

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURAIS E PROTEÇÃO AMBIENTAL

FELIPE HENRIQUE MILLK DE ALMEIDA

**Desenvolvimento de *Software* Aplicativo para Diagnóstico  
de Doenças, Pragas e Distúrbios Fisiológicos em Tomateiro  
(*Solanum lycopersicum* L.)**

ARARAS/SP  
FEV/2025

FELIPE HENRIQUE MILLK DE ALMEIDA

**Desenvolvimento de *Software* Aplicativo para Diagnóstico de Doenças, Pragas e Distúrbios Fisiológicos em Tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.)**

Trabalho Final de Graduação apresentado ao Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de São Carlos, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Anna Hoffmann Oliveira

ARARAS/SP  
FEV/2025

## **DEDICATÓRIA**

*Dedico este trabalho aos meus amados pais, Gerson e Solange, cuja dedicação, amor e exemplo são a base de todas as minhas conquistas.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, por ser minha fortaleza e me guiar em cada passo dessa jornada. Agradeço à minha família, que é a minha base, meu porto seguro, o alicerce que me sustentou em todos os momentos. Ao meu pai, minha mãe, minhas irmãs, meu avô, minha falecida avó e meu cunhado, meu profundo agradecimento por tudo o que representam para mim, pelo amor incondicional, pelo apoio em todas as minhas escolhas e pelo exemplo de força, dedicação e caráter que sempre me deram.

Aos meus amigos, que estiveram ao meu lado durante toda essa trajetória da faculdade, meu sincero agradecimento. Foram companheiros de desafios, conquistas e momentos inesquecíveis. Agradeço, especialmente, a República Viracopos, que se tornaram uma segunda família para mim.

À minha orientadora, Anna Hoffmann Oliveira, minha imensa gratidão por ter aceitado embarcar comigo nesse projeto, mesmo sendo um trabalho fora do comum. Desde o início, esteve ao meu lado, oferecendo suporte, incentivo e conhecimento. Foi mais do que uma orientadora, foi uma guia essencial nesse processo, sempre sensível, compreensiva e disposta a me ajudar em cada etapa do TFG.

Aos professores que contribuíram para minha formação acadêmica, meu reconhecimento e respeito. Foram eles que me ensinaram tudo o que sei, transmitindo conhecimento e despertando em mim a paixão pela área que escolhi. Graças a eles, fui capaz de desenvolver este aplicativo e concretizar este trabalho. Um agradecimento especial a todos que testaram o aplicativo, sejam professores da faculdade, produtores ou outros alunos. A contribuição de cada um foi fundamental para o aprimoramento do projeto.

*Você tem, pelo menos, mil capacidades  
em você, mesmo que não ache isso.*

***Por Lugares Incríveis.***

## RESUMO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tem uma importância econômica significativa no Brasil, entretanto, uma ampla gama de doenças, pragas e distúrbios fisiológicos pode afetar sua produção. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um *software* aplicativo para o diagnóstico de doenças, pragas e distúrbios fisiológicos na cultura do tomate, a partir de sintomas e sinais facilmente identificáveis por produtores. Um banco de dados foi criado no MySQL, contendo sinais, sintomas e recomendações de manejo. A interface e lógica de diagnóstico foram desenvolvidas em Java, permitindo que o produtor selecione os sintomas observados. O aplicativo opera de maneira interativa, permitindo que o produtor selecione gradativamente os sintomas observados em suas plantas. Com base nessas informações, o sistema realiza a análise e fornece um diagnóstico preciso, acompanhado de recomendações para o manejo adequado. A avaliação da eficiência e funcionalidade do aplicativo foi realizada por meio de testes de usabilidade e integridade. Desde o Teste 1, o software apresentou desempenho satisfatório em usabilidade, com 100% de aprovação quanto à interface intuitiva e rapidez nas respostas. O desafio principal estava nas informações agrônomicas. No Teste 2, a precisão do diagnóstico aumentou de 5% para 95%, e a concordância com as sugestões de manejo subiu de 5% para 80%, com uma queda significativa nos erros. O aplicativo recebeu 100% de recomendação. Apesar de não atingir 100% de acerto, os erros foram pontuais, sendo alguns problemas difíceis de diagnosticar devido à sintomatologia semelhante a outros problemas. A evolução do aplicativo aumentou sua precisão, rapidez e usabilidade, tornando-o mais confiável e recomendado. Dessa forma, conclui-se que o aplicativo tem grande potencial para auxiliar na identificação e manejo de problemas fitossanitários, com possibilidades de expansão para outras culturas e integração com aprendizado de máquina para aprimorar o diagnóstico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tomate. Fitossanidade. Fertilidade. Diagnose Agrícola.

## ABSTRACT

Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) holds significant economic importance in Brazil; however, a wide range of diseases, pests, and physiological disorders can affect its production. Therefore, this study aims to develop a software application for the diagnosis of diseases, pests, and physiological disorders in tomato crops, based on symptoms and signs that are easily identifiable by producers. A database was created in MySQL, containing signs, symptoms, and management recommendations. The interface and diagnostic logic were developed in Java, allowing the producer to select the observed symptoms. The application operates interactively, enabling the producer to gradually select the symptoms observed in their plants. Based on this information, the system analyzes and provides an accurate diagnosis, along with recommendations for appropriate management. The efficiency and functionality of the application were evaluated through usability and integrity tests. Since Test 1, the software showed satisfactory usability performance, with 100% approval regarding its intuitive interface and response speed. The main challenge was related to agronomic information. In Test 2, diagnostic accuracy increased from 5% to 95%, and agreement with management suggestions rose from 5% to 80%, with a significant decrease in errors. The application received 100% recommendation. Despite not achieving 100% accuracy, the errors were occasional, with some problems being difficult to diagnose due to symptoms similar to other issues. The evolution of the application increased its accuracy, speed, and usability, making it more reliable and recommended. Thus, it can be concluded that the application has great potential to assist in the identification and management of phytosanitary problems, with possibilities for expansion to other crops and integration with machine learning to further enhance diagnostic accuracy.

**KEY-WORDS:** Tomato. Plant Health. Fertility. Agricultural Diagnosis.

## LISTA DE FIGURAS

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Figura 1.</b>  | Mancha-de-Alternaria em Tomate .....                                   | 23 |
| <b>Figura 2.</b>  | Requeima em Tomate .....   | 25 |
| <b>Figura 3.</b>  | Cancro-Bacteriano em Tomate .....                                      | 27 |
| <b>Figura 4.</b>  | Murcha-Bacteriana em Tomate .....                                      | 29 |
| <b>Figura 5.</b>  | Mosaico-Dourado em Tomate .....  | 31 |
| <b>Figura 6.</b>  | Vira-Cabeça em Tomate .....  | 33 |
| <b>Figura 7.</b>  | Nematoide-das-Galhas em Tomate .....                                   | 35 |
| <b>Figura 8.</b>  | Nematoide-Lesão-Radicular em Tomate .....                              | 37 |
| <b>Figura 9.</b>  | Mosca-Branca em Tomate .....   | 41 |
| <b>Figura 10.</b> | Traça-do-Tomateiro em Tomate .....                                     | 43 |
| <b>Figura 11.</b> | Deficiência de Cálcio em Tomate .....                                  | 47 |
| <b>Figura 12.</b> | Deficiência de Nitrogênio em Tomate .....                              | 49 |
| <b>Figura 13.</b> | Fitotoxicidade por Boro em Tomate .....                                | 51 |
| <b>Figura 14.</b> | Fitotoxicidade por Cobre em Tomate .....                               | 53 |
| <b>Figura 15.</b> | Falta de Água em Tomate .....  | 55 |
| <b>Figura 16.</b> | Temperaturas Altas em Tomate .....                                     | 57 |
| <b>Figura 17.</b> | Materiais para Testes de Integridade e Usabilidade do Aplicativo ..... | 65 |
| <b>Figura 18.</b> | Banco de Dados Relacional para os Problemas Agronômicos do Tomate .... | 76 |
| <b>Figura 19.</b> | Interface de Questionário do Aplicativo .....                          | 79 |
| <b>Figura 20.</b> | Interface de Resposta do Aplicativo .....                              | 79 |

## LISTA DE QUADROS

|                   |  |    |
|-------------------|--|----|
| <b>Quadro 1.</b>  | Variedades de <i>Solanum lycopersicum</i> L. ....                                      | 18 |
| <b>Quadro 2.</b>  | Doenças Bióticas do Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) .....                     | 20 |
| <b>Quadro 3.</b>  | Pragas do Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) .....                               | 38 |
| <b>Quadro 4.</b>  | Distúrbios Fisiológicos do Tomate ( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) .....              | 44 |
| <b>Quadro 5.</b>  | Problemas Agronômicos Seleccionados para o Desenvolvimento do<br><i>Software</i> ..... | 62 |
| <b>Quadro 6.</b>  | Questionário de Avaliação de Usabilidade e Funcionalidade do<br>Aplicativo .....       | 66 |
| <b>Quadro 7.</b>  | Chave de Sintomas e Sinais dos Problemas Agronômicos Seleccionados ..                  | 68 |
| <b>Quadro 8.</b>  | Estratégias de Controle e Manejo dos Problemas Agronômicos<br>Seleccionados .....      | 72 |
| <b>Quadro 9.</b>  | Chave de Classificação de Sintomas e Sinais por Parte da Planta Afetada                | 77 |
| <b>Quadro 10.</b> | Avaliação de Desempenho do Aplicativo .....  | 81 |
| <b>Quadro 11.</b> | Avaliação da Usabilidade do Aplicativo .....   | 83 |

## SUMÁRIO

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 1       | <b>INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA</b> .....   | 11 |
| 2       | <b>OBJETIVO</b> .....   | 14 |
| 2.1     | <b>Objetivo Geral</b> .....   | 14 |
| 2.2     | <b>Objetivo Específicos</b> .....   | 14 |
| 3       | <b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....  | 15 |
| 3.1     | <b>Cultura do Tomateiro (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)</b> .....                            | 15 |
| 3.1.1   | <i>Contexto socioeconômico</i> .....  | 15 |
| 3.1.2   | <i>Características botânicas</i> .....  | 17 |
| 3.2     | <b>Doenças Bióticas do Tomateiro (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)</b> .....                   | 19 |
| 3.2.1   | <i>Doenças fúngicas e estratégias de manejo</i> .....   | 22 |
| 3.2.1.1 | <i>Pinta-preta/mancha-de-alternaria (<i>Alternaria solani</i>)</i> .....                      | 22 |
| 3.2.1.2 | <i>Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)</i> .....   | 24 |
| 3.2.2   | <i>Doenças bacterianas e estratégias de manejo</i> .....                                      | 26 |
| 3.2.2.1 | <i>Cancro-bacteriano (<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i>)</i> ..... | 27 |
| 3.2.2.2 | <i>Murcha-bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>)</i> .....                                | 28 |
| 3.2.3   | <i>Doenças virais e estratégias de manejo</i> .....   | 30 |
| 3.2.3.1 | <i>Mosaico-dourado (Geminivírus)</i> .....  | 31 |
| 3.2.3.2 | <i>Vira-cabeça (Tospovírus)</i> .....   | 33 |
| 3.2.4   | <i>Doenças causadas por nematoides e estratégias de manejo</i> .....                          | 34 |
| 3.2.4.1 | <i>Nematoide-das-galhas (<i>Meloidogyne</i> spp.)</i> .....                                   | 34 |
| 3.2.4.2 | <i>Nematoide-lesão-radicular (<i>Pratylenchus</i> spp.)</i> .....                             | 36 |
| 3.3     | <b>Pragas do Tomateiro (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)</b> .....                             | 38 |
| 3.3.1   | <i>Insetos-praga e estratégias de manejo</i> .....  | 40 |
| 3.3.1.1 | <i>Mosca-branca (<i>Bemisia tabaci</i>)</i> .....   | 41 |
| 3.3.1.2 | <i>Traça-do-tomateiro (<i>Tuta absoluta</i>)</i> .....  | 42 |
| 3.4     | <b>Distúrbios Fisiológicos do Tomateiro (<i>Solanum lycopersicum</i> L.)</b> .....            | 44 |
| 3.4.1   | <i>Deficiências nutricionais e estratégias de manejo</i> .....                                | 46 |
| 3.4.1.1 | <i>Deficiência de cálcio (Ca)</i> .....   | 47 |
| 3.4.1.2 | <i>Deficiência de nitrogênio (N)</i> .....  | 48 |
| 3.4.2   | <i>Fitotoxicidade por nutrientes e estratégias de manejo</i> .....                            | 50 |
| 3.4.2.1 | <i>Fitotoxicidade por boro (B)</i> .....  | 51 |
| 3.4.2.2 | <i>Fitotoxicidade por cobre (Cu)</i> .....  | 52 |
| 3.4.3   | <i>Outros distúrbios fisiológicos e estratégias de manejo</i> .....                           | 54 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3.4.3.1 | Falta de água .....  | 54 |
| 3.4.3.2 | Temperaturas altas .....                                   | 57 |
| 3.5     | <b>Desenvolvimento de <i>Softwares</i></b> .....           | 58 |
| 4       | <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....                            | 61 |
| 4.1     | <b>Construção de Banco de Dados</b> .....                  | 61 |
| 4.2     | <b>Desenvolvimento de <i>Software</i> Aplicativo</b> ..... | 63 |
| 4.3     | <b>Testes e Aprimoramento</b> .....                        | 64 |
| 4.3.1   | <i>Teste de integridade</i> .....                          | 65 |
| 4.3.2   | <i>Teste de usabilidade</i> .....                          | 66 |
| 5       | <b>DISCUSSÃO E RESULTADOS</b> .....                        | 68 |
| 5.1     | <b>Construção de Banco de Dados</b> .....                  | 68 |
| 5.2     | <b>Desenvolvimento de <i>Software</i> Aplicativo</b> ..... | 76 |
| 5.3     | <b>Testes e Aprimoramento</b> .....                        | 80 |
| 5.3.1   | <i>Teste de integridade</i> .....                          | 80 |
| 5.3.2   | <i>Teste de usabilidade</i> .....                          | 83 |
| 6       | <b>CONCLUSÃO</b> .....                                     | 86 |
|         | <b>REFERÊNCIAS</b> .....                                   | 87 |



## 1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

No Brasil, o tomate (*Solanum lycopersicum* L.) tem uma importância econômica significativa, sendo uma das principais hortaliças cultivadas e consumidas no país, em média, 4,2 kg ao ano por habitante. Fonte importante de vitaminas, minerais e antioxidantes, é um alimento muito presente na culinária brasileira, desempenhando um papel essencial na alimentação saudável da população (Ministério da Saúde, 2015). Em 2016, a área de plantio no país alcançou aproximadamente 64 mil hectares, sendo cerca de 35% destinada ao cultivo de tomate industrial e o restante para consumo *in natura* (Conab, 2019). A produção de 3.809.986 de toneladas em 2022 representou um aumento de 22,76% em relação a 2001 (IBGE, 2022). Dessa forma, a cadeia de produção do tomate possui significativa geração de empregos e movimentação da economia agrícola, contribuindo para a renda de muitos agricultores.

Quando se trata de produção, doenças, pragas e distúrbios fisiológicos podem ter impactos significativos na cultura. Doenças como o míldio, o oídio e a requeima podem reduzir a qualidade e a quantidade dos frutos, prejudicando a colheita (Embrapa, 2000). Pragas como pulgões, moscas-brancas e ácaros também podem causar danos severos, resultando em perdas econômicas para os agricultores (Pratissoli & Carvalho, 2016). Além disso, distúrbios fisiológicos, como temperaturas extremas, elementos químicos não nutrientes no solo que provocam fitotoxicidade, excesso ou falta de luminosidade e de água, além do desbalanço nutricional, como a falta de cálcio, potássio ou magnésio, podem afetar o crescimento e desenvolvimento, levando a frutos de menor qualidade e menor produtividade (Rezende, 2007).

Essa realidade desafiadora requer constante pesquisa e inovação para garantir a qualidade e a produtividade das lavouras de tomate no Brasil. Considerando os diversos problemas fitossanitários e de fertilidade do solo para a hortaliça, os produtores e pesquisadores muitas vezes precisam desenvolver estratégias de manejo integrado de pragas e doenças, além de buscar soluções para melhorar o estado nutricional da planta, visando a sustentabilidade agrícola da produção (Embrapa, 2022).

A falta de um diagnóstico adequado de doenças, pragas e distúrbios fisiológicos em culturas agrícolas pode resultar em sérias consequências. Quando os problemas não são identificados corretamente, os agricultores podem aplicar agroquímicos de forma inadequada, o que pode levar a desperdício de recursos, contaminação ambiental e resistência de pragas e doenças a esses produtos. Além disso, a falta de aplicação de fertilizantes necessários pode resultar em baixa produtividade e qualidade dos cultivos. Portanto, é crucial investir em

métodos de diagnóstico precisos para garantir uma agricultura econômica e ambientalmente sustentável e eficiente (Embrapa, 2016).

Além do mais, a falta de um adequado diagnóstico de problemas fitossanitários e de fertilidade em culturas agrícolas pode afetar o solo negativamente. A aplicação imprópria de agroquímicos e fertilizantes pode resultar em desequilíbrios no ambiente edáfico, levando à degradação da qualidade do solo a partir da perda de nutrientes essenciais, aumento da salinidade e redução da biodiversidade microbiana. Tal condição tende a reduzir a fertilidade do solo a longo prazo, tornando-o menos produtivo e comprometendo a sustentabilidade das práticas agrícolas. Portanto, a saúde do solo está diretamente ligada à precisão do diagnóstico e manejo adequado das culturas agrícolas (Guerra & Jorge, 2014).

Para diagnosticar doenças, pragas e distúrbios fisiológicos em culturas agrícolas são utilizadas várias técnicas e métodos. A coleta de amostras de solo e de plantas é essencial para análises laboratoriais que identificam a presença de patógenos, de deficiências nutricionais, além de outros distúrbios fisiológicos. O uso de armadilhas e iscas também é uma prática comum para monitorar e identificar pragas específicas (Ministério da Agricultura e Pecuária, 2022). Entretanto, a abordagem básica parte da observação direta das plantas em busca de sintomas visíveis, como manchas nas folhas, deformações ou presença de insetos.

Nesse sentido, é desafiador identificar os problemas agrônômicos sem o treinamento adequado, pois muitas vezes os sintomas podem ser sutis ou confundidos com outras questões. Portanto, há dificuldade por parte dos produtores em diagnosticar as ocorrências nas culturas agrícolas, devido à falta de conhecimento e recursos financeiros para consultar profissionais especializados. A falta de acesso a profissionais qualificados ainda dificulta a implementação de estratégias eficazes de manejo.

O uso de *softwares* e aplicativos na agricultura tem crescido significativamente, promovendo maior eficiência e sustentabilidade ao otimizar o monitoramento de lavouras, o manejo de pragas e doenças, e a tomada de decisões no campo. Essas tecnologias, integradas à Agricultura 4.0, utilizam sensores, inteligência artificial e bancos de dados para fornecer diagnósticos precisos e estratégias de manejo mais eficazes. O desenvolvimento desses aplicativos envolve planejamento, programação e integração com sistemas de armazenamento de dados, garantindo acessibilidade e confiabilidade para produtores e técnicos agrícolas (Runtalent, 2025).

No caso do tomateiro, sua importância econômica e a diversidade de problemas que podem afetar a cultura fundamentam sua escolha para o desenvolvimento de um aplicativo de diagnóstico de doenças, pragas e distúrbios fisiológicos. O tomate é uma das hortaliças mais

cultivadas e consumidas no mundo, gerando alta demanda por soluções de manejo. Suas características, como ciclo curto, alta suscetibilidade a doenças e pragas, e resposta rápida a deficiências nutricionais (Embrapa, 2022), o tornam ideal para testar um aplicativo. A ampla disponibilidade de informações na literatura científica sobre manejo integrado da cultura facilita a obtenção de dados confiáveis para o desenvolvimento da ferramenta. Além de não existirem aplicativos dessa categoria com embasamento científico que democratizam o diagnóstico agrônomo, o que torna esse projeto ideal para tal finalidade.

## 2 OBJETIVO

### 2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um aplicativo para o diagnóstico de doenças, pragas e distúrbios fisiológicos na cultura do tomate (*Solanum lycopersicum* L.), a partir de sintomas e sinais facilmente identificáveis por produtores.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Construir um banco de dados com os principais sinais e sintomas visualmente identificáveis das principais doenças, pragas e distúrbios fisiológicos que afetem a saúde do tomateiro. Além de formas de manejo e controle recomendados para cada situação que atinja a fitossanidade e a nutrição mineral da cultura do tomate;
- Programar uma interface de usuário interativa e intuitiva que permita ao produtor inserir os sinais e sintomas observados na cultura, automatizando o processo de diagnóstico do problema agrônômico presente e fornecendo recomendações técnicas para manejo e controle;
- Realizar o diagnóstico prático de doenças, pragas e distúrbios fisiológicos em *S. lycopersicum*, para acompanhar a integridade e usabilidade do aplicativo; a fim de determinar a eficiência do diagnóstico e das recomendações atribuídas.

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste trabalho aborda a cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.), destacando sua relevância econômica e os desafios associados à produção, como doenças bióticas, pragas e distúrbios fisiológicos, que comprometem a produtividade e a qualidade dos frutos. São descritos os principais problemas que afetam a cultura, considerando sua severidade e impacto, bem como os métodos de diagnóstico e manejo utilizados na prática agrícola. Além disso, explora-se a aplicação de tecnologias inovadoras, como o desenvolvimento de um *software* aplicativo para diagnóstico assistido, destacando a importância da integração de sistemas computacionais, algoritmos e banco de dados como ferramentas que podem transformar a forma como produtores enfrentam esses desafios, promovendo maior eficiência, sustentabilidade e redução de perdas na cadeia produtiva.

Para a esquematização da Fundamentação Teórica, os seguintes tópicos serão levados em consideração: 3.1 Cultura do Tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.); 3.2 Doenças Bióticas do Tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.); 3.3 pragas do Tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.); 3.4 Distúrbios Fisiológicos do Tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.); 3.5 Desenvolvimento de *Software* Aplicativo.

#### 3.1 Cultura do Tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.)

##### 3.1.1 Contexto socioeconômico

As hortaliças desempenham um papel fundamental na alimentação humana, fornecendo nutrientes essenciais como vitaminas, minerais, fibras e compostos bioativos que contribuem para a saúde e o bem-estar. Elas ajudam na prevenção de doenças crônicas, como obesidade, diabetes e problemas cardiovasculares, além de serem importantes para uma dieta equilibrada e diversificada. Por serem altamente versáteis, as hortaliças podem ser consumidas em diferentes formas e preparações, atendendo às mais variadas culturas e preferências alimentares (SEBRAE, 2017).

Dentro do grupo das hortaliças, o tomate se destaca por sua ampla aceitação e importância econômica e nutricional, sendo uma fonte importante de vitaminas C e A, minerais como potássio e ferro, e antioxidantes como o licopeno. Dessa forma, o consumo regular contribui para uma alimentação saudável, auxiliando na prevenção de doenças crônicas e no fortalecimento do sistema imunológico. A sua utilização culinária é favorecida, tendo em vista a

versatilidade em pratos típicos, como molhos, saladas, sopas, sucos, entre outros. Considerando ainda a sua acessibilidade, o tomate desempenha um papel essencial na segurança alimentar e na promoção da saúde da população brasileira. (Ministério da Saúde, 2015).

Nesse contexto, o tomate é uma das hortaliças mais cultivadas e consumidas em todo o território nacional, com média de 4,2 kg por habitante ao ano. O impacto na geração de emprego e renda no setor agrícola é, portanto, expressivo, com sua produção distribuída em diversas regiões do país, especialmente onde as condições climáticas e os solos são propícios para o cultivo em larga escala, como no Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste (Conab, 2019).

Em 2016, o Brasil registrou uma área de plantio de aproximadamente 64 mil hectares destinada à cultura do tomate. Deste total, cerca de 35% foi direcionado ao cultivo de tomate industrial, utilizado na fabricação de produtos como molhos, extratos, polpas e ketchup, que abastecem não apenas o mercado nacional, mas também representam uma importante fatia das exportações agrícolas brasileiras. O restante da área, destinado ao consumo in natura, atende à alta demanda doméstica (Conab, 2019).

A divisão entre tomate industrial e de mesa reflete o equilíbrio entre os diferentes segmentos do mercado, cada um com características específicas de manejo, colheita e comercialização. O tomate industrial, por exemplo, é cultivado com foco em altas produtividades e resistência ao transporte e processamento, enquanto o tomate para consumo in natura prioriza aspectos como sabor, aparência e frescor. Essa diversificação fortalece a cadeia produtiva, gerando empregos em diferentes etapas, desde o cultivo até a industrialização, e contribuindo significativamente para a economia rural (Conab, 2019).

