstonia solanacearum*. The identification of the bacteria was carried out through the cup test, which is effective because it indicates the presence of the disease and the pathogen. Solarization with black plastic was carried out in four areas of 4x4 meters each, for 30 and 60 days, for later planting of 20 seedlings in each and observation of the effectiveness of the treatment. In the area solarized for 30 days there was still the manifestation of symptoms of bacterial wilt, indicating that possibly the temperatures reached were not sufficient to control the bacteria. However, in the 60-day area, in addition to the control of *R. solanacearum*, control of the Pinta Preta disease, caused by the fungus *Alternaria solani*, was observed, in addition to favoring a better development of tomato plants. Thus, possibly in association with other control measures in an integrated management system, there is an efficient control of the disease.

**KEYWORDS:** Organic tomato. Biological control. Solarization.

## 1 | INTRODUÇÃO

As plantações de tomate (*Solanum lycopersicum*) tem grande importância na economia mundial, sendo a segunda hortaliça mais plantada (COSTA, 2017), com produção anual de mais de 177 milhões de toneladas em 2016 e uma área de aproximadamente 4,8 milhões de hectares (FAOSTAT, 2020). No Brasil, a produção nacional de tomate foi estimada em 4,0 milhões de toneladas em 2021, com crescimento de 1,2% em relação ao último levantamento, que havia sido de 3,9 milhões de toneladas em 2020. A área plantada em 2021 foi estimada em 56.763 hectares, com aumento de 2,2% em comparação com o ano anterior, de 55.545 hectares (IBGE, 2021).

O estado do Paraná ocupa o 5º lugar no ranking dos estados brasileiros que mais produzem a cultivar, entre produção convencional e orgânica, ficando atrás de Goiás, São Paulo, Minas Gerais e Bahia, com a produção estimada ultrapassando 215.400 toneladas no mês de janeiro de 2021, aumento de 63,4% em relação ao mês anterior, contudo, ainda houve declínio de 12,9 % em relação ao que foi produzido em 2020 (IBGE, 2021). O Paraná é o líder nacional na produção de alimentos orgânicos com quase 4 mil produtores certificados e em processo de certificação. Estão cadastrados 3.502 produtores paranaenses, representando uma participação de 17,54% do número total do País,

com 3.363 unidades presentes em 177 municípios (PARANÁ, 2020). Em 2018, a região sudoeste do estado plantou 131 hectares e produziu 7.051 toneladas de tomate, enquanto a regional de Francisco Beltrão plantou 66 hectares, produzindo 3.344 toneladas (SEAB/DERAL, 2018).

O aumento da produção de tomates se deu em partes devido à procura do consumidor por alimentos mais saudáveis e com maior valor nutricional. Entretanto, levando em consideração que na produção convencional de tomates tem-se o uso de agrotóxicos, surge a preocupação com o consumo dessas substâncias, que tem favorecido a produção de tomate no sistema de manejo orgânico (PEREZ et al., 2016). Segundo Sediya e colaboradores (2014), o sistema orgânico é adotado principalmente por agricultores familiares, e sua utilização vem aumentando devido a necessidade de proteção da saúde dos produtores e consumidores, bem como a preservação do meio ambiente.

Entretanto, a produção é reduzida pelo ataque de patógenos, sendo as cultivares de tomate afetadas por mais de 100 doenças, que em condições normais de cultivo poucas ocorrem simultaneamente. A presença e a intensidade das doenças dependem de alguns fatores, entre eles, a resistência da variedade plantada, a população e virulência do patógeno e a condição ambiental prevalente (LOPES; REIS, 2011)

Dentre as bactérias fitopatogênicas, *R. solanacearum* foi listada como a segunda mais destrutiva, apresentando variedade na origem, uma ampla gama de hospedeiros e o comportamento patogênico (MANSFIELD et al., 2012). Causa a murcha bacteriana em mais de 250 espécies de plantas em 54 famílias botânicas diferentes, sendo a família Solanaceae mais suscetível (WICKER et al., 2007; PRIOR et al., 2016). Devido a essas características, foi classificada como um complexo de espécies por Denny (2006) e apesar da dificuldade em quantificar, Elphinstone (2005), estimou que seja responsável por perdas estimadas de US \$1 bilhão a cada ano em todo o mundo, somente nas plantações de batata.

A raiz é a principal porta de entrada do patógeno na planta hospedeira, através de ferimentos ou aberturas naturais, mas os sintomas se manifestam no caule e nas folhas, pela produção de exopolissacarídeos extracelulares viscosos no xilema, que afeta o fluxo de água total ou parcialmente, impedindo a chegada de água e nutrientes na parte aérea da planta (KABYASHREE et al., 2020). A manifestação dos sintomas ocorre em qualquer etapa do desenvolvimento da planta, sendo mais comum na formação dos primeiros frutos (LOPES; ROSSATO, 2013).

