Produção de Tomate para Processamento Industrial



Editores Técnicos
Flávia M. V. T. Clemente
Leonardo S. Boiteux

Embrapa

PRODUÇÃO DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Hortaliças
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

PRODUÇÃO DE TOMATE PARA PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

Flávia M. V. T. Clemente
Leonardo S. Boiteux
(Editores Técnicos)

Embrapa
Brasília, DF
2012

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Hortaliças
Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis, km 9
Caixa Postal 218
CEP 70.351-970
Brasília – DF
Telefone (61)3385.9110
E-mail: sac@cnph.embrapa.br

Comitê Local de Publicações da Embrapa Hortaliças
Presidente: Warley Marcos Nascimento
Editor técnico: Fábio Akiyoshi Suinaga
Supervisor editorial: George James
Membros: Agnaldo Donizete Ferreira de Carvalho
Ítalo Moraes Rocha Guedes
Jadir Borges Pinheiro
Mariane Carvalho Vidal

Normalização bibliográfica: Antônia Veras de Souza
Revisão de texto: George James
Supervisão editorial: Flavia M. V. T. Clemente e Leonardo S. Boiteux
Projeto gráfico: Leandro Lobo
Capa: Leandro Lobo
Foto da capa: Vilmar Rodrigues Gonçalves
Editoração eletrônica: Teixeira Gráfica Editora Ltda.
Impressão: Teixeira Gráfica Editora Ltda.

1ª edição
1ª impressão (2012): 2.000 exemplares

Todos os direitos reservados
A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9610/98)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Hortaliças

Produção de tomate para processamento industrial / Flávia Maria Vieira Teixeira Clemente, Leonardo Silva Boiteux, editores técnicos. – Brasília : Embrapa, 2012.
Il. ; color.
344 p.

ISBN 978-85-7035-125-8

1. Tomate industrial - Produção I. Clemente, Flávia Maria Vieira Teixeira. II. Boiteux, Leonardo Silva.

CDD 635.648

©Embrapa 2012

Autores

Abadia dos Reis Nascimento
Eng. Agrônoma, Dra., Docente Horticultura
Universidade Federal de Goiás (UFG)
e-mail: reyzinha@yahoo.com.br

Ailton Reis
Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador
Fitopatologia, Embrapa Hortaliças
e-mail: ailton@cnph.embrapa.br

Alice Kazuko Inoue-Nagata
Eng. Agrônoma, Dra., Pesquisadora
Virologia, Embrapa Hortaliças
e-mail: alicenag@cnph.embrapa.br

Alice Maria Quezado-Duval
Eng. Agrônoma, Dra., Pesquisadora
Fitopatologia, Embrapa Hortaliças
e-mail: alice@cnph.embrapa.br

Alexandre Pinho de Moura
Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador
Entomologia, Embrapa Hortaliças
e-mail: apmoura@cnph.embrapa.br

Ana Flavia Visconde Ubiali Jacinto
Eng.Civil, Gerente de Serviços
Pivot Projetos, Indústria e Comércio Ltda
e-mail: anaflavia@pivot.com.br

Bruno Borges Soares
Eng. Agrônomo, Extensionista
Extensão Rural, Cargill Foods Brazil
e-mail: bruno_soares@cargill.com

Carlos Alberto Lopes
Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador
Fitopatologia, Embrapa Hortaliças
e-mail: clopes@cnph.embrapa.br

Carlos Eduardo Pacheco Lima
Eng. Ambiental, Dr., Pesquisador
Mudanças Climáticas, Embrapa Hortaliças
e-mail: carlos.pacheco@cnph.embrapa.br

Celso Luiz Moretti
Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador
Fisiologia Pós-colheita, Embrapa Hortaliças
e-mail: moretti@cnph.embrapa.br

Flavia Maria Vieira Teixeira Clemente
Eng. Agrônoma, Dra., Analista
Fitotecnia, Embrapa Hortaliças
e-mail: clemente@cnph.embrapa.br

Gelson Goulart da Silva Lima
Técnico em Agropecuária
Viveiro Grupo Vivati
e-mail: gelson@grupovivati.com.br