A produção de tomate no Brasil alcançou 3.809.986 toneladas em 2022, o que representou um aumento significativo de 22,76% em relação a 2001. Esse crescimento expressivo reflete o aprimoramento das práticas agrícolas, o avanço das tecnologias de cultivo e o aumento da demanda, tanto no mercado interno quanto externo. A evolução na produção também pode ser atribuída à adoção de novas variedades de sementes, mais resistentes a doenças e com maior potencial produtivo, além do uso crescente de técnicas de manejo que aumentam a eficiência no uso de recursos como água e nutrientes. Como resultado, o tomate se consolidou ainda mais como uma das principais culturas hortícolas do Brasil, gerando um impacto econômico positivo e sustentando a agricultura em diversas regiões do país (IBGE, 2022).

### 3.1.2 Características botânicas

O *Solanum lycopersicum* é uma planta herbácea da família Solanaceae, a mesma família de outras culturas como a batata, pimenta, pimentão e berinjela. Botanicamente, o tomate é uma planta dicotiledônea que se caracteriza por seu crescimento ereto ou prostrado, dependendo da variedade e das condições de cultivo. Fenologicamente, o tomate passa por estágios como a germinação, onde a semente começa a se desenvolver, seguido pelo crescimento vegetativo, com aumento de folhas e caule. Em seguida, ocorre a floração, com flores amarelas dispostas em cachos, a frutificação, quando as flores se transformam em frutos, e, por fim, a maturação, quando os tomates atingem o tamanho e a coloração característicos, prontos para a colheita (Filgueira, 2003).

Em relação às características morfológicas, o tomate apresenta folhas compostas e alternadas ao longo do caule, com margens serrilhadas. As folhas são de cor verde-escura, devido à grande quantidade de clorofila, essencial para o processo de fotossíntese. A planta possui flores pequenas, amarelas, que se agrupam em inflorescências em forma de cacho, com cinco pétalas e cinco estames, características que são comuns em muitas espécies da família Solanaceae. O fruto do tomate, por sua vez, é uma baga suculenta, com forma, tamanho e cor variados, podendo ser redondo, oval, alongado, e apresentando colorações como vermelho, laranja, amarelo, verde ou até mesmo roxo, dependendo da cultivar (Filgueira, 2003).

As raízes do tomate são pivotantes, com uma raiz principal robusta que se ramifica em raízes secundárias, facilitando a absorção de água e nutrientes do solo. Essas raízes podem penetrar profundamente no solo, o que permite à planta explorar uma maior área de solo em busca de recursos, favorecendo seu desenvolvimento em condições de cultivo variadas. Essas características tornam o tomate uma planta altamente adaptável e produtiva, capaz de ser cultivada em uma variedade de climas e solos, desde que receba cuidados adequados, como irrigação, controle de pragas e doenças, e adubação (Filgueira, 2003).

As variedades de tomate são numerosas e bastante diversificadas, oferecendo uma ampla gama de opções para atender a diferentes necessidades de consumo e cultivo. No entanto, diferentemente de outras culturas, como a pimenta, onde cada variedade (como a pimenta biquinho ou dedo-de-moça) representa uma espécie distinta, todas as variedades de tomate cultivadas pertencem à mesma espécie botânica, *Solanum lycopersicum* L. Isso significa que, apesar das diferenças em tamanho, forma, cor, sabor e resistência a doenças, as diversas cultivares de tomate compartilham a mesma base genética, sendo resultado de diferentes adaptações ou modificações dessa espécie. Essas adaptações podem incluir características como

a resistência a pragas e doenças, tolerância a temperaturas elevadas ou baixas, ou ainda a capacidade de se ajustar a diferentes tipos de solo (Peña-Lomelí et al., 2014).

Além disso, as variedades de tomate podem ser classificadas de acordo com o uso, como tomates para consumo *in natura*, tomates para processamento industrial (como o molho ou a pasta de tomate), ou tomates para mercados específicos, como tomates cereja ou os de cor amarela e laranja. As diferenças entre as variedades de tomate refletem, portanto, as escolhas feitas ao longo do tempo para otimizar o cultivo e o consumo, sempre dentro dos limites da mesma espécie. Portanto, a diferenciação de variedades de tomate é desafiadora devido aos nomes populares que variam entre regiões, gerando confusão. Sem uma padronização, fica difícil identificar corretamente as cultivares, pois suas características podem ser semelhantes (Peña-Lomelí et al., 2014). Segue no Quadro 1 as principais variedades de tomate cultivadas.

**Quadro 1.** Variedades de *Solanum lycopersicum* L.

| Variedade                              | Características  | Usos   | Vantagens  |
|--|--|--|--|
| Tomate Amarelo                         | Como o nome indica, tem uma cor amarela ou laranja, o que o torna visualmente distinto. Tem um sabor mais suave e menos ácido do que o tomate tradicional. | Consumido <i>in natura</i> , em saladas ou para receitas que pedem um sabor mais delicado.                           | Geralmente apresenta menor acidez e pode ser uma boa alternativa para pessoas com problemas digestivos.                                    |
| Tomate Beefsteak                       | Tomate de grande porte, com uma polpa densa e succulenta. Sua forma é irregular, com uma aparência de camadas ou "listras" em sua superfície.              | Muito usado para sanduíches devido ao seu tamanho, carne densa e sabor forte.  | Seu tamanho grande o torna uma excelente escolha para cultivos comerciais, embora sua resistência a doenças precise de cuidados especiais. |
| Tomate Caqui                           | Tomate grande, de formato achatado e levemente oval. Possui uma casca espessa e uma polpa firme.   | É excelente para consumo <i>in natura</i> ou em molhos. Também pode ser usado para secagem.                          | Apresenta boa resistência à desidratação e armazenamento.  |
| Tomate Cereja                          | Pequeno e redondo, com uma casca fina e uma textura doce. O sabor é bastante adocicado, o que o torna popular em saladas.                                  | Ideal para consumo <i>in natura</i> , em saladas, ou como aperitivo. Também é frequentemente utilizado em conservas. | Alta resistência a doenças e pragas.   |
| Tomate Coração de Búfalo/Tomate Carmen | Grande, com formato de coração, e uma textura carnuda. Possui menos sementes e uma polpa mais firme.   | Usado para o consumo <i>in natura</i> ou para preparar molhos.   | Sua carne succulenta e seu sabor doce o tornam ideal para consumo direto.  |
| Tomate de Salada/Tomate de Mesa        | Variedades como o "Santa Cruz" são mais redondas e grandes, com casca lisa e um sabor suave. Esses   | Consumido <i>in natura</i> , em saladas, sanduíches e acompanhamentos.   | Geralmente apresenta boa resistência a pragas,   |

|                             |  |  |   |
|-----------------------------|--|--|---|
|                             | tomates são suculentos e têm um bom equilíbrio entre acidez e doçura.  |  | mas requer mais cuidado quanto ao manejo de doenças fúngicas.                               |
| Tomate Indigo               | Apresenta uma coloração única, com um tom roxo-escuro quase negro em suas extremidades, devido à presença de antocianinas, compostos antioxidantes.  | Além de ser consumido <i>in natura</i> , é procurado por seu valor nutritivo elevado.  | Rico em antioxidantes e de fácil adaptação a diferentes climas.                             |
| Tomate Italiano             | Grande, redondo e bastante carnudo. Este tomate é caracterizado pela carne densa e o baixo teor de sementes.   | Ideal para preparar molhos e também para consumo fresco.   | Bastante resistente a doenças comuns, como oídio e requeima.                                |
| Tomate Italiano/Tomate Roma | Tem uma forma oblonga, mais alongada e menos suculenta, com uma quantidade significativa de polpa. Sua casca é mais espessa, o que a torna ideal para processamento, especialmente para a produção de molhos e pastas. | Muito utilizado na indústria de processamento devido à sua consistência e baixo teor de água.  | Resistente a várias doenças e condições climáticas adversas.                                |
| Tomate Longa Vida           | Tem uma casca espessa, o que contribui para sua durabilidade e resistência durante o transporte.   | Principalmente voltado para a comercialização, devido à sua maior vida útil, sendo utilizado tanto <i>in natura</i> quanto em processamento. | Resistente a doenças e tem uma excelente conservação.                                       |
| Tomate Pomodoro             | De tamanho médio, forma arredondada e casca lisa. Tem uma boa quantidade de suco e polpa.  | Utilizado em molhos e também em receitas culinárias italianas, como pizzas e massas.   | Ideal para o processamento devido ao equilíbrio entre acidez e doçura.                      |
| Tomate Verde                | São tomates ainda imaturos, com uma coloração verde intensa. Seu sabor é ácido e mais amargo.  | Frequentemente usado em conservas ou em pratos que requerem um tomate mais firme e com sabor ácido.  | Usado especialmente quando se deseja capturar o frescor ácido de um tomate não amadurecido. |

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de: Peña-Lomelí et al., 2014; e Embrapa, 1993.

### 3.2 Doenças Bióticas do Tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.)

A produção de *Solanum lycopersicum* é frequentemente ameaçada por uma ampla gama de doenças causadas por fungos, bactérias, vírus e nematoides, que comprometem a saúde das plantas e, conseqüentemente, a produtividade e qualidade dos frutos. Essas doenças podem se manifestar em diferentes partes do tomateiro da raiz até os frutos, causando desde leves manchas até a completa destruição da planta (Kimati et al., 2005). Segue no Quadro 2 as

doenças que podem afetar a cultura do tomate, com destaque para aquelas que serão inseridas no desenvolvimento do aplicativo.

**Quadro 2.** Doenças Bióticas do Tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

| Doenças   |   |
|---|---|
| Fúngicas  | Antracnose ( <i>Colletotrichum</i> spp.)  |
|   | Cancro-da-Haste ( <i>Alternaria alternata</i> f. sp. <i>lycopersici</i> )                             |
|   | “Damping-off”/Tombamento-de-Mudas (polifagia)   |
|   | Mancha-de-Cladosporium ( <i>Cladosporium fulvum</i> )   |
|   | Mancha-de-Corynespora ( <i>Corynespora cassiicola</i> )   |
|   | Mancha-de-Stemphylium ( <i>Stemphylium solani</i> )   |
|   | Mofo-Branco/Podridão-de-Sclerotinia ( <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> e <i>Sclerotinia minor</i> )    |
|   | Mofo-Cinzento ( <i>Botrytis cinérea</i> )   |
|   | Mofo-Preto-dos-Frutos ( <i>Alternaria alternata</i> )   |
|   | Murcha-de-Verticillium ( <i>Verticillium dahliae</i> )  |
|   | Murcha-de-Fusarium ( <i>Fusarium</i> spp.)  |
|   | Oídios ( <i>Oidiopsis sicula</i> e <i>Oidium lycopersici</i> )  |
|   | <b>Pinta Preta/Mancha-de-Alternaria (<i>Alternaria solani</i>)*</b>                                   |
|   | Podridão-Corticosa-da-Raiz ( <i>Pyrenochaeta lycopersici</i> )  |
|   | Podridão-de-Botrytis ( <i>Botrytis cinerea</i> )  |
|   | Podridão-de-Phoma ( <i>Phoma destructiva</i> )  |
|   | Podridão-de-Sclerotium ( <i>Sclerotium rolfsii</i> )  |
|   | Podridão-do-Colo-e-Raiz-de-Fusarium ( <i>Fusarium oxysporum</i> f. sap. <i>Radiciis-lycopersici</i> ) |
|   | Podridão-Azeda ( <i>Geotrichum</i> spp.)  |
|   | Podridão-de-Rhizopus ( <i>Rhizopus stolonifer</i> )   |
| Podridão-Mole ( <i>Erwinia</i> spp.)                          |   |
| <b>Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)*</b>              |   |
| Septoriose/Mancha-de-Septoria ( <i>Septoria lycopersici</i> ) |   |
| Bacterianas   | <b>Cancro-Bacteriano (<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>Michiganensis</i>)*</b>              |
|   | Cálice-Gigante (Fitoplasma)   |
|   | Mancha-Bacteriana ( <i>Xanthomonas</i> spp.)  |
|   | <b>Murcha-Bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>)*</b>   |
|   | Necrose-Seca-de-Medula ( <i>Pseudomonas corrugata</i> )   |
|   | Pinta-bacteriana/Mancha-Bacteriana-Pequena ( <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>Tomato</i> )          |

|  |   |
|--|---|
|  | Queima-Bacteriana ( <i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>Syringae</i> ) |
| <b>Virais</b>  | Amarelos (ToYTV e TBYLV)  |
|  | Broto-Crespo (Geminivírus)  |
|  | Mosaico (ToMV)  |
|  | <b>Mosaico-Dourado (Geminivírus)*</b>                                 |
|  | Risca/Mosaico Y (PVY)   |
|  | <b>Vira-Cabeça (Tospovirus)*</b>                                      |
| <b>Nematoides</b>  | <b>Nematoide-das-Galhas (<i>Meloidogyne</i> sp.)*</b>                 |
|  | Nematoide-Cítrico ( <i>Tylenchulus semipenetrans</i> )                |
|  | Nematoide-das-Dagas ( <i>Xiphinema</i> spp.)                          |
|  | Nematoide-do-Cisto ( <i>Globodera</i> spp.)                           |
|  | Nematoide-dos-Caules-e-Sementes ( <i>Aphelenchoides</i> spp.)         |
|  | Nematoide-Espiralado ( <i>Helicotylenchus</i> spp.)                   |
|  | <b>Nematoide-Lesão-Radicular (<i>Pratylenchus</i> spp.)*</b>          |
|  | Nematoide-Reniforme ( <i>Rotylenchulus reniformis</i> )               |
| <b>Legenda:</b> *Doenças bióticas selecionadas para o desenvolvimento do aplicativo. |   |

**Fonte:** Elaborado pelo autor a partir de: Embrapa, 1993; e Kimati et al., 2005.

As doenças fúngicas, como a requeima (*Phytophthora infestans*) e a Pinta Preta/Mancha de Alternaria (*Alternaria solani*), destacam-se pela severidade, frequentemente levando à perda total de colheitas em condições favoráveis ao patógeno. Doenças bacterianas, como o cancro-bacteriano (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) e a murcha-bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), apresentam alta agressividade, dificultando o manejo em áreas infestadas. Entre as viroses, o mosaico-dourado (Geminivírus) e o vira-cabeça (Tospovirus) causam deformidades severas, perda de vigor e drástica redução na produtividade. Por fim, os nematoides, como o nematoide-das-galhas (*Meloidogyne* spp.) e o nematoide-lesão-radicular (*Pratylenchus* spp.), atacam as raízes, prejudicando a absorção de água e nutrientes, resultando em plantas atrofiadas e menos produtivas (Kimati et al., 2005).

O impacto dessas doenças na cultura do tomate não se limita à redução da produtividade, ele também afeta diretamente a viabilidade econômica da produção, aumentando os custos com manejo e diminuindo a competitividade no mercado. Assim, a identificação precisa e o controle integrado dessas doenças são fundamentais para garantir a sustentabilidade da cultura (Embrapa, 2022).

### 3.2.1 Doenças fúngicas e estratégias de manejo

A requeima (*Phytophthora infestans*) e a pinta-preta/mancha-de-alternaria (*Alternaria solani*) são duas das doenças mais impactantes para a cultura do tomate, devido à sua severidade e impacto direto na produtividade. A requeima é especialmente devastadora em condições de alta umidade e temperaturas moderadas, causando lesões necróticas em folhas, hastes e frutos, o que pode resultar na destruição total da plantação. Já a pinta preta, também comum em tomates, provoca manchas circulares concêntricas com coloração escura nas folhas, hastes e frutos, além de causar a queda prematura das folhas, reduzindo significativamente a capacidade fotossintética e, conseqüentemente, a produtividade da cultura. Ambas as doenças comprometem a qualidade e a quantidade da produção, exigindo controle rigoroso para minimizar seus danos (Kimati et al., 2005).

#### 3.2.1.1 Pinta-preta/mancha-de-alternaria (*Alternaria solani*)

A mancha-de-alternaria (Figura 1), causada pelo fungo *Alternaria solani*, apresenta sintomas e sinais que afetam diversas partes da planta, comprometendo seriamente seu desenvolvimento.

**Figura 1.** Mancha-de-Alternaria em Tomate.



Fonte: Invasive.org, 2025.

Nas folhas, surgem pequenas manchas escuras que aumentam de tamanho com o tempo, muitas vezes circundadas por uma área amarelada. Com o avanço da doença, ocorre a formação de necroses que podem tomar toda a folha, acompanhadas de manchas circulares ou irregulares, com bordas bem definidas e contornos claros, resultando em desfolha intensa. Nos caules, manifestam-se lesões alongadas, necróticas e fissuras, além de áreas necróticas de

coloração marrom a preta. Nos frutos, a doença provoca lesões deprimidas de coloração marrom ou preta, que podem evoluir para ressecamento e necrose. Em condições de alta umidade, é comum observar o crescimento de esporos negros sobre as lesões, indicando a esporulação do fungo (Kimati et al., 2005). O controle químico é uma das ferramentas mais utilizadas para o controle da pinta-preta, envolvendo fungicidas protetores, como mancozebe, clorotalonil e compostos à base de cobre, que criam uma barreira protetora contra a germinação de esporos. Além disso, fungicidas sistêmicos, como azoxistrobina, piraclostrobina e difenoconazol, são importantes para inibir o crescimento do fungo em tecidos já infectados, graças à sua capacidade de penetração. Para evitar a resistência do patógeno, é essencial a rotação de ativos de diferentes grupos químicos, seguindo as recomendações do FRAC (Fungicide Resistance Action Committee). O controle biológico tem ganhado destaque, com o uso de microrganismos antagonistas como *Trichoderma spp.* ou *Bacillus subtilis*, que competem com *A. solani* e podem reduzir a severidade da doença. Outra estratégia biológica é a aplicação de indutores de resistência, como quitosana e extratos vegetais, que estimulam as defesas naturais da planta contra o patógeno (Lopes & Ávila, 2005).

O controle cultural também desempenha um papel crucial. A rotação de culturas com espécies não hospedeiras, como gramíneas, reduz a pressão de inóculo no solo. Manter uma adubação equilibrada, evitando excesso de nitrogênio e garantindo níveis adequados de potássio e cálcio, ajuda a fortalecer a resistência da planta. Espaçamentos adequados entre as plantas melhoram a circulação de ar, reduzindo a umidade nas folhas e, conseqüentemente, a infecção. Além disso, a remoção de restos culturais após a colheita é uma prática eficiente para eliminar possíveis fontes de esporos no solo. No contexto preventivo, o uso de cultivares resistentes oferece uma solução duradoura contra a doença, enquanto o tratamento de sementes com fungicidas ou métodos térmicos elimina fontes iniciais de infecção. A cobertura do solo, seja com palha ou plástico, é uma técnica eficaz para evitar que respingos de solo contaminado atinjam as folhas e iniciem a infecção (Kimati et al., 2005).

O controle mecânico inclui práticas como podas sanitárias para remover folhas infectadas e reduzir a disseminação do fungo. A instalação de estufas também é uma opção eficaz, pois cria um ambiente protegido que minimiza o contato com esporos disseminados pelo vento ou água. Já no âmbito do controle físico, a irrigação por gotejamento é uma técnica essencial para reduzir a umidade foliar e a dispersão de esporos, em contraste com a aspersão, que aumenta os riscos de infecção. Em estufas, o controle da temperatura e da umidade, com ventilação adequada e aquecimento quando necessário, contribui para criar condições desfavoráveis ao desenvolvimento do fungo (Menten & Oliveira, 2020).

Por fim, o monitoramento climático é fundamental para prever o risco da doença, utilizando ferramentas que analisam temperatura e umidade, o que permite maior precisão na aplicação de fungicidas. A implementação de um manejo integrado, combinando práticas culturais, químicas, biológicas e preventivas, é essencial para minimizar o impacto da pinta preta, reduzir custos e preservar a eficácia das ferramentas disponíveis para o controle da doença (Kimati et al., 2005).

### 3.2.1.2 Requeima (*Phytophthora infestans*)

A requeima (Figura 2), causada pelo oomiceto *Phytophthora infestans*, é uma das doenças mais destrutivas para culturas como tomate e batata, apresentando sintomas que afetam folhas, caules e frutos. Inicialmente, aparecem pequenas manchas escuras que aumentam de tamanho nas folhas, muitas vezes rodeadas por áreas amareladas. À medida que a doença avança, as folhas podem apresentar necroses completas, com manchas circulares ou irregulares, de contornos claros e bordas bem definidas, resultando em desfolha severa. Nos caules, surgem lesões alongadas e necróticas, que podem levar a fissuras e rachaduras, além de áreas necróticas com coloração marrom a preta. Nos frutos, destacam-se lesões deprimidas e úmidas, frequentemente de coloração marrom ou preta, que progridem rapidamente para o apodrecimento total. Um dos sinais característicos da requeima é o aspecto encharcado das lesões e a formação de mofo branco em condições de alta umidade, principalmente em folhas e frutos, indicando a esporulação do patógeno (Kimati et al., 2005).

**Figura 2.** Requeima em Tomate.



Fonte: Syngenta Brasil, 2025.

A requeima é uma das doenças mais destrutivas da cultura do tomate, especialmente em condições de alta umidade e temperaturas moderadas, demandando uma abordagem integrada para o manejo eficaz. O controle químico é amplamente utilizado, com fungicidas protetores como clorotalonil, mancozebe e oxiclreto de cobre, que atuam como barreiras contra a germinação dos esporos. Fungicidas sistêmicos, como metalaxil, fluopicolida e propamocarbe, são indispensáveis para controlar infecções já estabelecidas devido à sua ação dentro dos tecidos da planta. A rotação de produtos de diferentes mecanismos de ação, conforme as diretrizes do FRAC, é essencial para prevenir o desenvolvimento de resistência do patógeno. O controle biológico para requeima oferece uma abordagem sustentável, com o uso de agentes como *Trichoderma spp.* e *Pseudomonas fluorescens*, que podem atuar como antagonistas do patógeno ou estimular a resistência da planta. Bioestimulantes e indutores de resistência, como ácido salicílico e extratos vegetais, também podem ser utilizados para fortalecer os mecanismos naturais de defesa das plantas (Lopes & Ávila, 2005).

Práticas culturais também são fundamentais para o manejo da requeima. A rotação de culturas com espécies não hospedeiras, como gramíneas, reduz a presença de inóculo no solo. A adubação equilibrada, com fornecimento adequado de nutrientes como potássio e cálcio, ajuda a fortalecer as plantas contra infecções. O espaçamento adequado entre as plantas melhora a circulação de ar e reduz o período de molhamento foliar, diminuindo a probabilidade de infecção. Além disso, a remoção e destruição de restos culturais após a colheita minimizam a persistência do fungo no ambiente. Entre as medidas preventivas, o uso de variedades de tomate com resistência genética à requeima é altamente recomendável, embora essa resistência possa ser parcial e necessitar de complementação com outras estratégias. O tratamento de sementes com fungicidas é eficaz para eliminar inóculos iniciais. A cobertura do solo com plástico ou palha também ajuda a evitar o contato de respingos de solo contaminado com as folhas, limitando a propagação do patógeno (Kimati et al., 2005).

O controle mecânico inclui a remoção de folhas infectadas logo no início da infecção, reduzindo a carga de inóculo disponível para novas infecções. Em ambientes protegidos, como estufas, é possível minimizar os riscos controlando o acesso do patógeno por meio de sistemas de ventilação e filtragem. Já no controle físico abrange o manejo adequado da irrigação, priorizando sistemas de gotejamento que mantêm as folhas secas, em vez de aspersão que favorece condições ideais para a germinação de esporos. Em estufas, a manutenção de uma ventilação eficiente e o controle da umidade relativa são medidas cruciais para criar um ambiente desfavorável ao fungo (Menten & Oliveira, 2020).

Por fim, o monitoramento climático e o uso de modelos preditivos são ferramentas indispensáveis no manejo da requeima. A previsão de condições ambientais favoráveis, como alta umidade e temperaturas entre 18 e 24 °C, permite intervenções preventivas mais precisas, como a aplicação de fungicidas no momento certo. O manejo integrado, combinando práticas culturais, químicas, biológicas e preventivas, é essencial para mitigar os danos da requeima, preservar a produtividade e a qualidade da cultura do tomate e minimizar impactos ambientais (Kimati et al., 2005).

### 3.2.2 Doenças bacterianas e estratégias de manejo

A murcha-bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) e o cancro-bacteriano (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*) são duas das doenças mais graves para a cultura do tomate, sendo responsáveis por grandes perdas de produtividade devido à sua alta severidade e impacto direto nas plantas. A murcha-bacteriana é particularmente devastadora, pois causa uma murcha rápida das plantas, com o colapso dos vasos condutores, o que compromete severamente a circulação de água e nutrientes. O patógeno é altamente agressivo e persistente no solo, o que torna o manejo extremamente difícil em áreas infestadas. Já o cancro-bacteriano provoca necrose e lesões nos caules e frutos, afetando o transporte de água e nutrientes, o que pode levar à morte da planta. Ambas as doenças comprometem gravemente a qualidade e a quantidade da produção, exigindo um controle rigoroso e estratégias de manejo preventivo para minimizar os danos (Kimati et al., 2005).