Os principais sintomas da doença são a murcha, necrose dos vasos (observado realizando uma secção transversal do caule da parte inferior de plantas afetadas) e nanismo da planta, e em alguns casos também pode ocorrer a formação de raízes adventícias na parte inferior do caule, reação da planta à falta de água nos órgãos aéreos (LOPES; ROSSATO, 2013). Além disso, também pode ocorrer necrose nas folhas basais ascendentes e nas lenhosas, por consequência da infecção vascular ALFENAS et al., 2006).

*Ralstonia solanacearum* é disseminada a longas distâncias por diversas vias, mas principalmente por meio de material vegetal contaminado comercializado para plantio, como mudas e caules, tendo a necessidade de garantir que as mudas sejam saudáveis. Quando se trata de contaminação em distâncias curtas, ou seja, entre ou dentro de propriedades agrícolas, a disseminação da doença ocorre pela utilização de água para irrigação contaminada pelo patógeno, utilização de ferramentas e equipamentos agrícolas em áreas contaminadas e posteriormente em áreas não contaminadas sem desinfecção, insetos polinizadores e outras ações antrópicas (MAFIA et al., 2012).

A classificação inicial proposta para esse gênero foi em raças, devido a capacidade de infectar diferentes plantas hospedeiras (BUDDENHAGEN et al., 1962), sendo cinco: a raça 1 está relacionada aos isolados patogênicos que infectam tomate, fumo (*Nicotianum tabacum* L.), berinjela (*Solanum melongena* L.), pimentão (*Capsicum annuum* L.) e espécies de outras famílias botânicas; A raça 2 infecta bananeiras triplóides e helicônias (HAYWARD, 1994). A raça 3 é patogênica ao tomate e batata, não afetando outras culturas (BUDDENHAGEN et al., 1962). A raça 4 ataca plantações de gengibre e a raça 5, é patogênica a amoreira (HAYWARD, 1994).

No Brasil, as plantações de tomate sofrem danos principalmente pelo ataque da raça 1 (biovars 1 e 3), referentes aos filotipos 2 e 1, respectivamente, da bactéria, embora hajam relatos também da raça 3 (biovar 2 e 2T), referente ao filotipo 2 (LOPES; ROSSATO, 2013).

A sobrevivência de *R. solanacearum* na água pode variar de semanas a anos, dependendo das condições bióticas e abióticas. Armazenada em água pura com temperatura de 20-25°C, pode sobreviver por mais de 40 anos. No solo úmido e com temperaturas mais quentes, o patógeno pode sobreviver por 2 anos, tendo esse período diminuído em solos secos (DENNY, 2006). Para sobreviver por um período maior na ausência de um hospedeiro verdadeiro, precisa colonizar o solo mais rico em nutrientes próximo às raízes ou infectar raízes de plantas que permanecem assintomáticas (COUTINHO, 2005).

Lopes e Rossato (2013) relatam que o controle de *R. solanacearum* é difícil devido à sua capacidade de infestação de diferentes hospedeiros, devendo ser utilizados métodos preventivos, aliando plantio de culturas resistentes e medidas culturais para evitar a entrada e disseminação do patógeno (LOPES; ROSSATO, 2013). Além dessas, outras medidas de prevenção envolvem evitar o plantio onde já haviam sido plantadas solanáceas e plantar em épocas frias do ano. Entretanto, a utilização de cultivares resistentes geneticamente pode não ser eficiente, devido às variações climáticas e variabilidade genética da bactéria (RIVARD et al., 2012). O controle químico não é efetivo nem economicamente viável no controle dessa doença (OLIVEIRA et al., 1999).

Não existem cultivares com alta resistência a esse patógeno, mas a enxertia de cultivar comercial em cavalos resistentes tem dado bons resultados em locais onde a infestação não é muito elevada. A rotação de culturas e a solarização do solo auxiliam na

redução da população do patógeno no solo (LOPES; REIS, 2011).

A solarização vem sendo estudada como forma de controle de doenças causadas por fitopatógenos do solo. A técnica foi desenvolvida em Israel por Katan e colaboradores em 1976, para desinfestação de solos e substratos, consistindo na cobertura do solo úmido com plástico filme transparente durante as estações mais quentes antes do plantio (BAPTISTA et al., 2006; KATAN, 1981). Segundo Ghini e colaboradores (2003), a cobertura faz com que a temperatura do solo aumente em ciclos repetidos diariamente a temperaturas letais nas camadas superficiais e sub-letais nas camadas mais profundas de diversos fitopatógenos e plantas daninhas. As mudanças de temperatura também podem causar alterações biológicas, químicas e físicas, que frequentemente resultam em aumento da produtividade. Além disso, tem a vantagem de ser uma técnica simples, de baixo custo e que não envolve o uso de produtos químicos.

Em seu estudo, Ghini et al. (2003) encontraram melhorias em características físicas, químicas e biológicas, destacando-se o aumento da liberação de nitrogênio e aumento da supressividade, que favorecem o melhor desenvolvimento das plantas e a ação de microrganismos antagonistas, respectivamente. Além dos efeitos diretos do aumento da temperatura do solo, Baptista e colaboradores (2006), observaram que a ausência de plantas invasoras durante o período de cobertura do solo com plástico, diminui as chances de sobrevivência de *R. solanacearum*.