Henoque Ribeiro da Silva
Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador
Irrigação, Embrapa Hortaliças
e-mail: henoque@cnph.embrapa.br

Ítalo Moraes Rocha Guedes
Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador
Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Hortaliças
e-mail: italo@cnph.embrapa.br

Jadir Borges Pinheiro
Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador
Nematologia, Embrapa Hortaliças
e-mail: jadir@cnph.embrapa.br

Jorge Anderson Guimarães
Biólogo, Dr., Pesquisador
Entomologia, Embrapa Hortaliças
e-mail: janderson@cnph.embrapa.br

Juscimar da Silva
Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador
Solos e Nutrição de Plantas, Embrapa Hortaliças
e-mail: juscimar@cnph.embrapa.br

Leonardo de Brito Giordano
Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador, (aposentado)
Melhoramento Genético, Embrapa Hortaliças
e-mail: leogiordano@uol.com.br

Leonardo Silva Boiteux
Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador
Melhoramento Genético, Embrapa Hortaliças
e-mail: boiteux@cnph.embrapa.br

Leonardo Ubiali Jacinto
Eng. Agrícola, Diretoria Comercial
Pivot Equipamentos Agrícolas e Irrigação Ltda
e-mail: leonardo@pivot.com.br

Leonora Mansur Mattos
Química, Dra., Pesquisadora
Ciência de Alimentos, Embrapa Hortaliças
e-mail: leonora@cnph.embrapa.br

Marcos Brandão Braga
Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador
Irrigação, Embrapa Hortaliças
e-mail: marcos.braga@cnph.embrapa.br

Maria Esther de Noronha Fonseca
Eng. Agrônoma, Dra., Pesquisadora
Análise Genômica, Embrapa Hortaliças
e-mail: mesther@cnph.embrapa.br

Miguel Michereff Filho
Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador
Entomologia, Embrapa Hortaliças
e-mail: miguel@cnph.embrapa.br

Naira Adorno de Ázara
Eng. Agrônoma, Gerente Técnico-comercial
Viveiro Grupo Vivati
e-mail: naira@grupovivati.com.br

Nirlene Junqueira Vilela
Economista, M. Sc., Pesquisadora
Economia Rural, Embrapa Hortaliças
e-mail: nirlene@cnph.embrapa.br

Paulo Cesar Tavares de Melo
Eng. Agrônomo, Dr., Docente
Departamento de Produção Vegetal, USP/ESALQ
e-mail: pctmelo@esalq.usp.br

Raquel Alves de Freitas
Eng. Agrônoma, Dra., Analista, Tecnologia de sementes, Embrapa Produtos e Mercado
e-mail: raquel.freitas@embrapa.br

Ricardo Borges Pereira
Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador
Fitopatologia, Embrapa Hortaliças
e-mail: ricardobp@cnph.embrapa.br

Rogério Rangel
Eng. Agrônomo, Diretor Agrícola
Cargill Foods Brazil
e-mail: Rogerio_Rangel@cargill.com

Ronaldo Setti de Liz
Eng. Agrônomo, M. Sc., Assistente
Entomologia, Embrapa Hortaliças
e-mail: setti@cnph.embrapa.br

Sidnei Douglas Cavalieri
Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador Manejo Integrado de Plantas Daninhas, Embrapa Hortaliças
e-mail: cavalieri@cnph.embrapa.br

Waldir Aparecido Marouelli
Eng. Agrícola, Dr., Pesquisador
Irrigação, Embrapa Hortaliças
e-mail: waldir@cnph.embrapa.br

Warley Marcos Nascimento
Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador
Tecnologia de Sementes, Embrapa Hortaliças
e-mail: wmn@cnph.embrapa.br

Washington Luiz de Carvalho e Silva
Eng. Agrônomo, Dr., Pesquisador, (aposentado)
Irrigação, Embrapa Hortaliças
e-mail: wash.silva@uol.com.br