#### 3.2.2.1 Cancro-bacteriano (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*)

O cancro-bacteriano (Figura 3), causado pela bactéria *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, é uma doença que afeta severamente a saúde das plantas, manifestando-se por uma variedade de sintomas. Nas folhas, surgem manchas claras com bordas amareladas ou marrons, frequentemente acompanhadas por necroses que podem tomar toda a folha. A doença também causa murcha parcial ou completa, geralmente iniciando pelas margens foliares. Nos caules, desenvolvem-se lesões alongadas e necróticas que podem levar a fissuras, comprometendo o transporte de nutrientes. Nos frutos, destacam-se lesões deprimidas de coloração marrom ou preta, que podem secar ou, em condições de alta umidade, liberar uma substância pegajosa ou amarelada. Essas características tornam o cancro-bacteriano uma

ameaça significativa à produção agrícola, demandando medidas rigorosas de controle (Kimati et al., 2005).

**Figura 3.** Cancro-Bacteriano em Tomate.



Fonte: Ephytia, 2022.

A bactéria pode se disseminar por sementes contaminadas, solo infestado e respingos de água, exigindo estratégias integradas para seu manejo. O controle químico, embora limitado, pode incluir a aplicação de bactericidas à base de cobre, que ajudam a reduzir a disseminação da bactéria em estágios iniciais. No entanto, a eficácia desses produtos é baixa quando a infecção está avançada, reforçando a necessidade de um manejo preventivo. O controle biológico, embora ainda em desenvolvimento para o cancro-bacteriano, apresenta potencial promissor. Microrganismos antagonistas, como *Bacillus subtilis* e *Pseudomonas fluorescens*, têm sido avaliados para reduzir a sobrevivência e a colonização da bactéria em plantas e no solo. Esses agentes biológicos também podem promover o crescimento saudável das plantas, aumentando sua resistência ao estresse biótico (Lopes & Ávila, 2005).

Práticas culturais são essenciais para minimizar os impactos do cancro-bacteriano. O uso de sementes certificadas e livres de contaminação é a principal medida preventiva para evitar a introdução do patógeno na área de cultivo. A rotação de culturas com espécies não hospedeiras, como gramíneas, reduz a sobrevivência da bactéria no solo. O plantio em áreas bem drenadas e a eliminação de restos culturais após a colheita são medidas eficazes para reduzir a fonte de inóculo. Além disso, o espaçamento adequado entre as plantas melhora a circulação de ar, reduzindo o risco de infecção por respingos de água contaminada. O controle preventivo inclui o uso de variedades tolerantes ou resistentes ao patógeno, embora essas opções ainda sejam limitadas para o cancro-bacteriano. A desinfecção de ferramentas agrícolas e equipamentos utilizados no cultivo é indispensável, pois evita a disseminação mecânica da

bactéria entre plantas. O tratamento de sementes com água quente (50 °C por 25 a 30 minutos) é uma técnica eficaz para eliminar o inóculo inicial sem comprometer a germinação das sementes (Kimati et al., 2005).

O controle mecânico pode envolver a remoção e destruição de plantas infectadas assim que os sintomas forem identificados, impedindo que a bactéria se espalhe para plantas saudáveis. Essa prática deve ser acompanhada de cuidados rigorosos com a higiene dos trabalhadores e equipamentos envolvidos no manejo das plantas doentes. No controle físico inclui práticas de manejo hídrico, como irrigação por gotejamento, que reduz o risco de respingos de água contaminada atingirem as folhas e frutos. Evitar irrigação por aspersão em períodos de alta umidade também contribui para a redução da disseminação do patógeno (Menten & Oliveira, 2020).

Por fim, o monitoramento constante das plantas e o uso de diagnósticos precoces são essenciais para identificar a doença em seus estágios iniciais e tomar medidas imediatas. O manejo integrado, combinando práticas preventivas, culturais, mecânicas e químicas, é a abordagem mais eficaz para minimizar os danos causados pelo cancro-bacteriano, preservando a produtividade e a sanidade das lavouras de tomate (Kimati et al., 2005).

### 3.2.2.2 Murcha-bacteriana (*Ralstonia solanacearum*)

A murcha-bacteriana (Figura 4), causada pela bactéria *Ralstonia solanacearum*, é uma doença devastadora que compromete o sistema vascular das plantas, resultando em murcha e morte súbita. Inicialmente, observa-se murcha das folhas em períodos quentes do dia, com recuperação parcial à noite, evoluindo para murcha permanente, geralmente sem amarelecimento evidente. Em estágios mais avançados, as folhas podem apresentar clorose e a planta pode colapsar repentinamente, sem sinais externos de podridão. Internamente, os tecidos vasculares exibem manchas marrons, visíveis em cortes transversais do caule, frequentemente acompanhados por substância bacteriana viscosa ao pressionar os tecidos cortados. Quando imersas em água limpa, as seções cortadas do caule liberam fluxos branco-leitosos, indicativos da presença da bactéria. Próximo ao solo, podem surgir manchas ou estrias marrons nos caules, além de enraizamento acima das lesões como tentativa de sobrevivência da planta. Em casos severos, ocorre o colapso total do sistema radicular e vascular, com vazamento de substância bacteriana branca a amarelada na base do caule, agravando os danos e dificultando o manejo da doença (Kimati et al., 2005).

**Figura 4.** Murcha-Bacteriana em Tomate.



Fonte: Unilab, 2017.

Essa bactéria sobrevive no solo, na água e em restos culturais, exigindo uma abordagem integrada e rigorosa para o controle eficaz. O controle químico direto é limitado para a murcha-bacteriana, mas o uso de produtos à base de cobre e agentes biológicos, como *Bacillus subtilis*, pode ajudar a reduzir a população bacteriana no solo e nos tecidos infectados. O controle biológico está emergindo como uma estratégia promissora no manejo da murcha-bacteriana. Microrganismos antagônicos, como *Pseudomonas fluorescens*, *Trichoderma spp.* e *Bacillus subtilis*, podem atuar como agentes de biocontrole, competindo com *R. solanacearum* ou induzindo resistência nas plantas. Produtos biológicos comerciais à base desses organismos já estão disponíveis e têm mostrado resultados satisfatórios em experimentos de campo (Lopes & Ávila, 2005).

As práticas culturais desempenham um papel crucial no manejo da doença. A rotação de culturas com espécies não hospedeiras, como gramíneas ou leguminosas, é altamente recomendada para reduzir a sobrevivência da bactéria no solo. O uso de variedades de tomate tolerantes ou resistentes à murcha-bacteriana é uma estratégia preventiva eficaz em áreas endêmicas. A remoção e destruição de plantas infectadas e restos culturais são fundamentais para reduzir o inóculo disponível na área de cultivo. Além disso, a escolha de áreas bem drenadas para o plantio é essencial, pois solos encharcados favorecem a disseminação da bactéria. O manejo preventivo inclui o uso de mudas certificadas, produzidas em substrato esterilizado, para evitar a introdução inicial da bactéria na área de cultivo. A desinfecção de ferramentas agrícolas e calçados com soluções bactericidas é indispensável, especialmente ao manejar plantas infectadas. A instalação de barreiras físicas, como cortinas de vento e sistemas

de drenagem, pode ajudar a limitar a disseminação da bactéria pela água ou pelo vento (Kimati et al., 2005).

No controle mecânico, a retirada de plantas murchas logo após o início dos sintomas é crucial para evitar que a bactéria se espalhe para plantas vizinhas. Sistemas de irrigação por gotejamento devem ser priorizados para reduzir o contato da água contaminada com as folhas e raízes das plantas. O controle físico inclui a solarização do solo, uma prática eficaz para reduzir populações de *R. solanacearum* em áreas infestadas. Esse método consiste em cobrir o solo com plástico transparente durante o verão, permitindo que o calor elimine ou reduza a população bacteriana. Além disso, a manutenção de uma irrigação controlada, evitando encharcamentos, é essencial para minimizar a disseminação da bactéria (Menten & Oliveira, 2020).

Por fim, o monitoramento e a adoção de práticas integradas de manejo são indispensáveis para o controle da murcha-bacteriana. O uso de diagnósticos moleculares para identificar rapidamente a presença de *R. solanacearum* no solo e em plantas é uma ferramenta valiosa para ações preventivas e corretivas. A combinação de estratégias culturais, mecânicas, físicas, biológicas e preventivas é a melhor abordagem para minimizar os danos causados por essa doença e garantir a sustentabilidade do cultivo do tomate em áreas afetadas (Kimati et al., 2005).

### 3.2.3 Doenças virais e estratégias de manejo

O vira-cabeça (Tospovirus) e o mosaico-dourado (Geminivírus) são duas doenças virais que causam sérios danos à cultura do tomate, afetando a produtividade e a qualidade das plantas. O vira-cabeça provoca deformações severas, como nanismo, necrose e má formação de frutos, sendo transmitido por tripses. Sua rápida transmissão e ampla gama de hospedeiros tornam seu controle bastante desafiador. Já o mosaico-dourado, comum em regiões tropicais e subtropicais, provoca o amarelecimento das folhas, redução drástica no crescimento e significativa perda na produtividade. Transmitido pela mosca-branca (*Bemisia tabaci*), sua propagação é acelerada, dificultando o manejo. Ambas as doenças exigem estratégias de controle eficazes para evitar grandes perdas na produção (Kimati et al., 2005).

#### 3.2.3.1 Mosaico-dourado (Geminivírus)

O mosaico-dourado (Figura 5), causado por vírus do gênero *Geminivirus* e transmitido principalmente pela mosca-branca (*Bemisia tabaci*), é uma doença que afeta gravemente o

desenvolvimento das plantas. Nas folhas, manifesta-se por clorose em padrão de mosaico, alternando áreas verdes e amarelas, frequentemente acompanhada por deformações que as tornam menores, enrugadas e encarquilhadas. As margens das folhas podem apresentar enrolamento leve a acentuado, geralmente para cima, com veias esverdeadas contrastando com áreas cloróticas. A doença resulta em redução no tamanho da planta, que adquire uma aparência atrofiada e perde vigor, afetando também a produção. Os frutos se tornam menores, deformados e apresentam coloração irregular, enquanto as plantas severamente afetadas produzem menos flores e podem sofrer abortamento floral. Os sintomas tornam-se mais intensos em casos de alta infestação de vetores, destacando a necessidade de um controle efetivo da mosca-branca para minimizar os danos (Kimati et al., 2005).

**Figura 5.** Mosaico-Dourado em Tomate.



**Fonte:** Agristar do Brasil, 2025.

O controle químico de mosaico-dourado é focado no manejo do vetor, a mosca-branca, com o uso de inseticidas sistêmicos e de contato, como neonicotinoides (imidacloprido) e piretroides. No entanto, o manejo químico deve ser parte de um programa integrado para evitar a resistência do inseto. O controle biológico é uma estratégia sustentável para o manejo do vetor do mosaico-dourado. Predadores naturais da mosca-branca, como joaninhas (*Coccinellidae*) e crisopídeos (*Chrysoperla spp.*), além de parasitoides como *Encarsia formosa*, podem ser introduzidos ou estimulados a se estabelecerem na área de cultivo. Produtos à base de microrganismos entomopatogênicos, como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, também são ferramentas eficazes para reduzir populações da mosca-branca (Lopes & Ávila, 2005).

Práticas culturais são indispensáveis para minimizar a disseminação do mosaico-dourado. O plantio de variedades de tomate resistentes ou tolerantes ao geminivírus é uma das estratégias mais eficazes para evitar perdas. Além disso, a rotação de culturas com espécies não hospedeiras reduz a população da mosca-branca e, conseqüentemente, a disseminação do vírus. A eliminação de plantas hospedeiras alternativas e restos culturais que possam servir de reservatórios do vírus também é essencial. Medidas preventivas são fundamentais no manejo do mosaico-dourado. O uso de mudas certificadas, produzidas em ambientes protegidos, evita a introdução inicial do vírus no campo. Telas de proteção podem ser instaladas em estufas ou viveiros para impedir a entrada da mosca-branca. A instalação de armadilhas adesivas amarelas é útil para monitorar e reduzir as populações do vetor (Kimati et al., 2005).

O controle mecânico inclui a remoção e destruição de plantas infectadas logo que os sintomas sejam identificados, impedindo que sirvam de fonte de inóculo para outras plantas. Essa prática deve ser realizada com ferramentas higienizadas para evitar a disseminação mecânica do vírus. O controle físico envolve práticas como a instalação de barreiras naturais ou artificiais que dificultem o deslocamento da mosca-branca. A cobertura do solo com plástico prata é uma técnica eficaz, pois reflete a luz e desorienta o vetor, reduzindo sua atividade e infestação (Menten & Oliveira, 2020).

Por fim, o monitoramento contínuo é essencial para o manejo do mosaico-dourado. A adoção de práticas integradas que combinem controle químico, biológico, cultural, mecânico e físico é a abordagem mais eficaz para minimizar os impactos dessa doença. Além disso, a conscientização dos produtores sobre a importância de medidas preventivas e o manejo do vetor é fundamental para garantir a sustentabilidade e a produtividade das lavouras de tomate (Kimati et al., 2005).

### 3.2.3.2 Vira-cabeça (Tospovirus)

O vira-cabeça (Figura 6), causado por vírus do gênero Tospovirus e transmitido por tripses, afeta o desenvolvimento das plantas, resultando em sintomas como necroses nas folhas, deformações, e diminuição do tamanho das plantas, com aparência atrofiada. Folhas jovens podem apresentar clorose, e lesões necróticas podem surgir em hastes e pecíolos. As flores deformam-se e os frutos apresentam manchas circulares com necrose central. A doença pode causar queda precoce de flores e frutos, e, em casos graves, levar à morte da planta, exigindo manejo integrado para controle (Kimati et al., 2005).

**Figura 6.** Vira-Cabeça em Tomate.



Fonte: Revista Cultivar, 2020.

O controle químico de vira-cabeça está voltado para o manejo dos tripses, utilizando inseticidas como espinosinas (espinosade), piretroides e reguladores de crescimento de insetos. No entanto, o uso indiscriminado pode levar à resistência, sendo necessário integrá-lo a outras estratégias. O controle biológico é uma abordagem sustentável e eficaz contra os tripses, vetores do vira-cabeça. Predadores naturais, como crisopídeos (*Chrysoperla spp.*), joaninhas (*Coccinellidae*) e ácaros predadores, como *Amblyseius swirskii*, podem ser introduzidos ou conservados no ambiente para reduzir as populações de tripses. Fungos entomopatogênicos, como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, são outra alternativa viável para o manejo biológico dos vetores (Lopes & Ávila, 2005).

O manejo cultural é fundamental para minimizar a incidência do vira-cabeça. O uso de variedades de tomate resistentes ao tospovírus é uma medida altamente recomendada. A rotação de culturas com espécies não hospedeiras interrompe o ciclo de vida dos tripses e reduz a disseminação do vírus. A eliminação de plantas hospedeiras alternativas, como ervas daninhas e restos culturais, também é crucial para limitar as fontes de inóculo. Medidas preventivas incluem o uso de mudas saudáveis, livres do vírus, e produzidas em viveiros protegidos. Telas antiafídicas nas estufas ajudam a prevenir a entrada de tripses e, conseqüentemente, a transmissão do vírus. A instalação de armadilhas adesivas azuis auxilia no monitoramento das populações de tripses, permitindo intervenções mais precisas e eficazes (Kimati et al., 2005).

O controle mecânico envolve a remoção e destruição de plantas infectadas assim que os sintomas forem detectados, evitando que se tornem fontes de inóculo. Essa prática deve ser combinada com o manejo das ferramentas agrícolas, garantindo sua desinfecção para evitar a disseminação do vírus entre plantas saudáveis. No controle físico, a utilização de cobertura plástica

do solo, especialmente de cores refletivas como o prata, pode reduzir a colonização por tripses, desorientando-os. Sistemas de irrigação por gotejamento ajudam a manter a umidade do solo sem molhar a parte aérea das plantas, dificultando o desenvolvimento dos tripses e a transmissão do vírus (Menten & Oliveira, 2020).

O monitoramento regular da lavoura é indispensável para a detecção precoce de tripses e plantas infectadas. O manejo integrado, combinando controle químico, biológico, cultural, mecânico e físico, é a melhor estratégia para minimizar os impactos do vira-cabeça na cultura do tomate, promovendo sustentabilidade e produtividade a longo prazo (Kimati et al., 2005).

### 3.2.4 Doenças causadas por nematoides e estratégias de manejo

O nematoide-das-galhas (*Meloidogyne* spp.) e o nematoide-lesão-radicular (*Pratylenchus* spp.) são dois dos nematoides mais prejudiciais para a cultura do tomate, causando danos significativos ao sistema radicular e comprometendo a produtividade das plantas. O nematoide-das-galhas forma protuberâncias nas raízes, dificultando a absorção de água e nutrientes essenciais, o que pode levar a perdas consideráveis, especialmente em solos infestados. Já o nematoide-lesão-radicular penetra nas raízes, provocando lesões que afetam o desenvolvimento da planta e facilitam infecções secundárias por outros patógenos. Ambos os nematoides prejudicam o crescimento saudável das plantas, resultando em redução na produtividade e exigindo um controle rigoroso para minimizar os danos (Kimati et al., 2005).

#### 3.2.4.1 Nematoide-das-galhas (*Meloidogyne* spp.)

O nematoide-das-galhas (Figura 7), do gênero *Meloidogyne*, provoca uma série de sintomas que afetam gravemente o desenvolvimento das plantas. Nas partes aéreas, é comum o aparecimento de amarelecimento das folhas (clorose), deformações que tornam as folhas menores, enrugadas e encarquilhadas, e redução no tamanho geral da planta, que adquire uma aparência atrofiada. Os frutos, por sua vez, tornam-se menores, deformados e com coloração irregular. Em casos severos, as plantas podem apresentar colapso total e morte. O sintoma mais característico é a formação de galhas (inchaços) nas raízes, visíveis a olho nu, variando de pequenos nódulos a grandes deformações. Além disso, o sistema radicular sofre uma redução significativa em volume e comprimento, com raízes finas, pouco ramificadas e com aparência rugosa, além de áreas necróticas. A murcha das plantas é outro sinal evidente da infestação, uma

vez que o nematoide compromete a absorção de água e nutrientes, causando sérios danos ao desenvolvimento da cultura (Kimati et al., 2005).

**Figura 7.** Nematóide-das-Galhas em Tomate.



**Fonte:** Unilab, 2017.

O controle químico para o nematoide-das-galhas envolve o uso de nematicidas registrados, que podem ser aplicados ao solo antes do plantio ou em tratamentos localizados. Produtos à base de fluopiram e abamectina têm mostrado eficácia, mas devem ser utilizados com precaução devido aos impactos ambientais e à possibilidade de resistência. O controle biológico é uma alternativa sustentável no manejo do nematoide-das-galhas. Microrganismos como fungos nematófagos (*Paecilomyces lilacinus* e *Trichoderma* spp.) e bactérias como *Bacillus firmus* têm sido utilizados com sucesso para reduzir as populações de *Meloidogyne* no solo. Esses agentes biológicos estão disponíveis comercialmente e podem ser incorporados ao manejo integrado (Lopes & Ávila, 2005).

Práticas culturais são essenciais para o manejo dos nematoides. A rotação de culturas com plantas não hospedeiras, como gramíneas (milho e sorgo), reduz significativamente as populações de *Meloidogyne* no solo. O uso de plantas antagonistas, como crotalária e mucuna, também pode ajudar a diminuir a infestação. Outra prática eficaz é a utilização de variedades de tomate resistentes a nematoides, uma solução preventiva que limita os danos causados pela praga. Já as medidas preventivas incluem o uso de mudas livres de nematoides, produzidas em substratos esterilizados, para evitar a introdução inicial do problema. A solarização do solo, um método físico preventivo, consiste em cobrir o solo com plástico transparente durante o verão para elevar a temperatura e reduzir as populações de nematoides (Lopes & Ávila, 2005).

O controle mecânico abrange práticas como a remoção manual de plantas severamente infestadas, especialmente em estágios iniciais de desenvolvimento, para reduzir o inóculo. Além disso, o preparo adequado do solo, incluindo arações e gradagens, ajuda a expor os nematoides à superfície, onde são mais vulneráveis a fatores ambientais adversos. Já o controle físico, além da solarização, pode incluir a fumigação do solo em áreas de alta infestação, utilizando produtos específicos. Essa técnica deve ser realizada com cuidado e sob orientação técnica, devido ao impacto ambiental e à necessidade de equipamentos adequados (Lopes & Ávila, 2005).

O monitoramento contínuo da lavoura é indispensável para identificar áreas infestadas e avaliar a eficácia das estratégias de manejo. Amostras de solo e análise de raízes ajudam na detecção precoce da infestação. A combinação de práticas químicas, culturais, físicas, mecânicas e biológicas é fundamental para o controle efetivo do nematoide-das-galhas, garantindo a sustentabilidade e a produtividade na cultura do tomate (Kimati et al., 2005).

#### 3.2.4.2 Nematoide-lesão-radicular (*Pratylenchus* spp.)

O nematoide-lesão-radicular (Figura 8), do gênero *Pratylenchus*, é um patógeno que afeta principalmente as raízes das plantas, provocando uma série de sintomas que prejudicam seu crescimento e desenvolvimento. Nas partes aéreas, observa-se o amarelecimento das folhas (clorose), com deformações que tornam as folhas menores, enrugadas e encarquilhadas. A planta apresenta redução no tamanho geral, adquirindo uma aparência atrofiada, enquanto os frutos tornam-se menores, deformados e com coloração irregular. Em infestações severas, pode ocorrer o colapso total da planta e sua morte. O sistema radicular é afetado pela redução no volume e comprimento, com raízes finas, pouco ramificadas e com aparência rugosa, além de áreas necróticas. O sintoma característico inclui lesões escuras e necróticas ao longo das raízes, que podem sofrer apodrecimento parcial, com desprendimento fácil da epiderme ao toque. A murcha da planta também é evidente devido à incapacidade das raízes em absorver

adequadamente água e nutrientes, comprometendo o desenvolvimento e a produção da planta (Kimati et al., 2005).

**Figura 8.** Nematóide-Lesão-Radicular em Tomate.



**Fonte:** Syngenta Digital, 2022.

O controle químico para o nematóide-lesão-radicular envolve o uso de nematicidas registrados, como fluopiram e oxamil, que devem ser aplicados ao solo de forma localizada. Contudo, seu uso requer manejo adequado para evitar impactos negativos no meio ambiente e no solo. As práticas culturais desempenham um papel fundamental no manejo do nematóide-lesão-radicular. A rotação de culturas com espécies não hospedeiras, como gramíneas (milho, sorgo ou aveia), reduz significativamente as populações de *Pratylenchus* no solo. O uso de plantas antagonistas, como crotalária e mucuna, também pode ser adotado para diminuir a infestação. Além disso, a utilização de variedades de tomate resistentes ou tolerantes a nematoides é uma estratégia preventiva eficaz. O controle biológico é uma alternativa promissora e sustentável no manejo de *Pratylenchus* spp. Fungos nematófagos, como *Trichoderma* spp. e *Paecilomyces lilacinus*, e bactérias como *Bacillus firmus*, têm mostrado eficácia na redução de populações de nematoides no solo. Esses agentes biológicos podem ser incorporados ao manejo integrado como parte de uma abordagem sustentável (Menten & Oliveira, 2020).

Medidas preventivas incluem a solarização do solo, que consiste em cobri-lo com plástico transparente durante períodos de alta temperatura para eliminar os nematoides e outros patógenos. A utilização de mudas certificadas, produzidas em substratos livres de nematoides, é essencial para evitar a introdução da praga na lavoura (Menten & Oliveira, 2020).

O controle mecânico abrange práticas como o arranquio e a destruição de plantas infestadas para reduzir o inóculo presente no campo. Além disso, o preparo do solo por meio de arações e gradagens pode expor os nematoides à superfície, aumentando sua vulnerabilidade a condições ambientais adversas. O controle físico, além da solarização, pode incluir a fumigação do solo em áreas de alta infestação. Essa técnica é eficaz, mas deve ser utilizada sob supervisão técnica devido aos seus potenciais impactos ambientais e à necessidade de equipamentos específicos (Menten & Oliveira, 2020).

O monitoramento regular da área cultivada é essencial para detectar precocemente a infestação por *Pratylenchus*. Amostras de solo e raízes devem ser analisadas para identificar a presença e a densidade do nematoide. A implementação de um manejo integrado, combinando práticas químicas, culturais, preventivas, físicas, mecânicas e biológicas, é a melhor estratégia para controlar o nematoide-lesão-radicular e garantir a produtividade sustentável da cultura do tomate (Kimati et al., 2005).

### 3.3 Pragas do Tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.)

A produção do tomateiro enfrenta sérias ameaças causadas por uma diversidade de pragas que comprometem a sanidade das plantas, a qualidade dos frutos e a produtividade. Essas pragas afetam diferentes partes do tomateiro, desde folhas e caules até raízes e frutos, resultando em danos que variam de lesões leves a perdas severas, dependendo da intensidade e do tipo de infestação (Gallo et al., 2002). Segue no Quadro 3 as pragas que afetam a cultura do tomateiro de acordo com as bibliografias consultadas, com destaque para aquelas que serão inseridas no desenvolvimento do aplicativo.