Assim, o objetivo deste trabalho foi aplicar a técnica de solarização e descrever seus efeitos no controle da *Ralstonia solanacearum* em em uma área que cultiva tomate orgânico na região sudoeste do Paraná.

## 2 | MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Local de estudo

A coleta dos caules foi realizada em uma propriedade produtora de tomates orgânicos no município de Barracão, sudoeste do Paraná, com coordenadas geográficas 26°15'08"S 53°36'49"W (Figura 1 e 2).

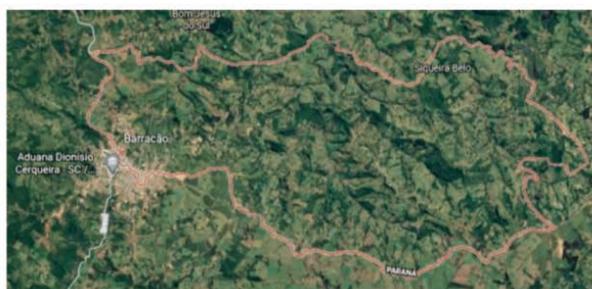


Figura 1. Localização do município de Barracão - PR.



Figura 2. Propriedade onde foi realizada a solarização do solo.

## 2.2 Identificação da presença de *Ralstonia solanacearum* através do teste do copo

Para confirmar que a murcha identificada nos tomateiros era causada por *R. solanacearum*, anteriormente ao início da solarização, foi realizado o teste do copo, cortando uma porção de aproximadamente 5 cm da parte mais inferior do caule da planta doente, colocando-a submersa em frasco transparente com água limpa e deixando suspensa utilizando um clipe metálico ou outro artifício. No caso de infestação por *Ralstonia solanacearum* na planta examinada, em alguns minutos notou-se a exsudação de um filete leitoso (líquido esbranquiçado com aspecto mais espesso que a água) saindo do tecido em direção ao fundo do copo (LOPES; ROSSATO, 2013).

Após a confirmação da presença do patógeno, as amostras foram envoltas em jornal e transportadas em uma caixa de isopor ao laboratório da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS, campus Realeza, para identificação bioquímica da bactéria.

## 2.3 Isolamento de *Ralstonia solanacearum*

Os segmentos do caule de pés que apresentaram resultado positivo no teste do copo, foram lavados com detergente sob água corrente, esfregando a superfície para remoção de partículas de solo e outras contaminações externas. Após limpos, foram secos em papel toalha e levados à câmara de fluxo laminar, para realizar a raspagem da parte externa do caule com bisturi esterilizado (flambado), a fim de remover microrganismos presentes superficialmente que não foram removidos na lavagem. Com auxílio de uma pinça estéril, a porção do caule foi embebida em álcool comercial e ligeiramente flambada.

Posteriormente, foi cortada uma porção de aproximadamente 0,5 a 1 cm de uma das extremidades do caule com bisturi estéril e colocada em tubo de ensaio de 15 x 150 mm, contendo 3 ml de água esterilizada, deixando em repouso de 5 a 15 minutos, até que água ficasse turva pela presença de células bacterianas. A porção do caule foi removida e com auxílio de uma alça de platina, aproximadamente 10  $\mu$ L da suspensão foram riscados

pelo método de estria composta, em placas de Petri contendo 10 ml de meio de Kelman (KELMAN, 1954). As placas foram armazenadas em câmara de crescimento a 28°C durante 48 horas. Após, às colônias isoladas foram repicadas para placa de Petri contendo meio de Kelman sem cloreto de trifênil tetrazólio e mantidas em meio de crescimento a 28°C durante 48 horas.

## 2.4 Solarização do solo

Para a realização da solarização, foi adaptada a metodologia descrita por Patrício et al. (2005). A solarização foi realizada na área onde foi coletado material para isolamento e identificação da bactéria. Todas as plantas e ervas foram removidas para posteriormente cobrir o solo infestado com plástico preto, cobrindo totalmente as áreas a serem solarizadas, enterrando às bordas para evitar ventilação e manter a temperatura interna. Uma parcela do mesmo tamanho foi mantida sem cobertura com plástico, como área controle. A temperatura do solo foi monitorada diariamente entre 12 de outubro e 10 de dezembro de 2021 nas horas mais quentes do dia, entre 14 e 15 horas, com termômetro digital, nas profundidades de 2 e 5 centímetros. Além disso, foi realizado monitoramento da temperatura ambiente no horário da checagem da temperatura do solo, com objetivo de observar qual era a variação de temperatura do solo nas duas profundidades em relação à temperatura ambiente.