Sumário

Apresentação 09

Agradecimentos 11

Prefácio 13

Capítulo 01
Perfil socioeconômico da cadeia agroindustrial no Brasil 17
Capítulo 02
Melhoramento genético 31
Capítulo 03
Produção de sementes 53
Capítulo 04
Produção de mudas 79
Capítulo 05
Adubação e nutrição 105
Capítulo 06
Irrigação e fertigação 131
Capítulo 07
Manejo de plantas daninhas 157
Capítulo 08
Doenças causadas por fungos e distúrbios fisiológicos 179
Capítulo 09
Doenças bacterianas 205
Capítulo 10
Doenças causadas por vírus 225
Capítulo 11
Nematoides 243
Capítulo 12
Pragas 265
Capítulo 13
Qualidade e segurança alimentar na cadeia produtiva 303
Capítulo 14
Transplantio e colheita mecanizada 315
Capítulo 15
Aspectos industriais da cultura 331

Apresentação

A competitividade da cadeia produtiva de tomate para processamento industrial cresceu sensivelmente no País nos últimos anos, demonstrando o elevado grau de profissionalismo atingido pelos diferentes atores da cadeia produtiva. A partir da década de 1990, o crescimento da atividade foi significativamente rápido. Impulsionado pela participação ativa de grandes indústrias e pela exigência de padrões de qualidade elevados, o Brasil passou a ocupar lugar de destaque entre os maiores produtores globais. A produtividade brasileira é similar à obtida nas principais regiões produtoras dos EUA, maior produtor mundial.

A adoção de tecnologias em diversos elos da cadeia produtiva foi a grande alavanca para o alcance de resultados tão robustos. A partir dos investimentos em híbridos com alto potencial produtivo e rendimento industrial, o setor intensificou os processos de mecanização, otimizando o transplantio das mudas e, principalmente, a colheita. A adequação do Cerrado brasileiro, em especial o Estado de Goiás, às novas tecnologias para o cultivo, levou esta região à liderança nacional.

Cientes da importância desta atividade no Brasil, bem como em âmbito mundial, é com grande satisfação que apresentamos o livro "Produção de tomate para processamento industrial". A presente obra é uma síntese dos esforços empregados, dos resultados obtidos e dos impactos econômicos do setor. São apresentados os avanços observados nas áreas de melhoramento genético, produção de sementes, produção de mudas, adubação e nutrição e irrigação e fertigação. Também são abordados a identificação e o manejo de plantas daninhas e doenças causadas por fungos, bactérias, vírus, nematoides, além de danos causados por pragas. Por fim são descritos, com uma visão atualizada e consistente, a qualidade e segurança dos alimentos bem como os principais avanços nas operações de transplantio e colheita.

Em linguagem técnica e concisa o livro "Produção de tomate para processamento industrial" é mais uma contribuição da Embrapa Hortaliças para o desenvolvimento competitivo e sustentável da olericultura nacional.

Celso Luiz Moretti
Chefe – Geral
Embrapa Hortaliças

Agradecimentos

Agradecemos o empenho e a disposição de todos os profissionais da Embrapa, bem como dos autores de empresas públicas e privadas e instituições parceiras que estiveram envolvidos na elaboração deste livro. Sendo assim, fica registrada nossa especial gratidão a todos que contribuíram com informações de interesse para todos os componentes da cadeia produtiva. Esperamos envolver o leitor pela consistência do conhecimento originado pela pesquisa e também pela aplicabilidade das informações advindas da experiência dos profissionais envolvidos com a prática da cultura.

Reconhecemos, ainda, o apoio do Dr. Warley Marcos Nascimento, nosso chefe-adjunto de Transferência de Tecnologia, que muito nos motivou para realização deste trabalho. Finalmente, agradecemos à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa e ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA, pela oportunidade de realizar esta tarefa.

Nosso muito obrigado,
Os Editores

Prefácio

O desejo de lançar um novo livro sobre tomate para processamento industrial é algo que permanecia constante em muitos profissionais da área. Desde o último livro publicado pela Embrapa, em 2000, o cenário da tomaticultura nacional passou por profundas e significativas mudanças em diversos elos da cadeia produtiva.