**Quadro 3.** Pragas do Tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

| Pragas  |  |
|---------|--|
| Ácaros  | Ácaro-Branco ( <i>Polyphagotarsonemus latus</i> )                                |
|         | Ácaro-Rajado ( <i>Tetranychus urticae</i> )                                      |
|         | Microácaro/Ácaro-do-Bronzeamento ( <i>Aculops lycopersici</i> )                  |
| Insetos | Bicho-da-Tromba-de-Elefante ( <i>Phyrdenus divergens</i> e <i>Faustinus</i> sp.) |
|         | Broca-Grande-do-Fruto ( <i>Helicoverpa zea</i> )                                 |
|         | Broca-Pequena-do-Fruto ( <i>Neoleucinodes elegantalis</i> )                      |
|         | Grilo-Preto ( <i>Gryllus assimilis</i> )   |
|         | Lagarta-Rosca ( <i>Agrotis ipsilon</i> )   |

|  |   |
|--|---|
|  | <b>Mosca-Branca (<i>Bemisia tabaci</i>)*</b>                                      |
|  | Mosca-Minadora ( <i>Liriomyza</i> sp.)  |
|  | Paquinha ( <i>Neocurtilla hexadactyla</i> e <i>Scapteriscus</i> spp.)             |
|  | Patriota/Brasileirinho ( <i>Diabrotica speciosa</i> )                             |
|  | Percevejo-do-Tomate ( <i>Phthia picta</i> )                                       |
|  | Percevejo-Rendado ( <i>Corythaica cyathicollis</i> )                              |
|  | Pulgão ( <i>Myzus persicae</i> )  |
|  | Tigre-Confuso ( <i>Machanitis lysimnia</i> )                                      |
|  | <b>Traça-do-Tomateiro (<i>Tuta absoluta</i> e <i>Pthorimaea operculella</i>)*</b> |
|  | Tripes ( <i>Frankliniella</i> spp.)   |
|  | Vaquinha-da-Batatinha ( <i>Epicauta atomaria</i> )                                |
| <b>Outros</b>  | Caracóis  |
|  | Lesmas  |
|  | Pássaros  |
| <b>Legenda:</b> *Pragas selecionadas para o desenvolvimento do aplicativo. |   |

**Fonte:** Elaborado pelo autor a partir de: Embrapa, 1993; e Gallo et al., 2002.

Entre os insetos, destacam-se a traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*), que perfura folhas, brotos e frutos, causando deformidades e facilitando infecções secundárias, e a mosca-branca (*Bemisia tabaci*), responsável por danos diretos à planta e pela transmissão de viroses que reduzem drasticamente a produtividade. Outras pragas notáveis incluem a broca-grande-do-fruto (*Helicoverpa zea*) e a broca-pequena-do-fruto (*Neoleucinodes elegantalis*), que comprometem os frutos comercializáveis, e o ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*), que causa bronzeamento e queda das folhas, interferindo na fotossíntese. Além disso, pragas como pulgões (*Myzus persicae*) e tripes (*Frankliniella* spp.) não só causam danos diretos ao sugarem a seiva das plantas, mas também atuam como vetores de doenças virais, ampliando os prejuízos à cultura. Outros agentes como caracóis, lesmas e até mesmo aves podem atacar os frutos, adicionando complexidade ao manejo integrado de pragas (Gallo et al., 2002).

Os ácaros, como o ácaro-branco (*Polyphagotarsonemus latus*), o ácaro-rajado (*Tetranychus urticae*) e o microácaro/ácaro-do-bronzeamento (*Aculops lycopersici*), podem causar danos significativos à cultura do tomate, afetando principalmente as folhas e o desenvolvimento da planta. O ácaro-branco provoca o murchamento e o enfraquecimento das plantas, alimentando-se das células das folhas, o que leva à perda de vigor e redução na fotossíntese. O ácaro-Rajado é responsável por manchas e descoloração nas folhas, o que

também prejudica a fotossíntese e pode diminuir a produção de frutos. O microácaro causa o bronzeamento das folhas, levando à perda de folhas e comprometendo o crescimento da planta (Embrapa, 1993).

Além dos ácaros, pragas como pássaros, lesmas e caracóis também representam ameaças para a cultura do tomate. Os pássaros, como as maritacas, podem consumir as frutas, especialmente quando estão em estágio mais vulnerável, o que prejudica a produção e pode levar à perda de toda a colheita. Lesmas e caracóis, por sua vez, se alimentam das folhas e frutos do tomateiro, deixando buracos e causando deformações, o que pode reduzir a qualidade do produto final. Além disso, essas pragas também são vetores de patógenos que podem agravar ainda mais os problemas fitossanitários nas plantações. A presença dessas pragas requer monitoramento constante e medidas de controle adequadas para evitar prejuízos consideráveis na produtividade e qualidade da cultura do tomate (Embrapa, 1993).

O impacto dessas pragas na produção de tomateiros vai além da perda direta de produtividade, elevando os custos de controle e diminuindo a qualidade dos frutos, com reflexos na rentabilidade do produtor. A adoção de estratégias de manejo integrado de pragas, envolvendo monitoramento constante, controle biológico e uso racional de defensivos, é essencial para minimizar os danos e garantir a sustentabilidade da produção de tomate (Embrapa, 2022).

### **3.3.1 Insetos-praga e estratégias de manejo**

A traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) e a mosca-branca (*Bemisia tabaci*) são pragas que causam sérios danos à cultura do tomate, afetando a produtividade e a qualidade das plantas, qualificando-se como as principais pragas da cultura, considerando a severidade e o impacto na produtividade. A traça-do-tomateiro é uma das pragas mais destrutivas do tomate, atacando todas as partes da planta, especialmente os frutos, folhas e hastes. Sua capacidade de desenvolver resistência a inseticidas torna seu controle extremamente desafiador. Já a mosca-branca, além de causar danos diretos ao sugar a seiva das plantas, é vetor de várias doenças virais graves, como o mosaico-dourado, aumentando ainda mais os prejuízos para a cultura (Gallo et al., 2002).

#### **3.3.1.1 Mosca-branca (*Bemisia tabaci*)**

A mosca-branca (*Bemisia tabaci*) (Figura 9) é um inseto que causa danos significativos às plantas, tanto diretamente, por sua alimentação, quanto indiretamente, ao ser vetor de diversos vírus. Os sintomas nas plantas incluem o amarelecimento das folhas (clorose), que pode ser acompanhado por deformações, com folhas se tornando menores, enrugadas e encarquilhadas. Em decorrência da alimentação da mosca-branca, os frutos podem ficar reduzidos em tamanho, deformados e com coloração irregular. A planta também apresenta murcha, desfolha gradual e ondulação nas bordas das folhas. Além disso, o vazamento de melado (secreção açucarada) pelas picadas do inseto pode levar ao crescimento de fumos (fungos negros) nas folhas. O inseto, de pequeno porte e coloração branca, com asas inclinadas, é frequentemente visível nas folhas inferiores e nos brotos das plantas, tornando-se um sinal claro da infestação. O controle da mosca-branca é essencial para evitar a propagação de doenças e minimizar os danos causados à planta (Gallo et al., 2002).

**Figura 9.** Mosca-Branca em Tomate.



**Fonte:** Agroadvance, 2024.

O controle químico é amplamente utilizado e inclui inseticidas à base de neonicotinoides, piretroides e reguladores de crescimento. No entanto, é essencial realizar o manejo químico de forma rotativa, para evitar o desenvolvimento de resistência nas populações de mosca-branca. O controle biológico é uma alternativa sustentável e altamente recomendada no manejo da mosca-branca. Inimigos naturais, como vespas parasitoides (*Encarsia formosa* e *Eretmocerus spp.*), joaninhas (*Coccinellidae*), crisopídeos (*Chrysoperla spp.*) e fungos entomopatogênicos (*Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*), têm demonstrado eficácia em reduzir as populações de *Bemisia tabaci*. Esses agentes podem ser liberados no campo ou conservados por meio de práticas que preservem sua presença natural (Leite & Fialho, 2017).

Práticas culturais desempenham um papel importante na redução das populações de mosca-branca. O uso de variedades de tomate tolerantes ou resistentes a doenças transmitidas pela praga é uma medida preventiva eficaz. A rotação de culturas com espécies não hospedeiras, como milho e sorgo, interrompe o ciclo de vida da praga. A eliminação de plantas hospedeiras alternativas, como ervas daninhas, também ajuda a minimizar as fontes de inóculo. Medidas preventivas incluem a instalação de barreiras físicas, como telas antiafídicas, em viveiros e estufas, para impedir a entrada da mosca-branca. A produção de mudas em ambientes protegidos e o uso de material genético certificado reduzem o risco de infestação inicial. Armadilhas adesivas amarelas podem ser usadas para monitorar as populações e, em alguns casos, reduzir a presença de adultos (Leite & Fialho, 2017).

O controle mecânico pode ser realizado por meio da remoção de folhas infestadas, principalmente nas bordas da lavoura, onde a concentração de mosca-branca tende a ser maior. A destruição de restos culturais após a colheita é outra prática eficaz para limitar a reprodução da praga. O controle físico inclui práticas como a utilização de coberturas plásticas do solo, que podem refletir luz e desorientar os adultos da mosca-branca. Sistemas de irrigação por gotejamento ajudam a reduzir a umidade da parte aérea das plantas, criando condições menos favoráveis para a praga (Leite & Fialho, 2017).

O monitoramento contínuo da lavoura é indispensável para detectar os níveis populacionais da mosca-branca e aplicar intervenções no momento adequado. Um manejo integrado, combinando controles químicos, biológicos, culturais, mecânicos, físicos e preventivos, é a abordagem mais eficaz para mitigar os impactos da mosca-branca e garantir a produtividade sustentável da cultura do tomate (Gallo et al., 2002).

### 3.3.1.2 Traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*)

*Tuta absoluta* e *Phthorimaea operculella*, ambas popularmente conhecidas como traça-do-tomateiro (Figura 10), praga que afeta gravemente as plantas de tomate e outras solanáceas. Os sintomas incluem o amarelecimento das folhas (clorose), redução no tamanho geral da

planta, que adquire uma aparência atrofiada, e frutos de tamanho reduzido, deformados e com coloração irregular. As folhas apresentam pequenas perfurações redondas, frequentemente acompanhadas de necrose, com bordas amareladas ou necróticas, visíveis a olho nu, muitas vezes no formato de galerias criadas pelas larvas. Os danos também afetam as flores e frutos (principalmente os verdes), com perfurações e necrose. Dentro das galerias ou folhas, as larvas podem ser vistas, com coloração esbranquiçada a amarelada. Nos frutos severamente infestados, surgem buracos profundos, levando ao apodrecimento. Além disso, é possível observar mariposas pequenas (6 a 9 mm), de asas marrom claro a escuro, com manchas claras e escuras. As larvas causam galhas e túneis nas folhas e caules, destruindo o tecido interno da planta e comprometendo sua saúde e produtividade (Gallo et al., 2002).

**Figura 10.** Traça-do-Tomateiro em Tomate.



Fonte: BIOCONTROLE, 2025.

O controle químico é frequentemente utilizado e envolve o uso de inseticidas, como os à base de diamidas, piretroides e neonicotinoides. No entanto, o uso constante desses produtos pode levar à resistência, o que torna fundamental alternar os princípios ativos e aplicar os inseticidas no momento adequado, com base no estágio de desenvolvimento da praga. O controle biológico é uma alternativa eficaz e sustentável no manejo da *Tuta absoluta*. Inimigos naturais como vespas parasitoides (*Trichogramma spp.*, *Gonatocerus spp.*) e predadores como crisopídeos (*Chrysoperla spp.*) podem ser introduzidos para reduzir a população de larvas. Além disso, fungos entomopatogênicos como *Beauveria bassiana* têm mostrado eficácia no controle das larvas da traça (Leite & Fialho, 2017).

O controle cultural tem grande importância no manejo da *Tuta absoluta*. A rotação de culturas com espécies que não são hospedeiras da praga pode reduzir a pressão populacional e ajudar a interromper o ciclo da praga. Além disso, a eliminação de plantas infestadas e restos culturais após a colheita reduz as fontes de inóculo. O uso de variedades de tomate resistentes ou tolerantes à *Tuta absoluta* também é uma estratégia útil na prevenção e controle da praga. Medidas preventivas incluem o uso de armadilhas sexuais, que ajudam a monitorar e capturar adultos da traça, além de reduzir a população de moscas. A cobertura do solo com plásticos refletivos pode dificultar a postura dos ovos e a atividade dos adultos, ao mesmo tempo que reduz a presença de plantas hospedeiras alternativas. O cultivo de tomates em estufas protegidas e o uso de telas antiafídicas também são recomendados para limitar a entrada da praga nas lavouras (Leite & Fialho, 2017).

O controle mecânico envolve a remoção manual de folhas e frutos infestados, assim como a destruição de plantas daninhas que servem de hospedeiras para a praga. Além disso, o uso de técnicas de poda pode ajudar a reduzir a quantidade de folhas e frutos suscetíveis à infestação. No controle físico, o uso de barreiras físicas, como coberturas plásticas, pode reduzir a dispersão das larvas, protegendo as plantas jovens de ataques. A implementação de sistemas de irrigação por gotejamento também diminui a umidade nas folhas, dificultando a sobrevivência e a atividade das larvas (Leite & Fialho, 2017).

O monitoramento constante da lavoura é fundamental para identificar a presença da praga e tomar decisões de controle no momento adequado. O uso de armadilhas, a inspeção regular das plantas e a coleta de amostras para avaliação do estágio da infestação são essenciais para um manejo eficaz. A adoção de um manejo integrado de pragas, combinando medidas químicas, biológicas, culturais, físicas e preventivas, é a melhor estratégia para minimizar os danos causados pela *Tuta absoluta* e garantir uma produção de tomate saudável e sustentável (Gallo et al., 2002).

### **3.4 Distúrbios Fisiológicos do Tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.)**

A cultura do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é sensível a uma variedade de distúrbios fisiológicos que podem comprometer a saúde das plantas, a qualidade dos frutos e a produtividade da lavoura. Esses distúrbios não são causados por agentes infecciosos, mas por condições ambientais desfavoráveis, práticas culturais inadequadas ou desequilíbrios nutricionais, exigindo manejo cuidadoso para evitar perdas significativas (Minami & Haag, 1980). Segue no Quadro 4 os distúrbios fisiológicos que afetam a cultura do tomateiro de acordo

com as bibliografias consultadas, com destaque para aquelas que serão inseridas no desenvolvimento do aplicativo.

**Quadro 4.** Distúrbios Fisiológicos do Tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

| <b>Distúrbios Fisiológicos</b>   |                            |
|----------------------------------|----------------------------|
| <b>Deficiências Nutricionais</b> | Boro (B)                   |
|                                  | <b>Cálcio (Ca)*</b>        |
|                                  | Cobre (Cu)                 |
|                                  | Enxofre (S)                |
|                                  | Ferro (Fe)                 |
|                                  | Fósforo (P)                |
|                                  | Magnésio (Mg)              |
|                                  | Manganês (Mn)              |
|                                  | Molibdênio (Mo)            |
|                                  | <b>Nitrogênio (N)*</b>     |
|                                  | Potássio (K)               |
|                                  | Zinco (Zn)                 |
| <b>Fitotoxicidade</b>            | <b>Boro (B)*</b>           |
|                                  | Cálcio (Ca)                |
|                                  | <b>Cobre (Cu)*</b>         |
|                                  | Enxofre (S)                |
|                                  | Ferro (Fe)                 |
|                                  | Fósforo (P)                |
|                                  | Magnésio (Mg)              |
|                                  | Manganês (Mn)              |
|                                  | Molibdênio (Mo)            |
|                                  | Nitrogênio (N)             |
|                                  | Potássio (K)               |
|                                  | Zinco (Zn)                 |
| <b>Outros</b>                    | Deriva a Agroquímicos      |
|                                  | Excesso de Água            |
|                                  | Excesso de Luz             |
|                                  | <b>Falta de Água*</b>      |
|                                  | Falta de Luz               |
|                                  | <b>Temperaturas Altas*</b> |

|   |                     |
|---|---------------------|
|   | Temperaturas Baixas |
| <b>Legenda:</b> *Distúrbios fisiológicos selecionados para o desenvolvimento do aplicativo. |                     |

**Fonte:** Elaborado pelo autor a partir de: Embrapa, 1993; e Minami & Haag, 1980.

As deficiências nutricionais são uma das principais causas de distúrbios no tomateiro. Elementos como cálcio (Ca) e boro (B) são críticos para a formação adequada dos frutos, e sua ausência pode levar a problemas como a podridão apical e deformidades. Já a deficiência de nitrogênio (N), fósforo (P) ou potássio (K) afeta diretamente o crescimento e o vigor das plantas, reduzindo sua produtividade. O excesso ou a deficiência de micronutrientes, como ferro (Fe) e zinco (Zn), também pode causar sintomas visíveis, como clorose e necrose em folhas, comprometendo o desenvolvimento da planta (Rezende, 2007).

Além disso, fatores ambientais, como excesso ou falta de água, temperaturas extremas e luminosidade inadequada, podem gerar estresses fisiológicos. Por exemplo, o excesso de luz pode causar escaldadura dos frutos, enquanto a falta de luz reduz a fotossíntese, impactando o crescimento. Temperaturas muito altas ou muito baixas afetam a floração, o pegamento de frutos e a qualidade final da produção (Minami & Haag, 1980).

A fitotoxicidade, seja por excesso de nutrientes ou pelo uso inadequado de defensivos químicos, representa outro desafio importante. Sintomas como queimaduras foliares e redução do crescimento podem surgir devido a desequilíbrios químicos no solo ou na aplicação de produtos (Embrapa, 2022). Esses distúrbios fisiológicos são altamente prejudiciais à produção, aumentando os custos e reduzindo a competitividade do tomate no mercado. O manejo adequado, baseado em diagnósticos precisos e práticas culturais equilibradas, é essencial para prevenir e mitigar esses problemas, garantindo a sustentabilidade da cultura (Embrapa, 2022).

### 3.4.1 Deficiências nutricionais e estratégias de manejo

A deficiência de cálcio (Ca) e nitrogênio (N) são dois problemas nutricionais significativos que afetam a cultura do tomate, comprometendo tanto a qualidade quanto a quantidade da produção. A deficiência de cálcio está frequentemente associada ao problema conhecido como "podridão apical" ou "blossom-end rot", caracterizado pelo aparecimento de áreas necróticas nos frutos, especialmente na extremidade inferior. Isso ocorre porque o cálcio é essencial para a integridade da parede celular e a função das membranas celulares, e sua deficiência pode surgir devido à má distribuição na planta, mesmo quando o solo contém

quantidades adequadas de cálcio. Já a deficiência de nitrogênio afeta diretamente o crescimento vegetativo das plantas de tomate, resultando em crescimento atrofiado e folhas amareladas (clorose). O nitrogênio é um componente essencial de aminoácidos, proteínas e clorofila, e sua falta pode reduzir o desenvolvimento de flores e frutos. Essa deficiência pode causar uma diminuição significativa na produtividade, prejudicando tanto o volume quanto a qualidade dos frutos, e afetando a saúde geral da planta. Ambas as deficiências exigem estratégias de manejo nutricional cuidadoso para garantir a saúde das plantas e o sucesso da produção (Rezende, 2007, 2020).

#### 3.4.1.1 Deficiência de cálcio (Ca)

A deficiência de cálcio (Ca) (Figura 11) nas plantas é um distúrbio nutricional que causa diversos sintomas que afetam o crescimento e a qualidade dos frutos. As folhas tornam-se deformadas, menores, enrugadas e encarquilhadas, enquanto os frutos apresentam tamanho reduzido, deformações e coloração não uniforme. A deficiência de cálcio também pode resultar na queda prematura de flores e frutos. O sistema radicular fica comprometido, com redução no volume e comprimento das raízes, que se tornam finas e pouco ramificadas. A planta apresenta sinais de murcha e necrose nas extremidades das folhas (queima marginal), que passam a ter bordas amarelas ou marrons. Nos frutos, observa-se necrose apical, com queima nas pontas, além de rachaduras. As folhas jovens apresentam enrolamento, tornando-se espessas e duras, com uma textura cerosa ou crocante. A dificuldade na formação de flores e frutos é outra consequência da deficiência, que também causa desidratação e escurecimento nas lesões. O manejo adequado da nutrição, incluindo a reposição de cálcio, é essencial para prevenir e corrigir esses sintomas (Minami & Haag, 1980).

**Figura 11.** Deficiência de Cálcio em Tomate.



Fonte: Elevagro, 2015.

A deficiência de cálcio (Ca) no tomateiro é um problema significativo que pode afetar tanto a qualidade quanto a produtividade da planta. O cálcio é essencial para a formação da parede celular, a manutenção da integridade estrutural das células e o bom funcionamento de processos fisiológicos, como a divisão celular e o transporte de outros nutrientes. O controle da deficiência de cálcio começa com a correção das condições do solo. Para isso, é fundamental realizar análises de solo regulares, de modo a identificar os níveis de cálcio presentes e garantir a aplicação adequada de fertilizantes. Caso o solo esteja carente de cálcio, a aplicação de calcário ou fontes de cálcio solúveis pode ser necessária para melhorar a acidez e a disponibilidade do nutriente. A irrigação adequada também é crucial, pois o cálcio é absorvido pelas raízes com a água. Em solos secos, a absorção de cálcio pode ser dificultada, por isso, sistemas de irrigação como o gotejamento são altamente recomendados, pois garantem que o cálcio seja absorvido eficientemente pelas plantas (Lopes & Ávila, 2005).

Quando a deficiência é identificada precocemente, a aplicação foliar de cálcio pode ser uma solução eficaz. Fertilizantes líquidos à base de cálcio, como o cloreto de cálcio ou o nitrato de cálcio, podem ser aplicados diretamente nas folhas para uma absorção rápida do nutriente, especialmente durante a floração e o desenvolvimento dos frutos. Além disso, o uso de reguladores de crescimento, como o ácido giberélico, pode ajudar a melhorar a absorção e distribuição do cálcio nas plantas (Lopes & Ávila, 2005).

Práticas de manejo do solo também são importantes para garantir que o cálcio esteja disponível. A incorporação de matéria orgânica ao solo melhora sua estrutura, promovendo uma melhor aeração e capacidade de retenção de água, o que facilita a absorção de cálcio pelas raízes. O uso de cobertura do solo com *mulches* orgânicos pode ajudar a manter a umidade e a temperatura do solo estáveis, criando um ambiente favorável para a absorção de nutrientes (Embrapa, 1993).

Monitorar regularmente a saúde das plantas, por meio de análises de solo e folhas, é essencial para detectar precocemente qualquer deficiência de cálcio. Com um diagnóstico rápido, é possível tomar as medidas corretivas necessárias, evitando danos graves à cultura. Ajustes no manejo da irrigação, fertilização e controle do pH do solo devem ser feitos conforme necessário para garantir que o cálcio esteja disponível em quantidades adequadas (Embrapa, 1993).

#### **3.4.1.2 Deficiência de nitrogênio (N)**

A deficiência de nitrogênio (N) (Figura 12) nas plantas resulta em uma série de sintomas visíveis que afetam tanto o crescimento quanto a produção. Um dos primeiros sinais é o amarelecimento das folhas (clorose), que ocorre de forma mais acentuada nas folhas mais velhas. A planta tende a ter uma redução no tamanho geral, adquirindo uma aparência atrofiada, e os frutos ficam menores, deformados e com coloração irregular. As folhas apresentam descoloração, variando entre um tom amarelo claro e esverdeado pálido. As folhas tornam-se finas, com margens irregulares e com coloração mais pálida. A murcha das folhas mais velhas é evidente, e elas podem cair prematuramente. A produção de flores é reduzida, resultando em maior taxa de abortamento floral, e a maturação dos frutos também é comprometida, com tomates amadurecendo de forma irregular ou com atraso significativo. O manejo adequado da fertilização nitrogenada é essencial para corrigir esses sintomas e promover o crescimento saudável das plantas (Minami & Haag, 1980).

**Figura 12.** Deficiência de Nitrogênio em Tomate.



Fonte: Embrapa, 2006.

A deficiência de nitrogênio (N) no tomateiro é um problema nutricional comum que afeta diretamente o crescimento, a produção e a qualidade dos frutos. O nitrogênio é um dos nutrientes mais importantes para as plantas, pois está envolvido na formação de proteínas, clorofila e outros compostos essenciais para o desenvolvimento vegetativo e a fotossíntese. Para o controle da deficiência de nitrogênio os fertilizantes à base de ureia, nitrato de amônio ou sulfonitrato de amônio são opções comuns, e sua aplicação pode ser feita tanto no solo quanto via foliar, dependendo da gravidade da deficiência e da fase de desenvolvimento da planta (Lopes & Ávila, 2005).

A aplicação de fertilizantes nitrogenados deve ser feita de forma gradual e equilibrada, pois o excesso de nitrogênio também pode causar problemas, como o crescimento excessivo das folhas em detrimento da formação de frutos. A divisão da aplicação ao longo do ciclo de cultivo, com base nas necessidades da planta, é uma prática recomendada para otimizar a absorção do nutriente e evitar desperdícios (Minami & Haag, 1980).