A área solarizada por 30 dias foi chamada de área 1, a de 60 dias foi chamada de área 2, a área de controle foi chamada de área 3. Todas tinham medidas de 4 x 4 metros. Após o período de solarização, foi removido o plástico e plantadas em cada área 20 mudas de tomate da variedade Grazziani, com idade de 30 dias pós semeadura, observando a ocorrência de sintomas de murcha bacteriana durante o desenvolvimento das plantas. Após o crescimento das plantas, foi realizada análise visual da saúde das mesmas, observando a presença de outras doenças e desenvolvimento dos pés, comparando a área não solarizada e as áreas solarizadas.

A variedade utilizada é do tipo italiano, possui ciclo semiprecoce de 115 dias com variações dependendo das condições edafoclimáticas e condução do cultivo, apresenta crescimento indeterminado e produtividade média de 12 kg por planta (SILVEIRA, 2018).



Figura 3. Áreas solarizadas.



Figura 4. Plantio de mudas de tomate.

### 3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para confirmação da presença do patógeno da murcha bacteriana na área estudada, previamente selecionou-se as plantas com sintomas comumente encontrados na manifestação da doença, como murcha das folhas e escurecimento dos vasos. Sendo as plantas selecionadas submetidas ao teste do copo, conforme descrito em 1948 por Drummond-Gonçalves, fitopatologista do Instituto Biológico de São Paulo (BRITO, et al., 2020).



Figura 5. Pés de tomate com sintomas de murcha bacteriana.



Figura 6. Confirmação da presença do patógeno através do teste do copo.

Após confirmação da presença do patógeno, as amostras coletadas foram levadas para o laboratório da Universidade Federal da Fronteira Sul -UFFS, campus Realeza, para realização do isolamento da bactéria e identificação do biovar. Entretanto, ao colocar as amostras em câmara de crescimento, não houve crescimento das células bacterianas. Isso pode ter sido causado pela baixa concentração de células bacterianas nas amostras transferidas para o meio de crescimento. Além disso, durante a realização do experimento, houve pouca chuva, o que manteve o solo menos úmido, uma das condições necessárias para a multiplicação da bactéria.

Durante o período de solarização do solo, a temperatura ambiente média, entre os

dias 12 de outubro e 10 de dezembro, no horário entre as 14 e 15 horas, foi de 31,05 °C, sendo que o dia com temperatura mais elevada foi de 38,2 °C e a temperatura mais baixa, foi de 16,8 °C. Neste experimento, foram registradas temperaturas médias do solo nas parcelas solarizadas por 30 dias, nas profundidades de 2 e 5 cm, de 44,99 °C e 40,49 °C, respectivamente. Na parcela solarizada por 60 dias, nas profundidades de 2 e 5 cm, 50,98 °C e 45,96 °C, respectivamente. Na área controle, onde não foi realizada a cobertura do solo com plástico, a média de temperatura ao longo dos 60 dias, em profundidade de 2 e 5 cm, foi de 44,12 °C e 36,06 °C, respectivamente.

As temperaturas registradas no presente experimento em 5 cm de profundidade na área não solarizada e na área solarizada por 60 dias foram semelhantes às encontradas por Baptista e colaboradores em 2006 na mesma profundidade, que foram de 45 °C e 34,6°C, nas áreas solarizadas por 65 dias e não solarizadas, respectivamente.

Um dos fatores que mais afetam a sobrevivência e o crescimento dos microrganismos é a temperatura. Em doze estudos revisados por Kelman (1953) sobre efeito da temperatura no crescimento de *R. solanacearum*, a temperatura ótima de crescimento variou de 27 a 37°C; a temperatura máxima variou de 35 a 41°C e a temperatura letal variou de 45 a 55°C. De acordo com essa revisão, as temperaturas alcançadas nos solos solarizados são consideradas letais à bactéria até 5 cm de profundidade. Entretanto, segundo Baptista e colaboradores (2006), é necessário considerar que no solo a sobrevivência da bactéria envolve outras variantes, como a atividade de microrganismos competidores do solo e dinâmica de nutrientes, que dificultam a sobrevivência do patógeno em comparação com o meio de cultura.

Após o crescimento das mudas de tomate, notou-se a presença dos sintomas de murcha bacteriana em três pés da área 1 (solarizada por 30 dias), que levaram a morte das plantas. A confirmação da presença do patógeno foi feita novamente através do teste do copo.



Figura 7. Pés de tomate com sintoma de murcha bacteriana, após solarização por 30 dias.



Figura 8. Confirmação da presença do patógeno através do teste do copo, após solarização por 30 dias.

A média de temperaturas alcançadas na área solarizada por 30 dias foi 5,99 °C e 5,47 °C menor que na área solarizada por 60 dias, em 2 e 5 cm de profundidade, respectivamente. As maiores temperaturas registradas em 2 e 5 cm, na área 1 (30 dias), foram de 56 °C e 49 °C, enquanto que na área 2 (60 dias), às maiores temperaturas foram de 63,2 °C na profundidade de 2 cm, no dia 54 do experimento, e de 55,1 °C no dia 42, em 5 cm de profundidade. Como é possível notar no gráfico abaixo, as temperaturas se mantêm mais constantemente elevadas a partir do 14º dia do experimento, o que pode ter gerado um tempo insuficiente para o controle do patógeno na parcela de 30 dias.