Além disso, o manejo adequado da irrigação é fundamental para o controle da deficiência de nitrogênio. A irrigação excessiva pode lixiviar o nitrogênio do solo, enquanto a falta de água pode prejudicar a absorção do nutriente pelas raízes. Portanto, a irrigação deve ser feita de forma equilibrada, garantindo que o solo permaneça úmido, mas sem encharcar, permitindo que a planta absorva o nitrogênio de maneira eficiente (Lopes & Ávila, 2005).

Em sistemas agrícolas mais sustentáveis, o uso de adubação verde ou a incorporação de plantas leguminosas que fixam nitrogênio no solo pode ser uma estratégia adicional para melhorar os níveis de nitrogênio no solo. Essas plantas ajudam a enriquecer o solo com o nutriente, reduzindo a necessidade de fertilizantes químicos e promovendo a sustentabilidade do sistema de cultivo. O monitoramento constante das plantas é crucial para detectar rapidamente os sintomas da deficiência de nitrogênio. Inspeções regulares permitem que o produtor identifique problemas nutricionais antes que eles causem danos irreparáveis à cultura. A correção antecipada é essencial para garantir o desenvolvimento saudável das plantas e a produção de tomates de alta qualidade (Embrapa, 1993).

### **3.4.2 Fitotoxicidade por nutrientes e estratégias de manejo**

O excesso de boro (B) e cobre (Cu) são duas das principais causas de fitotoxicidade na cultura do tomate, resultando em graves prejuízos na produtividade das plantas. O boro em níveis elevados pode causar sintomas de toxicidade, como clorose nas margens das folhas mais velhas, que podem evoluir para necrose. Isso ocorre devido à interferência do boro na regulação da parede celular, prejudicando o transporte de água e nutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta. Já o cobre, quando presente em concentrações excessivas, pode provocar manchas cloróticas ou necróticas nas folhas, além de redução no crescimento radicular. Em plantas jovens, a fitotoxicidade por cobre pode até causar toxicidade sistêmica, afetando seu crescimento e desenvolvimento. Além disso, altos níveis de cobre no solo interferem na absorção de outros micronutrientes, como ferro e zinco, comprometendo ainda mais a saúde da planta. Ambas as condições afetam diretamente a qualidade e a quantidade da

produção, exigindo um controle rigoroso da aplicação de fertilizantes e monitoramento constante para evitar danos significativos (Embrapa, 2022).

#### 3.4.2.1 Fitotoxicidade por boro (B)

A fitotoxicidade por boro (B) (Figura 13) ocorre quando há excesso desse micronutriente no solo ou nas plantas, causando danos como manchas escuras, deformações nas folhas e frutos, murcha, coloração irregular e redução no tamanho da planta. Os frutos podem apresentar rachaduras e lesões, e há diminuição na produção de flores devido ao abortamento floral. O manejo adequado da adubação com boro é essencial para evitar esses problemas e garantir o crescimento saudável das plantas. (Minami & Haag, 1980).

**Figura 13.** Fitotoxicidade por Boro em Tomate.



Fonte: Ephytia, 2022.

Para combater e controlar a fitotoxicidade por boro, várias medidas podem ser adotadas. Primeiramente, é importante realizar uma análise de solo para verificar os níveis de boro e ajustar a aplicação de fertilizantes conforme as necessidades da cultura. O pH do solo também deve ser monitorado, pois solos alcalinos liberam mais boro para as plantas. A aplicação de fertilizantes com boro deve ser feita de forma controlada, com base nos resultados da análise de solo, evitando excessos. Fertilizantes foliares com boro também devem ser evitados, quando a planta apresentar esse tipo de problema, já que sua absorção é mais eficiente e pode exacerbar a toxicidade (Embrapa, 1993).

Uma alternativa é o uso de fertilizantes de liberação lenta, que fornecem o boro de forma gradual, evitando acúmulos excessivos no solo e nas plantas. Também é necessário corrigir o pH do solo, mantendo-o entre 6 e 6,5, para reduzir a disponibilidade de boro em solos alcalinos. A irrigação, quando feita de maneira equilibrada, pode ajudar a diluir o boro no solo e reduzir a toxicidade, evitando que o nutriente se acumule nas camadas superficiais (Embrapa, 1993).

#### 3.4.2.2 Fitotoxicidade por cobre (Cu)

A fitotoxicidade por cobre (Cu) (Figura 14) nas plantas é um distúrbio causado pela excessiva aplicação de cobre, resultando em uma série de sintomas que afetam a saúde geral da planta. As folhas apresentam pequenas manchas escuras que aumentam de tamanho ao longo do tempo, além de deformações, tornando-se menores, enrugadas e encarquilhadas.

**Figura 14.** Fitotoxicidade por Cobre em Tomate.



**Fonte:** Ephytia, 2022.

A planta como um todo diminui de tamanho, adquirindo uma aparência atrofiada, e o sistema radicular é afetado, com raízes finas e pouco ramificadas, resultando em uma redução no volume e comprimento das raízes. A murcha da planta é frequentemente observada, acompanhada de ondulação nas bordas das folhas, que se tornam amarelas ou marrons. As folhas também podem apresentar descoloração, com um tom amarelo claro ou esverdeado pálido. A produção de flores é reduzida, com uma maior taxa de abortamento floral, e as folhas podem apresentar espessamento. Os frutos, por sua vez, apresentam lesões deprimidas, de

coloração marrom ou preta. A fitotoxicidade por cobre também causa a mortalidade do meristema apical, resultando em crescimento estagnado e deformações nas novas brotações, além de uma intensa desfolha. A aplicação controlada de cobre, respeitando as doses recomendadas, é essencial para evitar danos às plantas (Minami & Haag, 1980). Para combater a fitotoxicidade por cobre, a primeira medida é realizar uma análise de solo. A análise permite verificar os níveis de cobre presentes e determinar se o solo já possui concentrações excessivas desse micronutriente, possibilitando um ajuste nas práticas de manejo. Solos com pH baixo tendem a liberar mais cobre, o que aumenta o risco de toxicidade, por isso é fundamental monitorar o pH e ajustar conforme necessário (Lopes & Ávila, 2005).

O controle da fertilização também é crucial. Fertilizantes com cobre, como o oxiclureto ou o sulfato de cobre, devem ser aplicados com cautela, sempre respeitando as doses recomendadas para evitar excessos. O uso de fertilizantes foliares com cobre deve ser evitado, pois a absorção através das folhas é mais eficiente, o que pode resultar em acúmulo excessivo nas plantas. A utilização de fertilizantes de liberação lenta pode ser uma alternativa mais segura, pois eles liberam o cobre de forma gradual, minimizando os riscos de fitotoxicidade (Lopes & Ávila, 2005).

A correção do pH do solo também é uma medida importante. Solos ácidos aumentam a solubilidade do cobre, tornando-o mais disponível para as plantas. Portanto, é necessário corrigir o pH para níveis mais neutros, entre 6 e 6,5, usando corretivos como calcário. Essa correção deve ser realizada com cuidado, pois mudanças rápidas no pH podem prejudicar a disponibilidade de outros nutrientes essenciais para a planta (Embrapa, 1993).

A irrigação também desempenha um papel importante no controle da fitotoxicidade por cobre. A irrigação eficiente pode ajudar a diluir o cobre no solo e promover sua lixiviação para camadas mais profundas, reduzindo o risco de toxicidade nas raízes. No entanto, deve-se evitar a irrigação excessiva, que pode causar outros problemas, como o alagamento do solo. Em casos mais graves de fitotoxicidade, é necessário remover as plantas afetadas. A remoção ajuda a evitar o acúmulo de cobre nas plantas e reduz o impacto da toxicidade na produtividade da lavoura. Após a remoção, é importante monitorar a área para garantir que o problema não se repita (Minami & Haag, 1980).

### **3.4.3 *Outros distúrbios fisiológicos e estratégias de manejo***

As temperaturas altas e a falta de água são dois fatores ambientais críticos que afetam negativamente a cultura do tomate, impactando diretamente o crescimento das plantas e a

qualidade da produção. O tomate é altamente sensível ao calor excessivo, o que pode resultar no abortamento de flores, má formação dos frutos e problemas como o ombro amarelo, onde a coloração dos frutos se torna desuniforme. Além disso, as altas temperaturas favorecem a evapotranspiração, o que aumenta o estresse hídrico e pode comprometer a saúde da planta. Por outro lado, a falta de água prejudica o desenvolvimento das plantas, afetando o enchimento dos frutos e resultando em problemas como a podridão apical e rachaduras nos frutos. A deficiência hídrica também pode reduzir a produtividade, pois o tomate exige um fornecimento constante e adequado de água para um bom crescimento. Durante períodos de seca, esses problemas se intensificam, exigindo estratégias de manejo da irrigação para mitigar os efeitos negativos e garantir uma colheita de qualidade (Minami & Haag, 1980).

#### 3.4.3.1 Falta de água

A falta de água nas plantas de tomate (Figura 15) resulta em uma série de sintomas que refletem o estresse hídrico e a incapacidade da planta de realizar suas funções vitais.

**Figura 15.** Falta de Água em Tomate.



**Fonte:** Plantix, 2020.

A desfolha intensa é um dos sinais mais comuns, acompanhada de amarelecimento das folhas (clorose), especialmente nas mais velhas. A planta apresenta uma redução no tamanho

geral, ficando com aparência atrofiada. A queda prematura de flores e frutos também ocorre, devido à falta de recursos para sustentar o desenvolvimento. A murcha das folhas e da planta como um todo é evidente, com bordas foliares se tornando amarelas ou marrons. Além disso, pode ocorrer rachadura nos frutos e cessamento no desenvolvimento e crescimento deles, resultando em frutos pequenos e mal formados. A falta de água pode levar à rápida morte das plantas, especialmente em períodos de extrema seca. Outro sintoma característico é a queima nas pontas das folhas, onde as extremidades se tornam secas e necrosadas. A reposição adequada de água e o manejo correto da irrigação são fundamentais para evitar esses danos e garantir a saúde das plantas (Lopes & Ávila, 2005).

A falta de água é um dos principais fatores limitantes para o desenvolvimento da cultura do tomate. Como planta de alto consumo hídrico, o tomateiro depende de uma quantidade adequada de água para garantir seu crescimento saudável, a formação de frutos de boa qualidade e uma boa produtividade. A deficiência de água pode causar uma série de problemas fisiológicos e agronômicos, como o retardo no crescimento, a queda prematura de flores e frutos, além do surgimento de rachaduras nos frutos, que comprometem sua comercialização. O estresse hídrico também pode reduzir a qualidade do fruto, afetando a consistência, o sabor e a cor, o que torna a produção menos atrativa para o mercado (Minami & Haag, 1980).

A principal estratégia de manejo para a falta de água na cultura do tomate é a adoção de práticas adequadas de irrigação. A irrigação localizada, especialmente o sistema de gotejamento, é uma das técnicas mais eficientes para fornecer água de forma controlada e direcionada às raízes da planta. Esse sistema reduz o desperdício de água, promovendo uma distribuição uniforme e evitando a molhação excessiva das folhas, o que pode aumentar o risco de doenças fúngicas e bacterianas. Além disso, o gotejamento permite que a planta receba a quantidade exata de água necessária para o seu desenvolvimento, sem o risco de encharcar o solo. Outro sistema eficiente é a irrigação por aspersão, que também pode ser usada em áreas maiores, embora ela seja mais suscetível a perdas por evaporação e possa ser menos eficaz em climas quentes. Por isso, deve ser adotada com cuidado, considerando a umidade relativa do ambiente e a necessidade de fornecer água no momento certo (Minami & Haag, 1980).

Além de práticas de irrigação eficientes, a cobertura do solo com *mulches* (coberturas orgânicas ou plásticas) também é uma técnica importante para mitigar os efeitos da falta de água. Os *mulches* ajudam a reduzir a evaporação da água no solo, mantendo a umidade por mais tempo e proporcionando um ambiente mais estável para o desenvolvimento das raízes. A cobertura também ajuda a controlar a temperatura do solo, evitando oscilações bruscas que

podem afetar o metabolismo das plantas. A monitorização constante das condições hídricas do solo é outra prática fundamental. O uso de sensores de umidade do solo permite que o produtor identifique quando a planta está realmente necessitando de água, evitando tanto a escassez quanto o excesso de irrigação. Esse tipo de monitoramento garante que a irrigação seja feita de forma precisa e eficiente, ajustando-se às condições climáticas e ao estágio de desenvolvimento das plantas (Lopes & Ávila, 2005).

Além disso, em condições de escassez de água, a escolha de variedades de tomate mais resistentes ao estresse hídrico pode ser uma alternativa. Existem cultivares de tomate que possuem maior tolerância à seca, que podem ser mais adequadas para regiões com escassez hídrica ou em sistemas de irrigação mais limitados. O manejo adequado do solo também desempenha um papel importante no controle da falta de água. A adição de matéria orgânica ao solo melhora sua capacidade de retenção de água e sua estrutura, o que facilita a absorção e a retenção de água pelas raízes. A prática de aração e o uso de sistemas de plantio que favoreçam a drenagem também são importantes para garantir que a água seja distribuída de maneira equilibrada nas raízes das plantas (Lopes & Ávila, 2005).

#### **3.4.3.2 Temperaturas altas**

As altas temperaturas (Figura 16) são um dos principais desafios climáticos enfrentados pela cultura do tomate, especialmente em regiões onde as temperaturas podem ultrapassar os níveis ideais para o desenvolvimento da planta. O tomateiro é uma planta que se adapta melhor a temperaturas moderadas, com uma faixa ótima entre 20°C e 30°C. Altas temperaturas causam estresse térmico no tomateiro, resultando em uma série de problemas, como redução no tamanho e aparência atrofiada da planta, murcha generalizada e necrose apical nos frutos. Além disso, há aumento no abortamento floral e maturação irregular dos frutos, com rachaduras e queima das folhas e frutos. O fenômeno do "ombro-verde", caracterizado por necrose nas extremidades dos frutos, também é comum. Esses efeitos prejudicam tanto a qualidade quanto a quantidade da produção, sendo essencial o controle ambiental, como sombreamento e irrigação adequada, para minimizar os impactos das altas temperaturas (Lopes & Ávila, 2005).

**Figura 16.** Temperaturas Altas em Tomate.



**Fonte:** Yara Brasil, 2020.

O controle do estresse térmico na cultura do tomate começa com a escolha de variedades que são mais tolerantes a altas temperaturas. Algumas cultivares de tomate foram desenvolvidas para resistir melhor ao calor, mantendo sua produtividade mesmo em condições climáticas extremas. Essas variedades podem ser uma boa opção para regiões onde as altas temperaturas são comuns durante a temporada de cultivo (Minami & Haag, 1980).

Além disso, o manejo adequado da irrigação é fundamental para combater o efeito das altas temperaturas. A irrigação por gotejamento, por exemplo, é uma técnica eficaz para garantir que a planta receba a quantidade adequada de água diretamente nas raízes, evitando o ressecamento do solo e minimizando a perda de água pela evaporação. A irrigação deve ser feita de forma controlada, especialmente em períodos de calor intenso, para evitar o estresse hídrico nas plantas. A cobertura do solo com *mulches*, como plásticos ou materiais orgânicos, é outra estratégia importante para proteger o tomateiro das altas temperaturas. Os *mulches* ajudam a reduzir a evaporação da água do solo, mantendo a umidade por mais tempo e proporcionando um ambiente mais fresco para as raízes. Além disso, eles ajudam a manter a temperatura do solo estável, evitando variações drásticas que podem prejudicar a saúde da planta (Minami & Haag, 1980).

A sombra artificial também pode ser utilizada para proteger as plantas durante os períodos de calor intenso. A instalação de redes de sombreamento sobre as plantas pode reduzir a exposição direta ao sol, diminuindo a temperatura ambiente ao redor das plantas e prevenindo o superaquecimento. O sombreamento pode ser especialmente útil em áreas de cultivo ao ar livre, onde a intensidade solar é muito forte durante o verão. Em sistemas de cultivo protegido, como estufas, o controle das altas temperaturas pode ser feito por meio de sistemas de ventilação e sombreamento. Estufas equipadas com ventiladores e telas de sombreamento são

capazes de manter uma temperatura interna mais controlada, garantindo que as plantas não sofram com o calor excessivo (Lopes & Ávila, 2005).

Além disso, o uso de reguladores de crescimento, como os aminoácidos e os ácidos orgânicos, pode ajudar as plantas a se adaptarem melhor ao estresse térmico, melhorando a sua resistência ao calor e estimulando processos metabólicos que favorecem a recuperação após períodos de estresse. Esses produtos podem ser aplicados por via foliar para promover a resistência ao estresse e melhorar a qualidade dos frutos. A prática de poda também pode ser útil em condições de altas temperaturas. A remoção de folhas e galhos excessivos pode melhorar a circulação de ar ao redor das plantas e reduzir a transpiração excessiva. Isso ajuda a evitar o superaquecimento das plantas e melhora a eficiência da irrigação (Lopes & Ávila, 2005).

### 3.5 Desenvolvimento de *Softwares*

O desenvolvimento de aplicativos e a programação são pilares da era digital, abrangendo desde a criação de aplicativos móveis e *softwares* até a construção de sistemas inteligentes e seguros. O processo envolve etapas como planejamento, codificação, testes e manutenção, utilizando linguagens e ferramentas variadas, como Python, Java, JavaScript, Swift e *frameworks* como Flutter e React Native. O banco de dados desempenha um papel crucial nessa área, sendo responsável por armazenar, organizar e gerenciar grandes volumes de informações de maneira eficiente, utilizando sistemas como SQL, MySQL e NoSQL. A programação abrange áreas como desenvolvimento *web*, ciência de dados, inteligência artificial e segurança cibernética, sempre em alta demanda no mercado devido à sua capacidade de resolver problemas, conectar pessoas e impulsionar a inovação. Trata-se de um campo dinâmico, desafiador e com impacto global, ideal para quem busca flexibilidade e aprendizado contínuo (Lucchesi, 2025).

O MySQL é um sistema de gerenciamento de banco de dados relacional (Relational Database Management System – RDBMS) de código aberto, amplamente utilizado para o armazenamento, gerenciamento e organização de dados estruturados. Desenvolvido pela Oracle Corporation, o MySQL utiliza no modelo de dados relacional do MySQL, em que os dados são armazenados em tabelas inter-relacionadas. Ele suporta as operações de CRUD (criar, ler, atualizar e excluir) por meio da linguagem SQL (Structured Query Language), permitindo consultas complexas, manipulação de dados e gerenciamento de transações. O MySQL é altamente escalável e pode ser configurado para ambientes de alta disponibilidade, como *clusters* e réplicas, garantindo a integridade e segurança dos dados. Ele também oferece suporte

a índices, chaves primárias e estrangeiras, facilitando a otimização de consultas e a garantia da consistência dos dados. A integração com outras linguagens de programação, como Java, é feita por meio de JDBC (Java Database Connectivity), permitindo que os dados sejam armazenados e recuperados de maneira eficiente, com maior flexibilidade para aplicações empresariais e sistemas interativos (MySQL, 2025).

O Java é uma linguagem de programação orientada a objetos criada pela Sun Microsystems na década de 1990 e adquirida pela Oracle Corporation em 2010. Conhecida por sua portabilidade, o Java segue o princípio "*write once, run anywhere*" (escreva uma vez, execute em qualquer lugar), permitindo que o código seja executado em qualquer plataforma com uma Java Virtual Machine (JVM), sem a necessidade de recompilação. Essa característica torna o Java ideal para sistemas que operam em diversos ambientes, como aplicações móveis, *web* e corporativas. Amplamente utilizado no desenvolvimento de aplicações empresariais, como sistemas de gestão, bancários e financeiros, o Java se destaca pela robustez, capacidade de lidar com grandes volumes de dados e transações, e pela sintaxe clara que facilita a manutenção e escalabilidade dos projetos. Além disso, é conhecido por sua segurança, com recursos como o gerenciamento de memória automático e a verificação de *bytecode* na JVM, prevenindo erros comuns e vulnerabilidades, o que o torna uma escolha popular para sistemas críticos (Java, 2025).

Na área agrônômica, aplicativos, sites e outros *softwares* têm revolucionado as práticas agrícolas, promovendo maior eficiência e sustentabilidade. Aplicativos como FieldNET Advisor e Plantix ajudam no manejo de irrigação e no diagnóstico de doenças em plantas, enquanto plataformas como AgroLinkFito e Agri Precision auxiliam no controle de pragas e monitoramento remoto de lavouras. Sites como os da Embrapa oferecem conteúdos técnicos e ferramentas úteis, e soluções como GrainChain conectam produtores ao mercado, facilitando a comercialização. Esses recursos, integrados à agricultura 4.0, utilizam tecnologias como sensores, IA (inteligência artificial) e imagens de satélite, otimizando recursos, ampliando a produtividade e tornando o setor mais produtivo e sustentável (Runtalent, 2025).

Aplicativos utilizados para diagnóstico agrícola têm se mostrado ferramentas inovadoras na identificação de problemas nas lavouras, como pragas, doenças e deficiências nutricionais. Exemplos como Plantix utilizam inteligência artificial para identificar doenças e pragas a partir de fotos das plantas, enquanto o Agrobases oferece informações sobre pragas, doenças e controle de ervas daninhas. O Crop Doctor foca em doenças específicas de culturas como trigo e arroz, e o Pocket IPM auxilia na identificação e manejo de pragas em tomates e pimentas. Já o Pest Scout Pro permite monitoramento em tempo real e o Plant Disease ID usa

aprendizado de máquina para diagnósticos rápidos. Esses aplicativos, ao combinar tecnologias avançadas com facilidade de uso, ajudam na tomada de decisões mais ágeis e precisas, promovendo uma agricultura mais eficiente e sustentável (Runtalent, 2025).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do aplicativo foi conduzido no Centro de Ciências Agrárias – CCA da Universidade Federal de São Carlos – UFSCar, Araras, São Paulo. O *software* aplicativo para o diagnóstico prático de doenças, pragas ou distúrbios fisiológicos na cultura do tomate (*Solanum lycopersicum* L.) foi desenvolvido com a proposta de funcionar através de um processo interativo, no qual o produtor seleciona gradativamente os sintomas e sinais específicos presentes nos tomateiros de sua propriedade. Com base nessas escolhas, o aplicativo utiliza um algoritmo para analisar as informações fornecidas e, no final, fornece um diagnóstico do problema agrônômico que pode estar afetando a planta, além de sugestões de como prosseguir com seu manejo. Essa abordagem interativa auxilia no diagnóstico mais preciso e eficiente, permitindo que o produtor tome as medidas adequadas para solucionar o problema.

O aplicativo irá funcionar como uma chave de identificação aprimorada e acessível, visto que, em diversas vertentes agrônômicas, como na sistemática vegetal e na diagnose de problemas fitossanitários, é possível utilizar chaves de identificação. No entanto, ao utilizá-la de forma integrada a um aplicativo torna-se ainda mais vantajosa, pois a interface simplificada elimina a necessidade de conhecimento técnico aprofundado sobre o funcionamento da chave em si. Além disso, para cada um dos problemas agrícolas do tomate presentes no banco de dados do aplicativo serão fornecidas as respectivas formas de manejo recomendadas para o controle.

Para o desenvolvimento da ferramenta, foram seguidas as respectivas etapas: 4.1 Construção de Banco de Dados; 4.2 Desenvolvimento do *Software* Aplicativo; 4.3 Testes e Aprimoramento.

### 4.1 Construção de Banco de Dados

O banco de dados foi desenvolvido com o *software* MySQL e conta com as principais doenças, pragas e distúrbios fisiológicos que afetam o tomateiro, no Brasil. Além dos sintomas e sinais característicos de cada problema agrônômicos e seus respectivos manejos.

Inicialmente, para a possibilidade dos testes de funcionamento do *software*, o protótipo do aplicativo foi desenvolvido com dois problemas principais de cada subcategoria que afeta a cultura do tomate. Então, de 97 problemas agrônômicos levantados a partir da literatura, foram utilizados 16 para o desenvolvimento do *software*. Embora o ideal fosse incluir todos os possíveis problemas agrônômicos que podem afetar uma lavoura de tomate, sabe-se que isso não seria viável nem vantajoso para uma fase inicial de testes. Qualquer problema pode, de fato,

afetar a lavoura, tornando importante ter uma cobertura abrangente no futuro. No entanto, para os testes, focar nos problemas mais críticos e comuns permite avaliar de maneira mais eficiente a funcionalidade do aplicativo, sem comprometer sua precisão e usabilidade no estágio inicial. Os problemas selecionados para estudo na cultura do tomateiro foram escolhidos com base em uma análise criteriosa que considerou dois fatores principais: a severidade e o impacto na produtividade.

A severidade refere-se a problemas que causam danos extensos ou irreversíveis à planta, como a morte, o abortamento de flores ou a perda total dos frutos, comprometendo drasticamente o desenvolvimento da cultura. Já o impacto engloba questões que afetam de forma significativa a produtividade e a qualidade comercial da produção, tornando-se desafios críticos para o manejo agrícola. Assim, foram priorizados os problemas que, além de severos, são mais recorrentes e exigem maior atenção dos produtores (Santos et al., 1999).

Esse protótipo permite que o aplicativo concentre seus esforços em problemas críticos, possibilitando a realização de testes e ajustes necessários antes de expandir sua funcionalidade para incluir um maior número de doenças, pragas e distúrbios fisiológicos que afetam a cultura do tomate. No Quadro 5, observa-se de forma tabular e listada por letras os 16 problemas agrônômicos selecionados para o desenvolvimento do *software*.

**Quadro 5.** Problemas Agrônômicos (PA) Selecionados para o Desenvolvimento do *Software*.

| Grupo do PA             | Subgrupo do PA            | ID* | Problema Agrônômico (PA)   |
|-------------------------|---------------------------|-----|--|
| Doenças                 | Fúngicas                  | A   | Pinta-Preta/Mancha-de-Alternaria ( <i>Alternaria solani</i> )                      |
|                         |                           | B   | Requeima ( <i>Phytophthora infestans</i> )   |
|                         | Bacterianas               | C   | Cancro-Bacteriano ( <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> ) |
|                         |                           | D   | Murcha-Bacteriana ( <i>Ralstonia solanacearum</i> )                                |
|                         | Virais                    | E   | Mosaico-Dourado (Geminivírus)  |
|                         |                           | F   | Vira-Cabeça (Tospovirus)   |
|                         | Nematoides                | G   | Nematoide-das-Galhas ( <i>Meloidogyne</i> sp.)                                     |
|                         |                           | H   | Nematoide-Lesão-Radicular ( <i>Pratylenchus</i> spp.)                              |
| Pragas                  | Insetos                   | I   | Mosca-Branca ( <i>Bemisia tabaci</i> )   |
|                         |                           | J   | Traça-do-Tomateiro ( <i>Tuta absoluta</i> e <i>Phthorimaea operculella</i> )       |
| Distúrbios Fisiológicos | Deficiências Nutricionais | K   | Deficiência de Cálcio (Ca)   |
|                         |                           | L   | Deficiência de Nitrogênio (N)  |
|                         | Fitotoxicidade            | M   | Fitotoxicidade por Boro (B)  |
|                         |                           | N   | Fitotoxicidade por Cobre (Cu)  |

|   |        |   |                    |
|---|--------|---|--------------------|
|   | Outros | O | Falta de Água      |
|   |        | P | Temperaturas Altas |
| *ID: Identificação para cada problema agrônômico. |        |   |                    |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

## 4.2 Desenvolvimento do *Software* Aplicativo

Para facilitar a navegação no aplicativo e evitar confusões no uso do software, os sintomas e sinais foram subdivididos em grupos, como presença de pragas, sintomas na planta como um todo, sintomas em frutos, sintomas em flores, sintomas em folhas, sintomas em caules e sintomas em raízes. Além disso, sintomas e sinais que aparecem em mais de um problema agrônômico foram associados, reduzindo o tempo de uso do aplicativo. Dessa forma, ao selecionar um sintoma característico de determinados problemas agrônômicos, os problemas improváveis são automaticamente descartados, eliminando sintomas exclusivos desses problemas da interface.

O código em Java cria um aplicativo interativo para diagnosticar problemas agrônômicos em tomates, integrando-se ao banco de dados MySQL. O processo começa com a obtenção da lista de sintomas cadastrados no banco, e, em seguida, o aplicativo exibe perguntas ao usuário sobre os sintomas observados na planta, utilizando respostas binárias ("Sim" ou "Não"). Os sintomas e sinais foram organizados em grupos para facilitar a navegação e evitar confusão no diagnóstico, além de associar sintomas comuns a diferentes problemas, o que acelera o processo ao eliminar problemas improváveis automaticamente. Conforme o usuário responde, as informações são armazenadas e, ao final do questionário, são enviadas ao servidor, que processa os dados e retorna o diagnóstico e recomendações de manejo. O resultado é exibido na tela, proporcionando uma tomada de decisão rápida e embasada, tornando o aplicativo uma ferramenta de suporte eficiente para o produtor.

O banco de dados do projeto Java Project foi desenvolvido com base na arquitetura Spring Boot e segue o padrão MVC (Model-View-Controller), que organiza o sistema em camadas específicas. A camada de Controle é responsável por gerenciar as requisições feitas pelo usuário, direcionando-as para os serviços adequados. A camada de Modelo define as entidades, representando as tabelas "Problema" e "Sintoma", que armazenam os dados relacionados aos diagnósticos de doenças e distúrbios nas plantas. A camada de Repositório gerencia a comunicação com o banco de dados, utilizando o Spring Data JPA, o que facilita a

manipulação de dados sem a necessidade de SQL manual. A lógica de negócios é tratada na camada de Serviço, que interage com o repositório e processa as informações antes de apresentá-las ao usuário. O Gradle é utilizado para gerenciar as dependências e a construção do projeto, enquanto a classe DemoApplication é responsável por inicializar a aplicação. O Hibernate, como ORM, automatiza a criação das tabelas no banco de dados, garantindo que as entidades sejam corretamente persistidas e manipuladas ao longo do funcionamento do aplicativo.

### 4.3 Testes e Aprimoramento

Serão realizados testes para verificar a eficiência e precisão do aplicativo, para que então, se necessário, sejam feitos ajustes e melhorias com base no retorno recebido. Para estudar a eficiência, funcionalidade e taxa de erro do aplicativo, serão realizados diferentes tipos de testes, como o de usabilidade e o teste de integridade. Para a análise dos dados coletados foi utilizado o Microsoft Excel, que permite a manipulação de tabelas, aplicação de fórmulas matemáticas e estatísticas, criação de gráficos e automação de tarefas por meio de macros e da linguagem VBA (Visual Basic for Applications). Para realização dos testes, foi selecionado um grupo representativo de indivíduos, dentre eles produtores de tomate (sem formação na área agrônômica) de Araras/SP, docentes (engenheiros agrônomos) e alunos (estudantes de engenharia agrônômica) do CCA-UFSCar.

A escolha do grupo de indivíduos se torna importante para a análise, pois a diversidade do grupo permite uma avaliação mais robusta e abrangente da usabilidade e funcionalidade do aplicativo. Produtores de tomate, professores e alunos de engenharia agrônômica representam diferentes perfis de usuários, com diferentes níveis de familiaridade com o tema e com tecnologias, o que contribui para identificar possíveis falhas ou dificuldades de uso em uma variedade de contextos. Esse enfoque garantiu que o aplicativo seja avaliado por um público-alvo amplo e permita a detecção de eventuais problemas de funcionalidade que poderiam passar despercebidos em uma amostra homogênea.

Os testes de desempenho do aplicativo foram conduzidos em duas etapas distintas. Os mesmos docentes, produtores e alunos participaram de ambos os testes. Em cada etapa, foram realizadas cinco análises por grupo de indivíduos para cada problema agrônômico selecionado, totalizando quinze análises por problema em cada teste. Isso garantiu a consistência na avaliação do desempenho do aplicativo entre as duas versões testadas. A primeira etapa utilizou a versão inicial do aplicativo, enquanto a segunda foi realizada com uma versão aprimorada, que

passou por otimizações para melhorar a eficiência e a precisão do diagnóstico. Os testes foram realizados com imagens da literatura, simulando o campo real, incluindo tomateiros saudáveis para comparação. Como exemplificado na Figura 17, cada conjunto de imagens vinha em um envelope, acompanhado de um menor contendo o problema agrônômico predefinido, evitando sabotagem. Um questionário avaliou a usabilidade do aplicativo, testado em computador.

**Figura 17.** Materiais para Testes de Integridade e Usabilidade do Aplicativo.



**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2024.

#### 4.3.1 *Teste de integridade*

O teste de integridade teve como objetivo verificar se o aplicativo estava operando conforme esperado, assegurando que não houvesse falhas ou problemas de funcionalidade. Para a realização do experimento, foi conduzido um teste visual, no qual foram selecionadas imagens de tomateiros, doentes, afetados por pragas ou com distúrbios fisiológicos. O aplicativo foi utilizado para diagnosticar os problemas das imagens, a partir de sinais e sintomas presentes, a fim de avaliar a coerência do *software* desenvolvido. Os resultados foram submetidos a análises descritivas utilizando o Microsoft Excel, com o objetivo de estudar a funcionalidade do aplicativo e sua taxa de erro, por meio de tabelas e gráficos.

#### 4.3.2 *Teste de usabilidade*

O teste de usabilidade teve como objetivo avaliar o quão fácil e intuitivo é o uso do aplicativo. Imagens de tomateiros não sadios foram distribuídas aos participantes, para o teste de integralidade, após a conclusão de uma hipótese de diagnóstico, os indivíduos responderam a um questionário (Quadro 6) sobre a facilidade de uso do aplicativo, a intuição da interface, entre outros aspectos. Essa análise, além de fornecer informações importantes sobre a usabilidade do aplicativo, também permitiu avaliar a integridade do *software*. Os dados coletados foram submetidos a análises descritivas no Microsoft Excel, incluindo cálculos de frequências, porcentagens e identificação de padrões nas respostas dos participantes, permitindo avaliar a usabilidade, eficácia e sugestões de melhorias para o aplicativo.

**Quadro 6.** Questionário de Avaliação de Usabilidade e Funcionalidade do Aplicativo.

| <b>Instruções</b>   |  |                          |                               |
|---|--|--------------------------|-------------------------------|
| Por favor, responda às seguintes perguntas com base na sua experiência ao utilizar o aplicativo para diagnosticar os problemas nos tomateiros. Sua opinião é importante para avaliar a usabilidade e funcionalidade do <i>app</i> . |  |                          |                               |
| Em qual destes grupos você se encaixa?  |  |                          |                               |
| <input type="checkbox"/>  | Produtor de tomate.  | <input type="checkbox"/> | Docente UFSCar.               |
| <input type="checkbox"/>  |  | <input type="checkbox"/> | Aluno UFSCar.                 |
| <input type="checkbox"/>  | <b>1) A interface do aplicativo foi intuitiva e fácil de entender?</b>   | <input type="checkbox"/> | Sim. <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/>  | <b>2) A navegação entre as diferentes telas do aplicativo foi clara e fluida?</b>                                      | <input type="checkbox"/> | Sim. <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/>  | <b>3) As opções e botões apresentados no aplicativo estavam claramente descritos?</b>                                  | <input type="checkbox"/> | Sim. <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/>  | <b>4) O aplicativo respondeu rapidamente às suas ações?</b>  | <input type="checkbox"/> | Sim. <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/>  | <b>5) Você acredita que o aplicativo fez um diagnóstico preciso do problema agrônômico estabelecido?</b>               | <input type="checkbox"/> | Sim. <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/>  | <b>6) Você concorda com o manejo e controle sugeridas pelo <i>app</i>?</b>   | <input type="checkbox"/> | Sim. <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/>  | <b>7) Você encontrou algum erro ou falha durante o uso do aplicativo?</b>  | <input type="checkbox"/> | Sim. <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/>  | <b>8) Você achou demorado o processo de uso do aplicativo?</b>   | <input type="checkbox"/> | Sim. <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/>  | <b>9) Você recomendaria este aplicativo para outros usuários interessados em diagnosticar problemas em tomateiros?</b> | <input type="checkbox"/> | Sim. <input type="checkbox"/> |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

O uso de um questionário com perguntas de “sim” ou “não” facilita a análise da usabilidade do aplicativo, tornando a coleta e interpretação dos dados mais rápidas e objetivas. Esse formato reduz a subjetividade, agiliza as respostas dos participantes e aumenta a taxa de participação. Além disso, permite avaliar aspectos essenciais como a clareza da interface, fluidez da navegação e precisão do diagnóstico. A análise dos dados em Excel possibilita

identificar padrões e sugerir melhorias, tornando o aplicativo mais intuitivo e eficiente para os usuários.

## 5 DISCUSSÃO E RESULTADOS

Para o desenvolvimento do tópico de Discussão e Resultados, foram estruturados os seguintes tópicos referentes aos tópicos de Material e Métodos: 5.1 Banco de Dados; 5.2 *Software* Aplicativo; 5.3 Testes e Aprimoramento.

### 5.1 Banco de Dados

A partir das informações descritas na Fundamentação Teórica sobre os sintomas e sinais de cada doença estudada, foi possível construir, no Quadro 7, uma relação detalhada entre os problemas agronômicos selecionados (PA), representadas pelas letras de A a P, e seus respectivos sintomas e sinais, enumerados de forma clara (ID). Essa organização visa facilitar a identificação de sintomas em comum entre os problemas agronômicos elencados, permitindo uma análise mais aprofundada sobre as possíveis inter-relações entre os fatores que afetam a cultura do tomate. Tal abordagem foi essencial para o desenvolvimento do *software* aplicativo, pois oferece uma base sólida para o diagnóstico preciso e a recomendação de manejo eficiente.

**Quadro 7.** Sintomas e Sinais dos Problemas Agronômicos (PA) Selecionados.

| PA                 | ID* | Descrição de Sintomas e Sinais      |
|--------------------|-----|-------------------------------------|
| Pinta-preta<br>(V) | 01  | Manchas escuras nas folhas.         |
|                    | 02  | Lesões com amarelecimento ao redor. |
|                    | 03  | Necroses que tomam toda a folha.    |
|                    | 04  | Desfolha.                           |
|                    | 05  | Lesões alongadas no caule.          |
|                    | 06  | Manchas escuras nos frutos.         |
|                    | 07  | Ressecamento dos frutos.            |
| Requeima<br>(B)    | 01  | Manchas escuras nas folhas.         |
|                    | 02  | Lesões com amarelecimento ao redor. |
|                    | 03  | Necroses que tomam toda a folha.    |
|                    | 04  | Desfolha.                           |
|                    | 05  | Lesões alongadas no caule.          |
|                    | 06  | Manchas escuras nos frutos.         |
|                    | 08  | Apodrecimento dos frutos.           |

|                                 |    |  |
|---------------------------------|----|--|
|                                 | 09 | Lesões nas folhas possuem aspecto de encharcamento, como se estivessem úmidas.     |
|                                 | 10 | Formação de mofo branco, principalmente em folhas e frutos.                        |
| <b>(C) Cancro-bacteriano</b>    | 03 | Necroses que tomam toda a folha.   |
|                                 | 05 | Lesões alongadas no caule.   |
|                                 | 06 | Manchas escuras nos frutos.  |
|                                 | 11 | Murcha da planta.  |
|                                 | 12 | Vazamento de líquido pegajoso dos frutos.  |
|                                 | 13 | Vazamento de líquido amarelo das plantas.  |
| <b>(D) Murcha-bacteriana</b>    | 05 | Lesões alongadas no caule.   |
|                                 | 14 | Amarelecimento das folhas (clorose).   |
|                                 | 15 | Morte das plantas.   |
|                                 | 16 | Manchas marrons dentro do caule das plantas.                                       |
|                                 | 17 | Presença de líquido viscoso, visível ao pressionar o caule.                        |
|                                 | 18 | Observação de líquido esbranquiçado ao mergulhar o caule cortado em água limpa.    |
|                                 | 19 | A planta produz raízes acima das lesões do caule para tentar se recuperar do dano. |
| <b>(E) Mosaico-dourado</b>      | 14 | Amarelecimento das folhas (clorose).   |
|                                 | 20 | Deformação das folhas.   |
|                                 | 21 | Planta atrofiada.  |
|                                 | 22 | Ondulação nas bordas das folhas.   |
|                                 | 23 | Frutos de tamanho reduzido, deformados e com coloração não uniforme.               |
|                                 | 24 | Diminuição na produção de flores.  |
|                                 | 25 | Presença de inseto pequeno e branco (mosca-branca).                                |
| <b>(F) Vira-cabeça</b>          | 03 | Necroses que tomam toda a folha.   |
|                                 | 06 | Manchas escuras nos frutos.  |
|                                 | 15 | Morte das plantas.   |
|                                 | 20 | Deformação das folhas.   |
|                                 | 21 | Planta atrofiada.  |
|                                 | 24 | Diminuição na produção de flores.  |
|                                 | 26 | Flores deformadas, com descoloração das pétalas.                                   |
|                                 | 27 | Queda de flores e frutos.  |
| <b>(G) Nematóide-das-galhas</b> | 11 | Murcha da planta.  |
|                                 | 14 | Amarelecimento das folhas (clorose).   |
|                                 | 20 | Deformação das folhas.   |
|                                 | 21 | Planta atrofiada.  |

|   |    |   |
|---|----|---|
|   | 23 | Frutos de tamanho reduzido, deformados e com coloração não uniforme.      |
|   | 28 | Formação de inchaços nas raízes.  |
|   | 29 | Redução no tamanho da raiz.   |
| <b>(H) Nematóide-lesão-<br/>radicular</b> | 11 | Murcha da planta.   |
|   | 14 | Amarelecimento das folhas (clorose).                                      |
|   | 20 | Deformação das folhas.  |
|   | 21 | Planta atrofiada.   |
|   | 23 | Frutos de tamanho reduzido, deformados e com coloração não uniforme.      |
|   | 29 | Redução no tamanho da raiz.   |
|   | 30 | Raízes com manchas escuras.   |
| <b>(I) Mosca-branca</b>                   | 01 | Manchas escuras nas folhas.   |
|   | 04 | Desfolha.   |
|   | 11 | Murcha da planta.   |
|   | 14 | Amarelecimento das folhas (clorose).                                      |
|   | 20 | Deformação das folhas.  |
|   | 22 | Ondulação nas bordas das folhas.  |
|   | 23 | Frutos de tamanho reduzido, deformados e com coloração não uniforme.      |
|   | 25 | Presença de inseto pequeno e branco (mosca-branca).                       |
| <b>(J) Traça-do-tomateiro</b>             | 14 | Amarelecimento das folhas (clorose).                                      |
|   | 21 | Planta atrofiada.   |
|   | 23 | Frutos de tamanho reduzido, deformados e com coloração não uniforme.      |
|   | 31 | Perfurações pequenas e redondas nas folhas.                               |
|   | 32 | Perfuração dos frutos.  |
|   | 33 | Larvas visíveis dentro da planta com coloração esbranquiçada a amarelada. |
|   | 34 | Presença de mariposas pequenas e marrons (traça-do-tomateiro).            |
| <b>(K) Deficiência de cálcio</b>          | 11 | Murcha da planta.   |
|   | 20 | Deformação das folhas.  |
|   | 23 | Frutos de tamanho reduzido, deformados e com coloração não uniforme.      |
|   | 27 | Queda de flores e frutos.   |
|   | 29 | Redução no tamanho da raiz.   |
|   | 35 | Bordas foliares amarelas ou marrons.                                      |
|   | 36 | Escurecimento da parte de cima dos frutos.                                |
|   | 37 | Rachadura dos frutos.   |

|                                      |                          |  |
|--------------------------------------|--------------------------|--|
| <b>(L) Deficiência de nitrogênio</b> | 14                       | Amarelecimento das folhas (clorose).                                 |
|                                      | 21                       | Planta atrofiada.  |
|                                      | 23                       | Frutos de tamanho reduzido, deformados e com coloração não uniforme. |
|                                      | 24                       | Diminuição na produção de flores.                                    |
|                                      | 38                       | Folhas finas.  |
| <b>(M) Fitotoxicidade por boro</b>   | 01                       | Manchas escuras nas folhas.  |
|                                      | 06                       | Manchas escuras nos frutos.  |
|                                      | 11                       | Murcha da planta.  |
|                                      | 20                       | Deformação das folhas.   |
|                                      | 21                       | Planta atrofiada.  |
|                                      | 22                       | Ondulação nas bordas das folhas.                                     |
|                                      | 23                       | Frutos de tamanho reduzido, deformados e com coloração não uniforme. |
|                                      | 24                       | Diminuição na produção de flores.                                    |
|                                      | 35                       | Bordas foliares amarelas ou marrons.                                 |
|                                      | 37                       | Rachadura dos frutos.  |
|                                      | 40                       | Espessamento das folhas.   |
| <b>(N) Fitotoxicidade por cobre</b>  | 01                       | Manchas escuras nas folhas.  |
|                                      | 05                       | Desfolha.  |
|                                      | 06                       | Manchas escuras nos frutos.  |
|                                      | 11                       | Murcha da planta.  |
|                                      | 20                       | Deformação das folhas.   |
|                                      | 21                       | Planta atrofiada.  |
|                                      | 22                       | Ondulação nas bordas das folhas.                                     |
|                                      | 24                       | Diminuição na produção de flores.                                    |
|                                      | 29                       | Redução no tamanho da raiz.  |
|                                      | 35                       | Bordas foliares amarelas ou marrons.                                 |
| 40                                   | Espessamento das folhas. |  |
| <b>(O) Falta de água</b>             | 4                        | Desfolha.  |
|                                      | 11                       | Murcha da planta.  |
|                                      | 14                       | Amarelecimento das folhas (clorose).                                 |
|                                      | 15                       | Morte das plantas.   |
|                                      | 21                       | Planta atrofiada.  |
|                                      | 27                       | Queda de flores e frutos.  |
|                                      | 35                       | Bordas foliares amarelas ou marrons.                                 |

|   |    |  |
|---|----|--|
|   | 37 | Rachadura dos frutos.                      |
|   | 41 | Cessamento na produção de frutos.          |
|   | 42 | Queima nas pontas das folhas.              |
| <b>(P) Altas temperaturas</b>                               | 11 | Murcha da planta.                          |
|   | 24 | Diminuição na produção de flores.          |
|   | 33 | Planta atrofiada.                          |
|   | 36 | Escurecimento da parte de cima dos frutos. |
|   | 37 | Rachadura dos frutos.                      |
|   | 43 | Embranquecimento dos frutos.               |
| <b>Legenda: *ID: Identificação para cada sintoma/sinal.</b> |    |  |

**Fonte:** Elaborado pelo autor a partir de: Embrapa, 1993; Gallo et al., 2002; Kimati et al., 2005; Minami & Haag, 1980.

Além da sistematização dos sintomas e sinais, foram também empregadas as informações contidas na Fundamentação Teórica para a elaboração de um texto que é exibido ao final do processo de diagnóstico no aplicativo, o qual oferece diferentes alternativas de controle e manejo para cada problema agrônomo identificado, como representado no Quadro 8. Este texto visa fornecer ao produtor opções fundamentadas e recomendadas para a adoção de medidas apropriadas, garantindo que, ao término da avaliação, ele tenha clareza sobre os procedimentos a serem adotados conforme o diagnóstico realizado. As estratégias de controle e manejo sugeridas são ajustadas às particularidades do problema identificado, levando em consideração as práticas recomendadas para cada cenário.