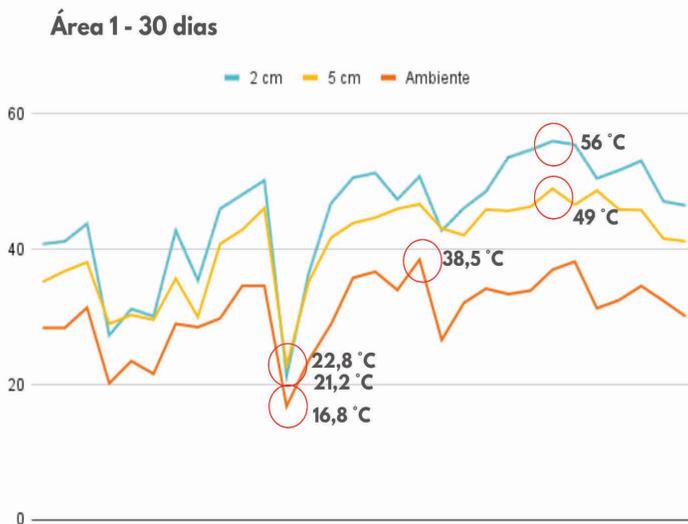


Figura 9 - Variação de temperatura na área 1 (30 dias). As temperaturas circuladas correspondem às mínimas e máximas em 2 cm, 5 cm e temperatura ambiente.

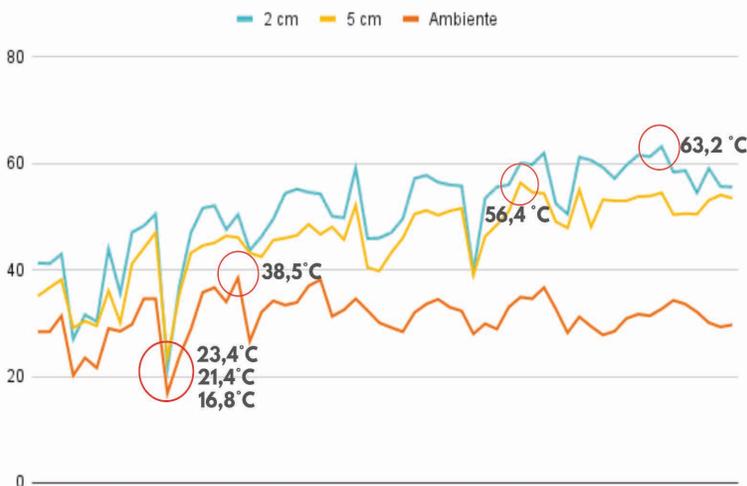


Figura 10 - Variação de temperatura na área 2 (60 dias). As temperaturas circuladas correspondem às mínimas e máximas em 2 cm, 5 cm e ambiente.

	2 cm	5 cm
Área 1 (30 dias)	44,99 °C	40,49°C
Área 2 (60 dias)	50,98 °C	45,96 °C
Controle	44,12 °C	36,6 °C

Figura 11 - Médias de temperaturas registradas em cada área, nas profundidades de 2 e 5 cm respectivamente.

A eficiência da técnica de solarização também pode ser comprometida porque o sistema radicular do tomateiro atinge até 1,25 m de profundidade, embora 70% se concentre entre 0 e 20 cm e 95% em até 50 cm de profundidade (FAO, 2002). Como a murcha bacteriana ocorre principalmente a partir do florescimento, se intensificando no período de crescimento dos frutos, quando a planta demanda de mais nutrientes, as raízes já podem ter alcançado as camadas de solo em que a bactéria se encontra viável.

Lima (2020) analisou, em solo naturalmente infestado por *R. solanacearum*, a eficácia da solarização, enxertia e do controle biológico com *Bacillus subtilis*, de forma isolada e as combinações entre esses controles, de dois a dois e posteriormente, associando os três tipos de controle. Ao analisar a redução proporcional na incidência da murcha bacteriana em relação à parcela não tratada, a adoção de três componentes de manejo, resultou na redução de 45% do índice de doença detectada na parcela controle. A aplicação de dois componentes de manejo, resultou em redução de 25% no índice da doença. Já a utilização dos tratamentos isoladamente, reduziu o índice de doença em 12%, 21% e 25%, respectivamente. Portanto, pode ser necessária a associação de mais técnicas de controle biológico de forma associada com a solarização para o efetivo controle da doença.

Embora na área solarizada pelo período de 30 dias, ainda houvesse manifestação de sintomas e verificação da presença do patógeno, houve notável diferença no desenvolvimento dos pés e na saúde das folhas e frutos, quando feita a análise visual e comparação da área controle para as áreas solarizadas. Na área onde não se realizou a solarização, apesar de não ter havido manifestação dos sintomas da murcha bacteriana, os pés de tomate apresentaram a doença pinta-preta bem como menor desenvolvimento das plantas.