**Quadro 8.** Estratégias de Controle e Manejo dos Problemas Agrônômicos (PA) Selecionados.

| PA                     | Estratégias de Controle e Manejo  |
|------------------------|---|
| <b>(A) Pinta-preta</b> | O controle da pinta preta/mancha de alternaria ( <i>Alternaria solani</i> ) no tomate envolve uma combinação de métodos. O uso de fungicidas, como mancozebe e compostos à base de cobre, ajuda a proteger as plantas e a combater infecções já presentes. A rotação de culturas e o espaçamento adequado entre as plantas também são importantes para reduzir a propagação da doença. Técnicas preventivas, como o uso de cultivares resistentes e a cobertura do solo, ajudam a evitar a infecção, enquanto a irrigação por gotejamento e o controle de temperatura em estufas minimizam a umidade, fator que favorece o fungo. Além disso, a aplicação de microrganismos antagonísticos e o monitoramento das condições climáticas são essenciais para otimizar o controle da doença, garantindo uma produção saudável e reduzindo custos. |

|                          |   |
|--------------------------|---|
| (B) Requeima             | A requeima ( <i>Phytophthora infestans</i> ) é uma doença grave do tomateiro, especialmente em ambientes úmidos e com temperaturas moderadas. Seu controle exige uma abordagem integrada, com uso de fungicidas protetores (como clorotalonil, mancozebe e oxiclureto de cobre) e sistêmicos (metalaxil e fluopicolida), além de práticas culturais como rotação de culturas, adubação balanceada e espaçamento adequado. O uso de variedades resistentes, tratamento de sementes e cobertura do solo também são preventivos eficazes. A remoção de folhas infectadas, manejo de irrigação por gotejamento e o uso de agentes biológicos, como <i>Trichoderma</i> spp., complementam o controle. O monitoramento climático permite a aplicação precisa de fungicidas, tornando o manejo integrado essencial para preservar a produtividade.   |
| (C) Cancro-bacteriano    | O cancro-bacteriano, causado pela bactéria <i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> , é uma doença grave do tomateiro transmitida por sementes, solo e respingos de água, necessitando de manejo integrado. Embora bactericidas à base de cobre ajudem nos estágios iniciais, seu efeito é limitado em infecções avançadas. Medidas preventivas incluem o uso de sementes certificadas, rotação de culturas, plantio em solo bem drenado, e o uso de variedades resistentes. A desinfecção de ferramentas, tratamento de sementes com água quente e controle mecânico também são importantes, assim como irrigação por gotejamento para evitar a propagação. O controle biológico com agentes como <i>Bacillus subtilis</i> e <i>Pseudomonas fluorescens</i> complementa o manejo. O monitoramento constante e diagnósticos precoces são essenciais para controlar a doença.  |
| (D) Murcha-bacteriana    | A murcha-bacteriana, causada pela bactéria <i>Ralstonia solanacearum</i> , é uma doença devastadora do tomateiro, que provoca o murchamento súbito das plantas. O controle químico é limitado, mas produtos à base de cobre e agentes biológicos, como <i>Bacillus subtilis</i> , podem reduzir a população bacteriana. Práticas culturais, como rotação de culturas, uso de variedades resistentes e remoção de plantas infectadas, são essenciais. A escolha de áreas bem drenadas e o uso de mudas certificadas ajudam a prevenir infecções. A remoção de plantas afetadas e irrigação por gotejamento também limitam a disseminação, enquanto a solarização do solo pode reduzir a população da bactéria. O controle biológico com <i>Pseudomonas fluorescens</i> e <i>Trichoderma</i> spp. tem mostrado eficácia. O monitoramento constante e diagnósticos moleculares são cruciais para a detecção precoce e manejo integrado da doença.  |
| (E) Mosaico-dourado      | O mosaico-dourado, causado por geminivírus transmitidos pela mosca-branca ( <i>Bemisia tabaci</i> ), compromete a qualidade e produtividade do tomate, resultando em clorose e deformações nas folhas. O controle químico foca no manejo do vetor com inseticidas sistêmicos e de contato, como neonicotinoides e piretroides, em um programa integrado para evitar resistência. Práticas culturais, como o plantio de variedades resistentes, rotação de culturas e eliminação de plantas hospedeiras, ajudam a controlar a disseminação do vírus. O uso de mudas certificadas e telas de proteção também são medidas preventivas. O controle mecânico, com remoção de plantas infectadas, e o controle físico, com barreiras e plástico prata no solo, complementam o manejo. O controle biológico, com predadores naturais, parasitoides e microrganismos como <i>Beauveria bassiana</i> e <i>Metarhizium anisopliae</i> , é eficaz. O monitoramento contínuo e práticas integradas são essenciais para o manejo do mosaico-dourado. |
| (F) Vira-cabeça          | O vira-cabeça, causado pelo Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV) e transmitido por tripses, é uma doença grave no cultivo de tomate, que afeta a qualidade e produtividade das plantas. O controle envolve uma abordagem integrada, incluindo o uso de inseticidas para manejo dos tripses, rotação de culturas, eliminação de plantas hospedeiras alternativas e o uso de variedades resistentes ao vírus. Medidas preventivas como o uso de mudas saudáveis, telas antiafídicas e armadilhas adesivas ajudam a evitar a introdução do vírus. O controle mecânico e físico, como a remoção de plantas infectadas e o uso de cobertura plástica do solo, também são eficazes. Além disso, o controle biológico com predadores naturais e fungos entomopatogênicos oferece uma alternativa sustentável. A combinação dessas estratégias permite um manejo eficaz e sustentável da doença.  |
| (G) Nematóide-das-galhas | O nematóide-das-galhas, causado por <i>Meloidogyne</i> , afeta as raízes do tomate, comprometendo a absorção de água e nutrientes. O controle químico utiliza nematicidas, como fluopiram e abamectina, mas deve ser cauteloso devido aos impactos ambientais. Práticas culturais, como rotação de culturas e uso de variedades resistentes, ajudam a reduzir a infestação. Métodos preventivos incluem solarização do solo e o uso de mudas livres de nematóides. O controle mecânico e físico, como remoção de plantas infectadas e fumigação do solo, também são eficazes. O controle biológico com fungos nematófagos e <i>Bacillus firmus</i> oferece alternativas sustentáveis. O monitoramento contínuo e uma abordagem integrada são essenciais para a eficácia do manejo.  |

|                                      |   |
|--------------------------------------|---|
| <b>(H) Nematóide-lesão-radicular</b> | O nematóide-lesão-radicular, causado por <i>Pratylenchus</i> , afeta as raízes do tomateiro, prejudicando a absorção de água e nutrientes, o que reduz a produtividade. O controle químico envolve o uso de nematocidas, como fluopiram e oxamil, com aplicação localizada para evitar impactos ambientais. Práticas culturais, como rotação de culturas, uso de plantas antagonistas e variedades resistentes, são eficazes. Métodos preventivos, como solarização do solo e mudas certificadas, também são importantes. O controle mecânico inclui remoção de plantas infectadas, e o controle físico pode envolver fumigação do solo. O controle biológico, com fungos nematófagos e <i>Bacillus firmus</i> , é uma alternativa sustentável. O monitoramento contínuo e manejo integrado são essenciais para o controle eficaz e a produtividade da cultura. |
| <b>(I) Mosca-branca</b>              | A mosca-branca ( <i>Bemisia tabaci</i> ) é uma praga importante no cultivo do tomate, causando danos diretos e transmitindo viroses como o mosaico-dourado. O controle químico envolve o uso de neonicotinoides, piretroides e reguladores de crescimento, com rotação para evitar resistência. Práticas culturais, como o uso de variedades resistentes, rotação de culturas e eliminação de plantas hospedeiras, são essenciais. Medidas preventivas incluem telas e armadilhas adesivas. O controle mecânico e físico, como remoção de folhas infestadas e coberturas plásticas, também são eficazes. O controle biológico, com predadores naturais e fungos entomopatogênicos, oferece uma alternativa sustentável. O monitoramento contínuo e o manejo integrado são cruciais para garantir a produtividade sustentável.                                   |
| <b>(J) Traça-do-tomateiro</b>        | A traça-do-tomateiro ( <i>Tuta absoluta</i> ) é uma praga que danifica folhas, caules e frutos do tomateiro, comprometendo a produtividade. O controle químico com inseticidas, como <i>diamidas e piretroides</i> , deve ser rotacionado para evitar resistência. O controle cultural inclui rotação de culturas, eliminação de plantas infestadas e uso de variedades resistentes. Medidas preventivas, como armadilhas sexuais e plásticos refletivos, ajudam a monitorar a praga. O controle mecânico e físico envolve remoção de plantas infestadas e barreiras. O controle biológico com vespas parasitoides e fungos é uma alternativa sustentável. O monitoramento contínuo e o manejo integrado são essenciais para o controle eficaz.   |
| <b>(K) Deficiência de cálcio</b>     | A deficiência de cálcio no tomateiro afeta a qualidade e produtividade, causando sintomas como apodrecimento apical dos frutos e folhas quebradiças. O controle inclui análise do solo e, se necessário, aplicação de calcário ou fontes solúveis de cálcio, além de irrigação eficiente. A aplicação foliar de cálcio, como cloreto de cálcio, é eficaz se detectada precocemente. O manejo do solo, com matéria orgânica e <i>mulches</i> , melhora a disponibilidade do nutriente. Monitoramento constante da irrigação e fertilização é essencial para garantir o fornecimento adequado e o crescimento saudável da planta.   |
| <b>(L) Deficiência de nitrogênio</b> | A deficiência de nitrogênio no tomateiro prejudica o crescimento e a qualidade dos frutos, causando amarelamento das folhas e murchamento. O controle começa com análise de solo e aplicação gradual de fertilizantes nitrogenados, como ureia ou nitrato de amônio, para otimizar a absorção. A irrigação deve ser equilibrada para evitar problemas de lixiviação ou falta de água. A adubação verde com leguminosas também é uma estratégia sustentável. O monitoramento contínuo das plantas é essencial para detectar a deficiência precocemente e garantir a correção adequada.   |
| <b>(M) Fitotoxicidade por boro</b>   | A fitotoxicidade por boro ocorre quando há excesso desse micronutriente nas plantas ou no solo, causando danos como manchas, crescimento atrofiado e deformação dos frutos. O controle inclui análise de solo para ajustar a aplicação de fertilizantes e monitoramento do pH, pois solos alcalinos favorecem a liberação de boro. A irrigação equilibrada e o uso de fertilizantes de liberação lenta ajudam a controlar o excesso. Em casos graves, é necessária a remoção das plantas afetadas. O monitoramento contínuo é essencial para prevenir danos e garantir uma produção saudável.   |
| <b>(N) Fitotoxicidade</b>            | A fitotoxicidade por cobre no tomateiro ocorre quando há excesso desse micronutriente no solo ou nas plantas, causando sintomas como queima nas folhas, crescimento atrofiado e morte das plantas. Esse problema é comum em solos ácidos e no uso inadequado de fertilizantes e fungicidas à base de cobre. O controle envolve análise de solo, correção do pH para níveis entre 6 e 6,5, aplicação controlada de fertilizantes de cobre e uso de fertilizantes de liberação lenta. A irrigação eficiente e o monitoramento constante também são essenciais para evitar acúmulos excessivos de cobre e garantir o desenvolvimento saudável da planta. Em casos graves, a remoção das plantas afetadas pode ser necessária.  |

|                        |  |
|------------------------|--|
| (O) Falta de água      | A falta de água é um fator limitante para o desenvolvimento do tomateiro, causando problemas como crescimento retardado, queda prematura de flores e frutos, rachaduras nos frutos e redução da qualidade e produtividade. O controle envolve a adoção de sistemas de irrigação eficientes, como o gotejamento, que fornece água de forma controlada e reduz o desperdício. Além disso, o uso de <i>mulches</i> ajuda a manter a umidade do solo e a regular sua temperatura. O monitoramento constante da umidade do solo e a escolha de variedades resistentes à seca também são importantes, assim como o manejo adequado do solo para melhorar sua capacidade de retenção de água. Essas práticas garantem o fornecimento adequado de água, resultando em tomates de boa qualidade e alta produtividade. |
| (P) Altas temperaturas | As altas temperaturas representam um grande desafio para o cultivo do tomate, especialmente quando ultrapassam os 30°C, causando estresse térmico que afeta a fotossíntese, o metabolismo e o equilíbrio hídrico da planta. Para controlar esse estresse, é importante escolher variedades resistentes ao calor, adotar sistemas de irrigação eficientes, como o gotejamento, e usar <i>mulches</i> para manter a umidade do solo e regular sua temperatura. A instalação de sombreamento e a ventilação em estufas também ajudam a proteger as plantas. Além disso, o uso de reguladores de crescimento e práticas de poda melhoram a resistência ao calor e favorecem o desenvolvimento saudável do tomateiro, garantindo frutos de boa qualidade e produtividade.   |

**Fonte:** Elaborado pelo autor a partir de: Embrapa, 1993; Gallo et al., 2002; Kimati et al., 2005; Leite & Fialho, 2017; Lopes & Ávila, 2005; Menten & Oliveira, 2020; e Minami & Haag, 1980.

Usando o MySQL, criou-se um banco para armazenar informações sobre doenças, pragas e distúrbios fisiológicos do tomateiro, integrando-o com outras linguagens, como Java, para aplicações dinâmicas. O *script* SQL apresentado na Figura 18 cria um banco de dados para catalogar os problemas agrônômicos que afetam a cultura do tomate elencados para o desenvolvimento do *software* aplicativo. Ele inicia removendo as tabelas existentes (“problema”, “sintoma” e “problema\_sintoma”) para evitar conflitos, e depois recria essas tabelas. A tabela “problema” armazena problemas com manejo detalhado, a tabela “sintoma” registra os sintomas, e a tabela intermediária “problema\_sintoma” estabelece relações muitos-para-muitos entre elas, com chaves estrangeiras e exclusão em cascata. Após a estruturação, registros são inseridos na tabela problema, detalhando nomes e manejos de diferentes doenças, pragas e distúrbios fisiológicos. O foco está em criar uma base relacional eficiente para consultas no manejo de problemas da cultura do tomate.

Além disso, o aplicativo possui um mecanismo de análise baseado em compatibilidade percentual. Quando o usuário insere os sinais e sintomas observados, mas não há uma correspondência exata com um único problema agrônômico, o sistema calcula a porcentagem de compatibilidade entre os sintomas informados e os problemas cadastrados no banco de dados. Por exemplo, se o problema agrônômico “A” corresponde a 80% dos sintomas informados e o problema agrônômico “B” corresponde a 50%, o diagnóstico apontará o problema agrônômico “A” como o mais provável. No entanto, a interface do aplicativo informará que essa é uma análise baseada na maior compatibilidade com os dados fornecidos, sugerindo ao usuário uma verificação detalhada das informações apresentadas.

**Figura 18.** Banco de Dados Relacional para os Problemas Agronômicos do Tomate.

```

DROP TABLE IF EXISTS problema;
DROP TABLE IF EXISTS sintoma;
DROP TABLE IF EXISTS problema_sintoma;

CREATE TABLE IF NOT EXISTS problema (
  id_problema INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
  nome_problema VARCHAR(200) NOT NULL,
  manejo LONGTEXT
);
CREATE TABLE IF NOT EXISTS sintoma (
  id_sintoma INT AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
  nome_sintoma VARCHAR(200) NOT NULL
);
CREATE TABLE IF NOT EXISTS problema_sintoma (
  problema_id INT NOT NULL,
  sintoma_id INT NOT NULL,
  FOREIGN KEY (problema_id)
  REFERENCES problema(id_problema)
  ON DELETE CASCADE,
  FOREIGN KEY (sintoma_id)
  REFERENCES sintoma(id_sintoma)
  ON DELETE CASCADE,
);

```

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024.

## 5.2 Software Aplicativo

O aplicativo foi desenvolvido em Java com Spring Boot e MySQL, utilizando o padrão MVC para facilitar a manutenção e organização do código. A lógica de negócios é processada na camada de Serviço, enquanto o Hibernate automatiza a criação das tabelas. O Gradle é utilizado para gerenciar dependências e compilar o projeto. Essa estrutura permitiu a criação de um sistema robusto e eficiente para a identificação de doenças, pragas e distúrbios fisiológicos na cultura do tomate.

No Quadro 9, é possível observar a chave de classificação final dos sintomas e sinais, organizada por parte da planta afetada. Essa abordagem evidencia que muitos sintomas e sinais são semelhantes entre os diferentes problemas agronômicos selecionados. Esse fator foi fundamental tanto para a programação do aplicativo final, quanto para a facilidade do diagnóstico durante o uso do sistema. A classificação dos sintomas e sinais dessa maneira permitiu que a lógica do aplicativo fosse otimizada, reduzindo a quantidade de perguntas desnecessárias e tornando o processo de diagnóstico mais rápido e preciso. Além disso, no tópico de Testes e Aprimoramento, foi possível analisar o impacto dessa estrutura na

experiência do usuário, avaliando o quanto essa organização facilitou a utilização do aplicativo e melhorou sua eficiência no campo.

**Quadro 9.** Chave de Classificação de Sintomas e Sinais por Parte da Planta Afetada.

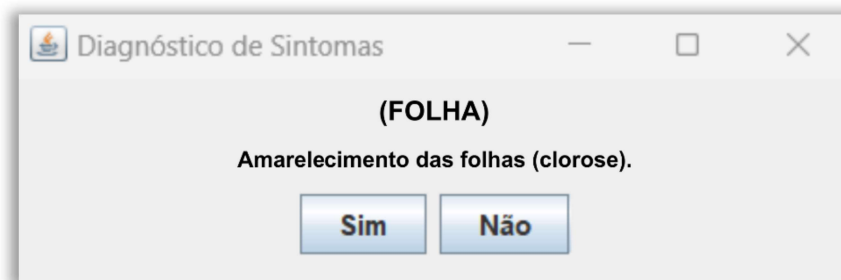
| TS*    | ID* | Descrição de Sintomas e Sinais  | PA***                     |
|--------|-----|---|---------------------------|
| Pragas | 25  | Presença de inseto pequeno e branco (mosca-branca).                       | E, I                      |
|        | 33  | Larvas visíveis dentro da planta com coloração esbranquiçada a amarelada. | J                         |
|        | 34  | Presença de mariposas pequenas e marrons (traça-do-tomateiro).            | J                         |
| Planta | 21  | Planta atrofiada.   | E, F, G, H, J, L, M, N, O |
|        | 11  | Murcha da planta.   | C, G, H, I, M, N, O, P    |
|        | 15  | Morte das plantas.  | D, F, O                   |
|        | 13  | Vazamento de líquido amarelo das plantas.                                 | C                         |
| Flores | 24  | Diminuição na produção de flores.   | E, F, L, N, P             |
|        | 27  | Queda de flores e frutos.   | F, K, O                   |
|        | 26  | Flores deformadas, com descoloração das pétalas.                          | F                         |
| Frutos | 23  | Frutos de tamanho reduzido, deformados e com coloração não uniforme.      | E, G, H, I, J, K, L, M    |
|        | 06  | Manchas escuras nos frutos.   | A, B, C, F, M, N          |
|        | 37  | Rachadura dos frutos.   | K, M, O, P                |
|        | 36  | Escurecimento da parte de cima dos frutos.                                | K, P                      |
|        | 07  | Ressecamento dos frutos.  | A                         |
|        | 08  | Apodrecimento dos frutos.   | B                         |
|        | 12  | Vazamento de líquido pegajoso dos frutos.                                 | C                         |
|        | 32  | Perfuração dos frutos.  | J                         |
|        | 41  | Cessamento na produção de frutos.   | O                         |
|        | 43  | Embranquecimento dos frutos.  | P                         |
| Folhas | 20  | Deformação das folhas.  | E, F, G, H, K, L, M, N    |
|        | 14  | Amarelecimento das folhas (clorose).                                      | D, E, G, H, I, J, L, O    |
|        | 01  | Manchas escuras nas folhas.   | A, B, I, M, N             |
|        | 03  | Necroses que tomam toda a folha.  | A, B, C, F                |
|        | 04  | Desfolha.   | A, B, I, O                |
|        | 22  | Ondulação nas bordas das folhas.  | E, I, M, N                |
|        | 35  | Bordas foliares amarelas ou marrons.                                      | K, M, N, O                |
|        | 02  | Lesões com amarelecimento ao redor.                                       | A, B                      |
|        | 40  | Espessamento das folhas.  | M, N                      |

|   |    |  |            |
|---|----|--|------------|
|   | 09 | Lesões nas folhas possuem aspecto de encharcamento, como se estivessem úmidas.     | B          |
|   | 10 | Formação de mofo branco, principalmente em folhas e frutos.                        | B          |
|   | 31 | Perfurações pequenas e redondas nas folhas.  | J          |
|   | 38 | Folhas finas.  | L          |
|   | 42 | Queima nas pontas das folhas.  | O          |
| Caudex  | 05 | Lesões alongadas no caule.   | A, B, I, O |
|   | 16 | Manchas marrons dentro do caule das plantas.                                       | D          |
|   | 17 | Presença de líquido viscoso, visível ao pressionar o caule.                        | D          |
|   | 18 | Observação de líquido esbranquiçado ao mergulhar o caule cortado em água limpa.    | D          |
|   | 19 | A planta produz raízes acima das lesões do caule para tentar se recuperar do dano. | D          |
| Raízes  | 29 | Redução no tamanho da raiz.  | G, H, K, N |
|   | 28 | Formação de inchaços nas raízes.   | G          |
|   | 30 | Raízes com manchas escuras.  | H          |
| <p><b>Legenda:</b> *TS: Tipo de sintoma/sinal que afeta a cultura. **ID: Identificação para cada sintoma/sinal.<br/>***PA: Problemas agrônômicos associados aos sintomas e sinais observados.</p> |    |  |            |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

O código escrito em Java cria um aplicativo interativo para ajudar no diagnóstico de problemas agrônômicos em tomates. Ele exibe uma janela onde o usuário responde perguntas sobre sintomas apresentados pela planta, utilizando botões de "Sim" e "Não", como exemplificado na Figura 19. O programa obtém a lista de sintomas do servidor e, à medida que o usuário responde, armazena e organiza as informações. Sintomas comuns a vários problemas são associados, acelerando o diagnóstico e eliminando a necessidade de responder todas as perguntas.

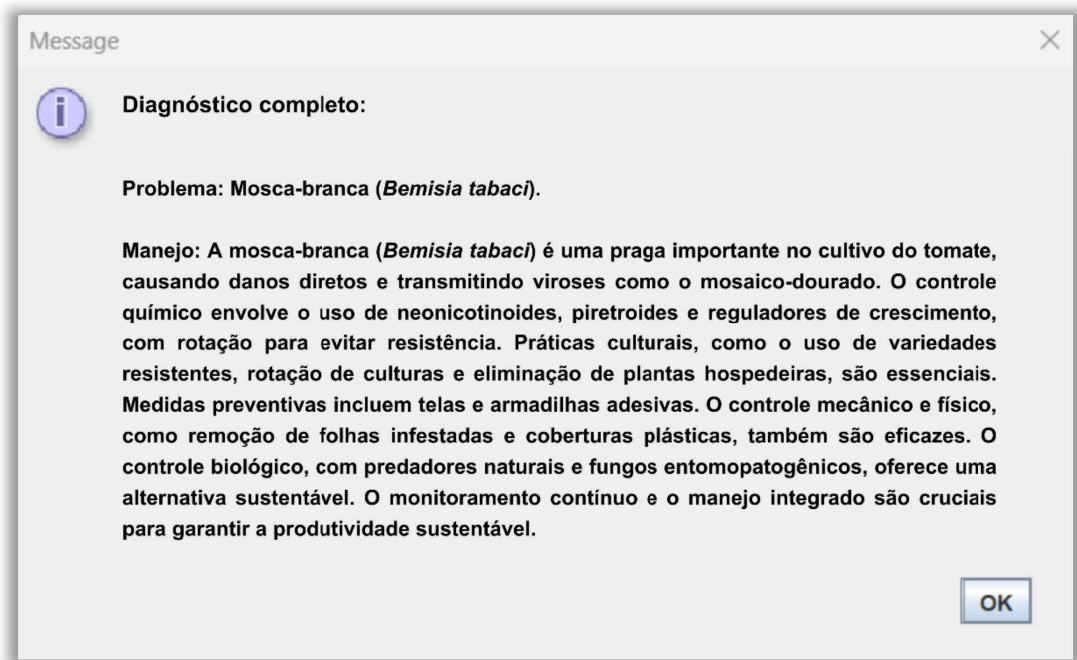
**Figura 19.** Interface de Questionário do Aplicativo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Ao final do questionário, o programa envia os dados coletados para o servidor, que retorna possíveis problemas diagnosticados e sugestões de manejo. O resultado é exibido em uma janela, como apresentado na Figura 20, permitindo ao usuário visualizar os possíveis problemas da planta e as medidas recomendadas para solucioná-los. Dessa forma, o aplicativo funciona como um assistente interativo para auxiliar na identificação e no manejo de doenças e distúrbios fisiológicos do tomate.

**Figura 20.** Interface de Resposta do Aplicativo.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

### 5.3 Testes e Aprimoramento

Durante o desenvolvimento do aplicativo, foram realizados testes de aprimoramento para otimizar sua eficiência e usabilidade. Na primeira versão, o aplicativo contava com um total de 85 sintomas e sinais, os quais estavam associados a 16 problemas agrônômicos previamente selecionados. O sistema de diagnóstico seguia uma abordagem sequencial, onde o usuário precisava responder a todas as perguntas de forma linear, marcando “sim” ou “não” para cada um dos 85 sintomas. Esse método, apesar de detalhado, tornava o processo de diagnóstico demorado e cansativo para o usuário.

Com base nos primeiros testes, foi desenvolvida uma segunda versão do aplicativo, que passou a utilizar um modelo mais dinâmico e eficiente. Nessa nova versão, o número de

sintomas e sinais foi reduzido para 43, e a estrutura de diagnóstico foi reformulada. Em vez de um fluxo fixo e sequencial, o sistema agora filtra os sintomas de forma adaptativa. Ou seja, conforme o usuário seleciona um sintoma presente na cultura, o aplicativo automaticamente restringe as possibilidades, eliminando os problemas agrônômicos incompatíveis com aquele sintoma e deixando apenas aqueles que ainda são plausíveis.

Além disso, alguns sintomas e sinais foram fundidos e simplificados para facilitar a compreensão, especialmente para os produtores, que são o principal público-alvo do aplicativo. Por exemplo, na segunda versão, sinais como manchas foliares e clorose não foram mais detalhados para cada problema agrônômico específico, sendo unificados em categorias mais amplas, como “manchas escuras nas folhas” e “amarelecimento das folhas (clorose)”. O mosaico-dourado e a deficiência de nitrogênio, por exemplo, apresentam cloroses diferentes entre si, mas, para facilitar a identificação por parte dos produtores, que muitas vezes não possuem conhecimento técnico aprofundado, optou-se por essa fusão de sintomas semelhantes.

### 5.3.1 Teste de integridade

No Quadro 10, observa-se a avaliação de desempenho do aplicativo, onde são apresentados os resultados dos dois testes realizados: o primeiro teste utilizando a primeira versão do aplicativo e o segundo teste utilizando a segunda versão otimizada. Nesse quadro, são destacadas a taxa de acerto e a média de tempo de cada teste para os participantes dos três grupos: D (Docentes da UFSCar), A (Alunos da UFSCar) e P (Produtores de tomate). Cada problema agrônômico (PA) analisado está representado pela sua respectiva ID (identificação). A média geral dos resultados obtidos por esses grupos está representada por  $\bar{x}$ , indicando a média dos valores apresentados para cada PA nos testes realizados.

**Quadro 10.** Avaliação de Desempenho do Aplicativo.

| PA <sup>1</sup> | Teste 1            |                |                |                        |                   |                |                |                        | Teste 2            |                |                |                        |                   |                |                |                        |
|-----------------|--------------------|----------------|----------------|------------------------|-------------------|----------------|----------------|------------------------|--------------------|----------------|----------------|------------------------|-------------------|----------------|----------------|------------------------|
|                 | Taxa de Acerto (%) |                |                |                        | Média Tempo (min) |                |                |                        | Taxa de Acerto (%) |                |                |                        | Média Tempo (min) |                |                |                        |
|                 | D <sup>2</sup>     | A <sup>3</sup> | P <sup>4</sup> | $\bar{x}$ <sup>5</sup> | D <sup>2</sup>    | A <sup>3</sup> | P <sup>4</sup> | $\bar{x}$ <sup>5</sup> | D <sup>2</sup>     | A <sup>3</sup> | P <sup>4</sup> | $\bar{x}$ <sup>5</sup> | D <sup>2</sup>    | A <sup>3</sup> | P <sup>4</sup> | $\bar{x}$ <sup>5</sup> |
| A               | 40                 | 0              | 0              | 13,3                   | 22                | 26             | 31             | 26                     | 100                | 100            | 100            | 100                    | 10                | 12             | 12             | 11                     |
| B               | 0                  | 20             | 0              | 6,7                    | 20                | 26             | 26             | 24                     | 100                | 100            | 100            | 100                    | 9                 | 12             | 12             | 11                     |
| C               | 0                  | 0              | 0              | 0                      | 24                | 25             | 32             | 27                     | 100                | 100            | 100            | 100                    | 14                | 11             | 10             | 12                     |
| D               | 0                  | 0              | 0              | 0                      | 18                | 23             | 28             | 23                     | 100                | 100            | 100            | 100                    | 12                | 9              | 13             | 11                     |

|   |     |     |     |      |    |    |    |    |      |      |      |      |    |    |    |    |
|---|-----|-----|-----|------|----|----|----|----|------|------|------|------|----|----|----|----|
| <b>E</b>  | 0   | 0   | 0   | 0    | 21 | 27 | 28 | 25 | 100  | 100  | 100  | 100  | 8  | 9  | 9  | 9  |
| <b>F</b>  | 0   | 0   | 0   | 0    | 26 | 25 | 27 | 26 | 100  | 100  | 100  | 100  | 8  | 10 | 11 | 10 |
| <b>G</b>  | 0   | 0   | 0   | 0    | 22 | 21 | 25 | 23 | 100  | 100  | 100  | 100  | 12 | 10 | 13 | 12 |
| <b>H</b>  | 0   | 0   | 0   | 0    | 25 | 24 | 25 | 25 | 100  | 100  | 100  | 100  | 11 | 14 | 13 | 13 |
| <b>I</b>  | 40  | 20  | 20  | 26,7 | 19 | 18 | 25 | 21 | 100  | 100  | 100  | 100  | 5  | 6  | 6  | 6  |
| <b>J</b>  | 0   | 0   | 0   | 0    | 17 | 19 | 19 | 18 | 100  | 100  | 100  | 100  | 4  | 4  | 4  | 4  |
| <b>K</b>  | 60  | 0   | 0   | 20   | 24 | 24 | 26 | 25 | 100  | 100  | 100  | 100  | 8  | 8  | 9  | 8  |
| <b>L</b>  | 0   | 0   | 0   | 0    | 25 | 28 | 33 | 29 | 100  | 100  | 80   | 93,3 | 11 | 12 | 14 | 12 |
| <b>M</b>  | 0   | 0   | 0   | 0    | 28 | 32 | 32 | 31 | 80   | 100  | 60   | 80   | 9  | 10 | 11 | 10 |
| <b>N</b>  | 0   | 0   | 0   | 0    | 31 | 29 | 38 | 33 | 100  | 100  | 60   | 86,7 | 12 | 15 | 15 | 14 |
| <b>O</b>  | 0   | 0   | 0   | 0    | 29 | 31 | 31 | 30 | 80   | 100  | 100  | 93,3 | 13 | 14 | 14 | 14 |
| <b>P</b>  | 0   | 0   | 0   | 0    | 28 | 29 | 36 | 31 | 80   | 60   | 60   | 66,7 | 10 | 13 | 14 | 12 |
| <b><math>\bar{x}^5</math></b>   | 8,8 | 2,5 | 1,3 | 4,2  | 24 | 25 | 29 | 26 | 96,3 | 97,5 | 91,3 | 95   | 10 | 11 | 11 | 11 |
| <b>Legenda:</b> PA <sup>1</sup> : Problemas agrônômicos. <sup>2</sup> D: Docentes UFSCar. <sup>3</sup> A: Alunos UFSCar. <sup>4</sup> P: Produtores de tomate. $\bar{x}^5$ : Média. |     |     |     |      |    |    |    |    |      |      |      |      |    |    |    |    |

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2025.

A análise dos resultados apresentados no Quadro 10 evidencia a evolução no desempenho do aplicativo após as melhorias implementadas na segunda versão. Durante o primeiro teste, a taxa de acerto média foi baixa ( $\bar{x} = 4,2\%$ ), enquanto o tempo médio para completar o diagnóstico foi elevado ( $\bar{x} = 26$  min). Esses dados indicam que a versão inicial do aplicativo apresentava limitações significativas, dificultando o processo de diagnóstico e reduzindo sua eficácia. Os baixos índices de acerto na primeira versão podem estar associados à estrutura fixa e sequencial do sistema de diagnóstico, que exigia que o usuário respondesse a um grande número de perguntas de maneira linear. Esse modelo, embora detalhado, aumentava a complexidade do processo, tornando a experiência menos intuitiva, principalmente para os produtores, que são o público-alvo principal do aplicativo.

Com a implementação da segunda versão houve uma melhora substancial nos resultados. A taxa de acerto aumentou expressivamente, atingindo uma média geral de 95%, com destaque para os docentes e alunos da UFSCar, que atingiram quase 100% de acerto em todas as avaliações. Além disso, a média de tempo necessário para completar o diagnóstico foi reduzida para 11 minutos, representando uma otimização significativa do processo. A principal razão para essa melhora foi a reformulação do sistema de diagnóstico, que passou a adotar uma abordagem mais dinâmica e adaptativa. Em vez de um fluxo de perguntas fixo e extenso, a nova versão permitiu a filtragem progressiva das opções de diagnóstico. Dessa forma, conforme os

usuários selecionavam os sintomas observados na cultura, o aplicativo automaticamente descartava possibilidades incompatíveis, tornando o processo mais rápido e eficiente.

Além disso, a fusão de sintomas semelhantes, como manchas foliares e clorose, facilitou a identificação pelos produtores, que, muitas vezes, não possuem conhecimento técnico aprofundado para distinguir variações sutis entre diferentes problemas agrônômicos. Essa simplificação contribuiu para a melhoria da usabilidade e eficácia do aplicativo. Outro ponto relevante é a variação na taxa de acerto entre os grupos avaliados. Enquanto docentes e alunos da UFSCar apresentaram um desempenho mais uniforme e elevado, os produtores de tomate tiveram uma melhora significativa, mas ainda registraram uma taxa de acerto ligeiramente inferior (91,3%). Esse resultado reforça a importância de uma interface mais intuitiva e acessível para garantir que o aplicativo atenda com eficiência a todos os perfis de usuários.

No Teste 1, os problemas agrônômicos com maior taxa de acerto foram deficiência de cálcio (K) (20%) e mosca-branca (I) (26,7%). Esses resultados indicam que sintomas relacionados à deficiência nutricional e à presença de insetos foram mais facilmente identificados pelos participantes, mesmo com a primeira versão do aplicativo. A deficiência de cálcio, por exemplo, apresenta sintomas bastante característicos, como necroses apicais nos frutos, o que pode ter facilitado o reconhecimento. Da mesma forma, a mosca-branca é um inseto amplamente conhecido na cultura do tomateiro, o que pode ter contribuído para um diagnóstico mais preciso.

Por outro lado, no Teste 2, os problemas com maior taxa de erro foram fitotoxicidade por boro (M) (80% de acerto, 20% de erro), fitotoxicidade por cobre (N) (86,7% de acerto, 13,3% de erro) e temperaturas altas (P) (66,7% de acerto, 33,3% de erro). Isso sugere que os sintomas dessas condições ainda geraram dúvidas, possivelmente devido à semelhança com outros problemas. A fitotoxicidade por boro e cobre, por exemplo, podem ser confundidas com sintomas de estresse hídrico ou deficiências nutricionais, por conta de alguns sintomas em comum.

Em relação ao tempo médio de diagnóstico, no Teste 1, os problemas que demandaram mais tempo foram fitotoxicidade por boro (M) (31 min) e fitotoxicidade por cobre (N) (33 min), o que indica uma maior dificuldade na diferenciação desses problemas pelos participantes. Já no Teste 2, o tempo médio de diagnóstico caiu para 11 minutos, com os problemas de traça-do-tomateiro (J) (4 min) e mosca-branca (I) (6 min) sendo resolvidos mais rapidamente. Isso sugere que problemas com sintomas visíveis e bem documentados, como pragas, tendem a ser

diagnosticados com mais rapidez, enquanto doenças e fitotoxicidades exigem maior tempo de análise, pois podem apresentar sintomas semelhantes entre si.

Dessa forma, os resultados reforçam que a nova versão do aplicativo trouxe uma melhoria expressiva na precisão e na velocidade do diagnóstico, mas ainda existem desafios para diferenciar problemas que apresentam sintomas similares, especialmente aqueles relacionados a fitotoxicidade e estresses ambientais. No geral, as modificações implementadas na segunda versão do aplicativo foram eficazes, tornando o diagnóstico mais preciso, rápido e acessível. A otimização do sistema de perguntas e a simplificação dos sintomas permitiram uma experiência mais fluida e intuitiva para os usuários, o que pode impactar positivamente a adoção da ferramenta no campo. Futuras atualizações podem focar na personalização ainda maior do diagnóstico, com a inclusão de elementos visuais e descrições mais detalhadas para facilitar a identificação dos sintomas pelos produtores.

### 5.3.2 Teste de usabilidade

Os resultados do questionário de usabilidade, aplicado após os Testes 1 e 2, foram organizados em tabela para melhor compreensão, uma vez que a alta frequência de respostas de 100% em algumas perguntas tornaria a visualização gráfica pouco informativa. A tabela apresenta a proporção de respostas "Sim" e "Não" para cada questão avaliada pelos participantes.

**Quadro 11.** Avaliação da Usabilidade do Aplicativo.

| Pergunta |  | Teste 1 |     | Teste 2 |      |
|----------|--|---------|-----|---------|------|
|          |  | Sim     | Não | Sim     | Não  |
| 01       | A interface do aplicativo foi intuitiva e fácil de entender?                                 | 100%    | -   | 100%    | -    |
| 02       | A navegação entre as diferentes telas do aplicativo foi clara e fluida?                      | 100%    | -   | 100%    | -    |
| 03       | As opções e botões apresentados no aplicativo estavam claramente descritos?                  | 100%    | -   | 100%    | -    |
| 04       | O aplicativo respondeu rapidamente às suas ações?  | 100%    | -   | 100%    | -    |
| 05       | Você acredita que o aplicativo fez um diagnóstico preciso do problema agrônomo estabelecido? | 5%      | 95% | 95%     | 5%   |
| 06       | Você concorda com o manejo e controle sugeridas pelo app?                                    | 5%      | 95% | 80%     | 20%  |
| 07       | Você encontrou algum erro ou falha durante o uso do aplicativo?                              | 100%    | -   | 10%     | 90%  |
| 08       | Você achou demorado o processo de uso do aplicativo?   | 100%    | -   | -       | 100% |

|    |  |     |     |      |   |
|----|--|-----|-----|------|---|
| 09 | Você recomendaria este aplicativo para outros usuários interessados em diagnosticar problemas em tomateiros? | 10% | 90% | 100% | - |
|----|--|-----|-----|------|---|

**Fonte:** Elaborado pelo autor, 2025.

Desde o Teste 1, o software já apresentava um desempenho satisfatório em usabilidade, evidenciado pelos 100% de aprovação quanto à interface intuitiva, navegação fluida, clareza dos botões e rapidez nas respostas. Isso demonstra que a estrutura do sistema estava bem desenvolvida, proporcionando uma experiência eficiente para os usuários. No entanto, o principal desafio não estava na funcionalidade *do software*, mas nas informações e estruturas agrônomicas.

A comparação entre os Testes 1 e 2 revela uma evolução significativa na usabilidade do aplicativo. No primeiro teste, a confiança no diagnóstico era baixa: 95% dos usuários não confiavam nas sugestões de manejo e relataram erros e falhas, além de considerar o processo demorado. Apenas 10% recomendariam o aplicativo. A baixa taxa de acerto impediu que os participantes recebessem recomendações adequadas, impactando sua percepção inicial sobre a eficácia da ferramenta. Já no Teste 2, a precisão do diagnóstico aumentou de 5% para 95%, enquanto a concordância com as sugestões de manejo subiu de 5% para 80%. O número de relatos de erros caiu drasticamente de 100% para 10%, e nenhum usuário considerou o processo demorado. Como resultado, o aplicativo recebeu 100% de recomendação, evidenciando a eficácia das melhorias implementadas.

Vale destacar que diferentes usuários testaram o aplicativo para diversas doenças, o que justifica algumas inconsistências nas respostas. Mesmo sem atingir 100% de acerto, os erros foram pontuais, e um mesmo usuário pode ter obtido resultados inconclusivos em um teste, mas corretos em outro, reforçando a confiabilidade do sistema em uma análise mais ampla. Apesar de não atingir 100% de acerto, os erros foram pontuais. Alguns problemas agrônomicos se mantiveram difíceis de diagnosticar devido à sintomatologia extensa ou semelhante a outros problemas. Mesmo assim, o sistema mostrou-se confiável, com resultados inconclusivos em alguns testes, mas corretos em outros, reforçando sua eficácia em análises mais amplas. Em resumo, as melhorias na segunda versão do aplicativo aumentaram significativamente sua precisão, rapidez e usabilidade, tornando-o uma ferramenta mais confiável e recomendada para o diagnóstico de problemas agrônomicos em tomateiros.

## 6 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do *software* aplicativo foi efetivo para o diagnóstico dos principais problemas agronômicos da cultura do tomate e ao suporte no manejo fitossanitário e de fertilidade.

A construção de um banco de dados representativo constituiu etapa determinante na redução da complexidade da identificação das principais doenças, pragas e distúrbios fisiológicos, bem como na eficácia do processo de diagnóstico e respectivas recomendações de manejo.

A realização de testes práticos evidenciou a evolução entre as versões do *software*, demonstrando sua aplicabilidade no campo através de uma interface dinâmica, intuitiva e acessível aos produtores. É parte do processo de aperfeiçoamento de tecnologias deste tipo, contudo, o constante acompanhamento da experiência dos usuários. No caso do presente trabalho, observa-se que o aprimoramento quanto à diferenciação de sintomas semelhantes e à abordagem pedagógica são particularmente importantes.

O aplicativo apresentou grande potencial para contribuir com a sustentabilidade da produção de tomate, alinhando inovação tecnológica às necessidades do produtor.

## REFERÊNCIAS

- Agristar do Brasil. **As principais diferenças entre Geminivírus e Crinivírus**. 2025. Disponível em: <https://agristar.com.br/topseed/dicas/?d=true&Id=20>. Acesso em: 02. jan. 2025.
- Agroadvance. **Mosca branca (Bemisia tabaci): mais de 600 espécies vegetais sob ataque**. 2024. Disponível em: <https://agroadvance.com.br/blog-mosca-branca-bemisia-tabaci-resistencia/>. Acesso em: 02. jan. 2025.
- BIOCONTROLE. **Traça-do-Tomateiro**. 2025. Disponível em: <https://biocontrole.com.br/produto/traca-do-tomateiro-tuta-absoluta/>. Acesso em: 02. jan. 2025.
- Conab. **Tomate: Análise dos Indicadores da Produção e Comercialização no Mercado Mundial, Brasileiro e Catarinense**. 2019 – Companhia Nacional de Abastecimento – Conab. ISSN: 2448-3710. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 30. mai. 2024.
- Elevagro. **Deficiência de cálcio em tomate**. 2015. Disponível em: <https://elevagro.com/blog/deficiencia-de-calcio-em-tomate/>. Acesso em: 02. jan. 2025.
- Embrapa. **Guia de Identificação das Doenças do Tomateiro**. Embrapa Hortaliças, São Paulo: Zeneca, 2000. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-publicacoes/-/publicacao/768979/guia-de-identificacao-das-doencas-do-tomateiro#:~:text=Resumo%3A%20Requeima%2C%20Pinta%2Dpreta,%2D%20mole%2C%20Galhas%20ou%20nemat%C3%B3ides>. Acesso em: 30. mai. 2024.
- Embrapa. **A Cultura do Tomateiro (para mesa)**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Hortaliças – Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993.
- Embrapa. **Cultivo de Tomate para Industrialização**. Embrapa Hortaliças 2006. Disponível em: [https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial\\_2ed/deficiencias.htm](https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial_2ed/deficiencias.htm). Acesso em: 02. jan. 2025.
- Embrapa. **Pesquisa alerta sobre risco de o manejo inadequado na lavoura provocar resistência de pragas**. Embrapa News, 2016. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/16120262/pesquisa-alerta-sobre-risco-de-o-manejo-inadequado-na-lavoura-provocar-resistencia-de-pragas>. Acesso em: 30. mai. 2024.
- Embrapa. **Tomate**. Tratos culturais. Embrapa Hortaliças, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/tomate/producao/tratos-culturais>. Acesso em: 30. mai. 2024.
- Ephytia. **Clavibacter michiganensis subsp. Michiganensis (Smith 1910) Davis et al. 1984 cancro bacteriano**. 2022. Disponível em: <https://ephytia.inra.fr/pt/C/5044/Tomate-Clavibacter-michiganensis-cancro-bacteriano>. Acesso em: 01. jan. 2025.

Ephytia. **Vária Fitotoxicidades**. 2022. Disponível em:  
<https://ephytia.inra.fr/pt/C/5352/Tomate-Varias-fitotoxicidades>. Acesso em: 05. jan. 2025.

Filgueira, F. A. R. **Solanáceas: Agrotecnologia Moderna na Produção de Tomate, Batata, Pimenta, Berinjela e Jiló**. Ed. UFLA 2003. ISBN: 85-87692-15-1.

Gallo, D. et al. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ 2002, Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz.

Guerra, A. J. T.; Jorge, M. do C. O. **Degradação dos solos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014.

IBGE. **Produção de Tomate**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/tomate/br>. Acesso em: 30. mai. 2024.

Invasive.org. **Invasive and Exotic Species of North America**. 2025. Disponível em:  
<https://www.invasive.org/index.cfm>. Acesso em: 01. jan. 2025.

Java. **Java**. 2025. Disponível em: <https://www.java.com/pt-BR/>. Acesso em: 05. jan. 2025.

Kimati, H. et al. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. Vol. 2, São Paulo: Afronômica Ceres, 2005.

Leite, G. L. D.; Fialho, A. **Pragas do tomateiro**. Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Ciências Agrárias, Insetário G.W.G. de Moraes 2017. Disponível em:  
[https://halley.adm-serv.ufmg.br/ica/wp-content/uploads/2017/06/Pragas\\_de\\_tomate.pdf](https://halley.adm-serv.ufmg.br/ica/wp-content/uploads/2017/06/Pragas_de_tomate.pdf). Acesso em: 5. jan. 2025.

Lopes, C. A.; Ávila, A. C. **Doenças do Tomateiro**. Embrapa Hortaliças, Distrito Federal, Brasília 2005.

Lucchesi, C. **Dominando a Análise e Desenvolvimento de Sistemas: Guia Completo para Iniciantes**. 2025.

Menten, J. O. M.; Oliveira, F. F. De. **Doenças do tomate e batata: importância, sintomas, etiologia e manejo**. Novembro 2020. Syngenta.

Minami, K.; Haag, H. P. **O Tomateiro**. 2ª ed. Campinas, Fundação Cargill, 1980.

Ministério da Agricultura e Pecuária. **Tecnologia auxilia produtores na identificação de novas doenças e pragas no cacaueteiro**. 2022. Disponível em:  
<https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias-2022/tecnologia-auxilia-produtores-na-identificacao-de-novas-doencas-e-pragas-no-cacaueteiro>. Acesso em: 30. mai. 2024.

Ministério da Saúde. **Alimentos Regionais Brasileiros**. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. 2. ed. Ministério da Saúde, 2015. Disponível em:  
[https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/alimentos\\_regionais\\_brasileiros\\_2ed.pdf](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/alimentos_regionais_brasileiros_2ed.pdf). Acesso em: 30. mai. 2024.

MySQL. **MySQL**. 2025. Disponível em: <https://www.mysql.com/>. Acesso em: 05. jan. 2025.

Pratissoli, D.; Carvalho, J. R. de. **GUIA DE CAMPO: Pragas da Cultura do Tomateiro**. Universidade Federal do Espírito Santo, 2016. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/306097941\\_GUIA\\_DE\\_CAMPO\\_Pragas\\_da\\_Cultura\\_do\\_Tomateiro](https://www.researchgate.net/publication/306097941_GUIA_DE_CAMPO_Pragas_da_Cultura_do_Tomateiro). Acesso em: 30. mai. 2024.

Peña-Lomelí, A. et al. **Desempeño agronómico de variedades de tomate de cáscara en invernadero y campo abierto**. Rev. fitotec. mex vol.37 no.4 Chapingo oct./dic. 2014. Disponível em: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802014000400011&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-73802014000400011&script=sci_arttext). Acesso em: 29. dez. 2024.

Plantix. **A planta começa murchar a ponteira e depois todas as folhas ficam murchas. O que pode ser?** 2020. Disponível em: <https://plantix.net/pt/community/questions/tomato/20200418/a-planta-comeca-murchar-a-ponteira-e-depois-todas-as-folhas-ficam-murchas-o-que-pode-ser/>. Acesso em: 05. jan. 2025.

Revista Cultivar. **Manejo do complexo “vira-cabeça” no cultivo de tomate e pimentão**. 2020. Disponível em: <https://revistacultivar.com.br/noticias/manejo-do-complexo-lvira-cabecar-no-cultivo-de-tomate-e-pimentao>. Acesso em: 02. jan. 2025.

Rezende, P. C. **Adubação Nitrogenada de Hortaliças: Princípio e Prática com o Tomateiro**. Editora UFV 2007.

Runtalent. **O que é Agro 5.0?** Tudo o que você e sua empresa precisam saber. E-book, 2025. Disponível em: [https://lp.runtalent.it/e-book-o-que-e-o-agro-5-0?utm\\_source=google&utm\\_medium=cpc&utm\\_campaign=agro&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAiA-Oi7BhA1EiwA2rIu25QPuF2-IcgEEZnETOsH0Dv19fsCAc8BytFYft-gj-GcyQDsJHJnJxoCR3oQAvD\\_BwE](https://lp.runtalent.it/e-book-o-que-e-o-agro-5-0?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=agro&gad_source=1&gclid=CjwKCAiA-Oi7BhA1EiwA2rIu25QPuF2-IcgEEZnETOsH0Dv19fsCAc8BytFYft-gj-GcyQDsJHJnJxoCR3oQAvD_BwE). Acesso em: 05. jan. 2025.

Santos, H. S. et al. **Avaliação de sistemas de condução em relação à severidade de doenças e à produção do tomateiro**. Departamento de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá. Acta Scientiarum 21 (3): 453-457, 1999. ISSN 1415-6814.

SEBRAE. **Agronegócio: Horticultura**. Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas Bahia 2017. Disponível em: <https://sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/UFs/BA/Anexos/Horticultura%20na%20Bahia.pdf>. Acesso em: 29. dez. 2024.

Syngenta Brasil. **Requeima (*Phytophthora infestans*)**. Mais Agro 2025. Disponível em: <https://maisagro.syngenta.com.br/dia-a-dia-do-campo/glossario-de-alvos-requeima/>. Acesso em: 01. jan. 2025.

Syngenta Digital. **Conhecendo os nematoides: Nematoides das lesões radiculares (*Pratylenchus spp.*)**. 2022. Disponível em: <https://blog.syngentadigital.ag/nematoides-pratylenchus/>. Acesso em: 01. jan. 2025.

Unilab. **Murcha bacteriana do tomateiro (*Ralstonia solanacearum*)**. Herbário Virtual de Fitopatologia – Unilab 2017. Disponível em:

<https://fitopatologiaunilab.blogspot.com/2017/12/murcha-bacteriana-do-tomateiro.html>. Acesso em: 01. jan. 2025.

Unilab. ***Meloidogyne spp no tomateiro (Meloidogyne spp)***. Herbário Virtual de Fitopatologia – Unilab 2017. Disponível em:  
<https://fitopatologiaunilab.blogspot.com/2017/12/meloidogyne-spp-no-tomateiro.html>. Acesso em: 01. jan. 2025.

Yara Brasil. **Como prevenir danos físicos ao tomate**. 2020. Disponível em:  
<https://www.yarabrasil.com.br/conteudo-agronomico/blog/como-prevenir-danos-fisicos-ao-tomate/>. Acesso em: 05. jan. 2025.