No Brasil, a pinta-preta em tomateiro tem como agente etiológico fungos de solo do gênero *Alternaria*, entre eles *Alternaria solani*, *Alternaria tomatophila* e *Alternaria cretica*, com ocorrência registrada em praticamente todas as regiões onde o tomateiro é cultivado, sendo observado nas folhas lesões necróticas de coloração marrom escura a preta, com bordos bem definidos, podendo ser mais ou menos circulares, elípticas ou irregulares e apresentar halo amarelado. Quando as manchas atingem as nervuras, impedem a circulação de seiva pelos tecidos. A diminuição da área foliar também expõe os frutos a queimaduras pelo sol, tornando-os impróprios para a comercialização (PEREIRA; CARVALHO; PINHEIRO, 2013).

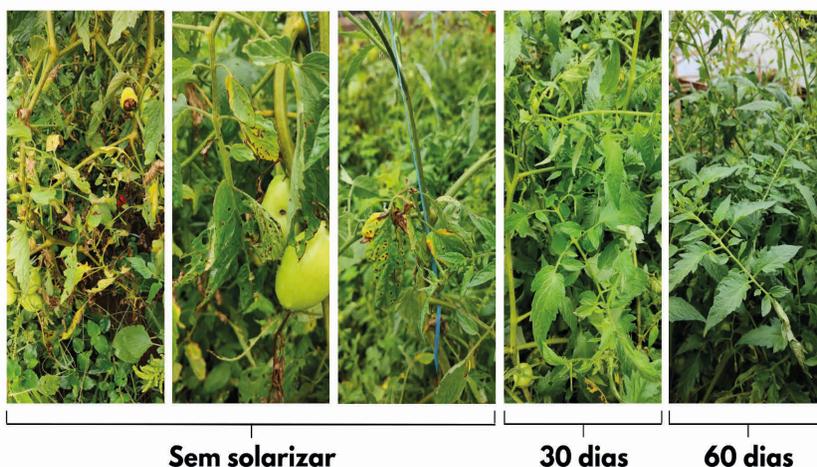


Figura 10: Comparação do desenvolvimento dos pés de tomate nas áreas solarizadas em relação à área não solarizada. Na área não solarizada notam-se danos nas folhas e frutos causados pela Pinta-Preta, doença causada por fungos do gênero *Alternaria*.

Ghini e colaboradores (2003), realizaram quatro experimentos com a solarização do solo em diferentes agroecossistemas, avaliando os efeitos em características físicas, químicas e biológicas. Obtiveram resultados positivos em todos os aspectos avaliados, como a redução da resistência à penetração, indução de supressividade, liberação de nutrientes, especialmente Nitrogênio, que podem contribuir para maior crescimento

de plantas, controle de patógenos veiculados pelo solo e, conseqüentemente, maior produtividade. Além disso, a solarização pode alterar a comunidade microbiana do solo em favor dos microrganismos antagonistas, que normalmente são mais tolerantes ao calor do que os fitopatógenos. A mudança na microbiota do solo em favor de antagonistas aumenta a eficiência do controle já que o enfraquecimento dos propágulos dos patógenos pelas temperaturas subletais é seguido pelo ataque dos antagonistas.

Baptista e colaboradores (2006), observaram que os efeitos da solarização do solo no controle de murcha bacteriana, além da ação direta do calor e dos efeitos na microbiota do solo, podem ocorrer também pela ausência de crescimento de plantas invasoras sob o plástico durante o período da solarização do solo. Isso se deve ao fato de que na ausência do hospedeiro, a bactéria *Ralstonia solanacearum* coloniza raízes de outras plantas. Sem o crescimento dessas plantas, o patógeno encontra dificuldades em se multiplicar e sobreviver.

Lima (2020), em seu estudo também encontrou que a solarização pode auxiliar no controle de *R. solanacearum* de outras formas além da redução da incidência da bactéria no solo, como a diminuição da presença de outros fitopatógenos nas camadas mais superficiais, bem como a maior ação de microrganismos antagonistas.

## 4 | CONCLUSÃO

A presença do patógeno *Ralstonia solanacearum* foi detectada por meio do teste do copo. Das plantas detectadas tentou-se isolamento bacteriano, porém o processo foi inviabilizado provavelmente pela quantidade reduzida do patógeno nas amostras. Quanto à solarização, na área não solarizada e na área solarizada por 60 dias não houve manifestação de sintomas. No entanto, houve uma significativa melhora no desenvolvimento das plantas da área de 60 dias, quando realizada a comparação com as demais áreas. O período de 30 dias não atingiu o controle de 100% da doença, entretanto, esse método foi eficaz no controle de outras doenças, como a Pinta Preta, além de ter favorecido um melhor desenvolvimento dos pés de tomate. Assim, possivelmente em associação a outras medidas de controle, como enxertia e rotação de culturas, haja o controle eficiente da doença.

## REFERÊNCIAS

ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G.; SARTÓRIO, R. C.; BINOTI, D. H. B.; SILVA, R. R.; LAU, D.; VANETTI, C. A. *Ralstonia solanacearum* em viveiros clonais de eucalipto no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, 31: 357–366. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-41582006000400005>

BEDENDO, I. P. Bactérias Fitopatogênicas. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; FILHO, A. B. **Manual de Fitopatologia**. v.1 Princípios e conceitos. Ed. Agronômica Ceres Ltda, São Paulo, 2011.

BRITO, T. S.; ZANACHI, L. D.; PAN, R.; KUHN, O. J. *Ralstonia* spp.: Técnicas de Isolamento, Cultivo e Inoculação. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, v. 17, n. 1, p. 77-83, ago. de 2020.

BUDDENHAGEN, I.W., SEQUEIRA, L. & KELMAN, A. Designation of races of *Pseudomonas solanacearum*. **Phytopathology**. St Paul, v. 52, n. 7. p. 726, 1962.

CHELEMI, D.O. & OLSON, S.M. Effects of soil solarization and fumigation on survival of soilborne pathogens of tomato in Northern Florida. **Plant Disease** 78:1167-1172. 1994.

COSTA, K. D. S. **Controle genético da resistência do tomateiro ‘Yoshimatsu’ a *Ralstonia pseudosolanacearum* e a *Ralstonia solanacearum***. Recife: Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2017. (Tese de doutorado).

COUTINHO, T. A. Introduction and prospectus of the survival of *R. solanacearum*. In: ALLEN, C.; PRIOR, P.; HAYWARD, A. C. (Eds.), **Bacterial Wilt Disease and the *Ralstonia solanacearum* Species Complex** (pp. 29-38). St. Paul, MN: APS Press. 2005.

DENNY, T. Plant pathogenic *Ralstonia* species. In: Gnanamanickam, S.S. (eds) **Plant-Associated Bacteria**. Springer, Dordrecht. p.573-644, 2006.

ELPHINSTONE, J.G. The current bacterial wilt situation: a global overview. In: ALLEN, C.; PRIOR, P.; HAYWARD, A. C. **Bacterial Wilt Disease and the *Ralstonia solanacearum* Species Complex** (eds), p. 9–28. St Paul, MN: APS Press. 2005.

FAO. **El cultivo protegido en clima mediterráneo**. Estudios FAO: Producción y protección vegetal. Roma. Organización de las naciones unidas para la Agricultura e la Alimentacion. 2002.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistic. 2020.

FEGAN, M.; PRIOR, P. How complex is the “*Ralstonia solanacearum* species complex”? In: ALLEN, C.; PRIOR, P.; HAYWARD, A. C. (Ed.). **Bacterial Wilt Disease and the *Ralstonia solanacearum* Species Complex**. Saint Paul: APS Press, 2005. p. 449-461.

GHINI, R.; PATRICIO, F. R. A.; SOUZA, M. D.; SINIGAGLIA, C.; BARROS, B. C.; LOPES, M. E. B. M.; TESSARIOLI NETO, J.; CANTARELA, H. Efeito da solarização sobre propriedades físicas, químicas e biológicas de solos. **Revista Brasileira de Ciência do solo** 27: 71-79. 2003. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832003000100008>

HAYWARD, A. C. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. **Annual Review of Phytopathology** 29:65-87, 1991. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.py.29.090191.000433>

HAYWARD, A. C. The hosts of *Pseudomonas solanacearum*. In: HAYWARD, A. C.; HARTMAN, G. L. (Eds.). **Bacterial wilt: the disease and its causative agent, *Pseudomonas solanacearum***. Wallingford: CAB International. p.9-24, 1994.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**: Estatística da Produção Agrícola. Jan. 2021.

KABYASHREE, K.; KUMAR, R.; SEN, P.; SATAPATHY, S. S.; RAY, S. K.. *Ralstonia solanacearum* preferential colonization in the shoot apical meristem explains its pathogenicity pattern in tomato seedlings. **Plant Pathology**, [S.L.], v. 69, n. 7, p. 1347-1356, 3 jun. 2020. DOI: <https://bsppjournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ppa.13220>

KATAN, J. Solar heating (solarization) of soil for control of soilborne pests. **Annual Review of Phytopathology** 19: 211-36. 1981. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.py.19.090181.001235>

KELMAN, A. The bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*: a literature review and bibliography. **Technical Bulletin 99, North Carolina Agricultural Experiment Station**. 1953

KHOKHANI, D.; LOWE-POWER, T. M.; TRAN, T. M.; ALLEN, C.. A Single Regulator Mediates Strategic Switching between Attachment/Spread and Growth/Virulence in the Plant Pathogen *Ralstonia solanacearum*. **American Society For Microbiology**, [S.L.], v. 8, n. 5, p. 1-20, out. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1128/mBio.00895-17>

LIMA, V. G. **Viabilidade e Práticas de Manejo de Doenças para Produção Familiar Integrada de Tomate por Agricultores de Vilhena, RO: solarização, enxertia e bacilos no controle da murcha bacteriana**. 2020. 95 f. Tese (Doutorado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Unesp, Ilha Solteira, 2020.

LOPES, C. A.; REIS, A. Doenças do tomateiro cultivado em ambiente protegido. Circular Técnica n. 100, Brasília: **Embrapa**. Dez. de 2011.

LOPES, A. L.; ROSSATO, M. Diagnóstico de *Ralstonia solanacearum* em tomateiros. Comunicado Técnico n. 92, Brasília: **Embrapa**. Abr. de 2013.

MAFIA, R. G.; ALFENAS, A. C.; PENCHEL FILHO, R. M.; FERREIRA, M. A.; ALFENAS, R. F.. Murcha-bacteriana: Disseminação do patógeno e efeitos da doença sobre a clonagem do eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 36, n. 4, p. 593-612, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000400002>

MANSFIELD, J.; GENIN, S.; MAGORI, S.; CITOVSKY, V.; SRIARIYANUM, M.; RONALD, P.; DOW, M.; VERDIER, V.; BEER, S. V.; MACHADO, M. A. Top 10 plant pathogenic bacteria in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, [S.L.], v. 13, n. 6, p. 614-629, 5 jun. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2012.00804.x>

OLIVEIRA, W. F.; GIORDANO, L. B.; LOPES, C. A. Herança da resistência em tomateiro à murcha bacteriana. **Fitopatologia Brasileira**, v.24, p.49-53. 1999.

PARANÁ - SECRETARIA DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Procura por orgânicos cresce com a pandemia**. Curitiba. Ago., 2020.

PATRÍCIO, F. R. A.; ALMEIDA, I. M. G.; SANTOS, A. S.; CABRAL, O.; T. NETO, J.; SINIGAGLIA, C.; BERIAM, L. O. S.; R. NETO, J. Avaliação da Solarização do Solo para o Controle de *Ralstonia solanacearum*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 5, p. 475-481, out. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-41582005000500003>

PEREIRA, R. B.; CARVALHO, A. D. F.; PINHEIRO, J.; B. Manejo da pinta preta: uma ameaça às lavouras de tomateiro a céu aberto. Comunicado Técnico n. 95, Brasília: **Embrapa**. Abr. de 2013.

PEREZ, L. S.; FUENTES, J. A. G.; CARRILLO, M. G.; IBARRA, E. S.; TERRAZAS, S. P. RANGEL, P. P. Calidad biofísico y nutraceutico de frutos de tomate producido com substratos orgânicos. **Nova Scientia**. V.8, n.17, 2016.

PRIOR, P.; AILLOUD, F.; DALSING, B. L.; REMENANT, B.; SANCHEZ, B.; ALLEN, C.. Genomic and proteomic evidence supporting the division of the plant pathogen *Ralstonia solanacearum* into three species. **Bmc Genomics**, [S.L.], v. 17, n. 1, p. 2-11, 1 fev. 2016. Springer Science and Business Media LLC. DOI: 10.1186/s12864-016-2413-z

RIVARD, C. L.; O'CONNELL S; PEET, M. M.; WELKER, R.M.; LOUWS, F. J. Grafting tomato to manage bacterial wilt caused by *Ralstonia solanacearum* in the southeastern United States. **Plant Disease**. V.96, p.973-978, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-12-10-0877>

REIFSCHNEIDER, F. J. B.; TAKATSU, A. *Pseudomonas solanacearum* no Brasil - aspectos macroepidemiológicos. **Fitopatologia Brasileira (Supl.)**10:213. 1985.

SEAB, Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento/DERAL, Departamento de Economia Rural. **Levantamento da Produção Agropecuária 2018**.

SEAB, Secretaria de Estado da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento/DERAL, Departamento de Economia Rural. **Prognóstico Olericultura - Novembro de 2020**.

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, I. C.; LIMA, P. C. Cultivo de hortaliças no sistema orgânico. **Revista Ceres**, [S.L.], v. 61, n. , p. 829-837, dez. 2014. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737x201461000008>.

SILVEIRA, K. C. **Avaliação Agrônômica Do Tomateiro Em Resposta À Inoculação De Bactérias Promotoras De Crescimento De Plantas**. 2018. 78 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Manejo e Conservação de Ecossistemas Naturais e Agrários, Universidade Federal de Viçosa, Florestal, 2018.

WICKER, E.; GRASSART, L.; CORANSON-BEAUDU, R.; MIAN, D.; GUILBAUD, C.; FEGAN, M.; PRIOR, P. *Ralstonia solanacearum* Strains from Martinique (French West Indies) Exhibiting a New Pathogenic Potential. **Applied And Environmental Microbiology**, Martinique, v. 73, n. 21, p. 6790-6801, nov. 2007. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.00841-07>