Atualmente, este setor tem grande domínio das operações e técnicas de cultivo e processamento, em função da excelência alcançada no setor produtivo. Porém, precisávamos reunir ideias, agrupar os conhecimentos científicos e relacionar as informações que hoje fazem da tomaticultura nacional uma das grandes potências agrícolas do país.

O livro possui 15 capítulos que abordam desde a avaliação do aspecto econômico até os indicativos da visão da indústria sobre o produto final. Tivemos a oportunidade de reunir uma equipe de pesquisadores que trabalham incansavelmente no desenvolvimento de novas técnicas para otimização do cultivo do tomate rasteiro em diversas áreas. Paralelamente, convidamos integrantes da cadeia produtiva do tomate, que representam toda a operacionalidade da tecnologia alcançada. Com isso, nossa abordagem visa contemplar os avanços tecnológicos gerados pela pesquisa e também considerar a experiência das informações adquiridas por profissionais que vivenciam diariamente o sistema de produção.

Na área de economia, tivemos o prazer de contar com a participação da pesquisadora Nirlene Junqueira e do estimado Prof. Paulo César Tavares. A experiência na área de Economia Rural, juntamente com a integração que ambos possuem diretamente com a cadeia produtiva, demonstram a clareza de informações que, da década de 1990 para os dias atuais, tornaram-se muito dinâmicas.

O pesquisador Warley Marcos Nascimento juntamente com Raquel Alves de Freitas e Paulo Cesar Tavares de Melo contribuíram com nosso trabalho na abordagem sobre a produção de sementes, uma das áreas que se tornou altamente competitiva em função dos consideráveis avanços imprimidos pela utilização de híbridos na atividade.

Para debater sobre a produção de mudas, convidamos os profissionais do viveiro Grupo Vivati, Gelson Goulart da Silva Lima e Naira Adorno de Ázara. Atualmente, são responsáveis pela produção de cerca de 2.500 a 3.000 hectares de tomate rasteiro para o Estado de Goiás. Neste capítulo, também contamos com a participação da Professora de Horticultura da Universidade Federal de Goiás, Abadia dos Reis Nascimento. A participação de um grupo diretamente atuante no mercado fez-se importante para a caracterização de práticas tão minuciosas.

O tomateiro é uma planta bastante exigente em nutrientes e a vivência de campo, muitas vezes, evidencia a necessidade de abordar este assunto de maneira consciente, visto que a utilização de práticas não recomendadas, realizadas em desacordo com o embasamento técnico, pode comprometer o pleno desenvolvimento da planta. Com esse fim, contamos com a excelência dos pesquisadores Carlos Eduardo Pacheco Lima, Ítalo Moraes Rocha Guedes e Juscimar da Silva.

Hoje, como praticamente 100% das áreas de tomate para processamento industrial vêm sendo produzidas sob sistemas de irrigação, os pesquisadores Henoque Ribeiro da Silva, Marcos Brandão Braga, Waldir Aparecido Marouelli e Washington Luiz de Carvalho e Silva, fazem a descrição destes sistemas e suas viabilidades de utilização.

O tópico relacionado ao controle de plantas daninhas foi desenvolvido pelo pesquisador Sidnei Douglas Cavalieri. O relato sobre as técnicas de identificação e de manejo de doenças ficou a cargo dos pesquisadores Ailton Reis, Alice Maria Quezado-Duval, Alice Kazuko Inoue-Nagata, Carlos Alberto Lopes, Jadir Borges Pinheiro e Ricardo Borges Pereira. Também direcionado à área fitossanitária, o manejo de pragas foi abordado pelos colegas Alexandre Pinho de Moura, Jorge Anderson Guimarães, Miguel Michereff Filho e Ronaldo Setti de Liz. A necessidade da abordagem científica para a descrição de todos os tratos fitossanitários no cultivo do tomate rasteiro fez-se necessária em função da expressiva quantidade de pragas e doenças que atacam a cultura.

Contamos, ainda, com a participação dos pesquisadores Celso Luiz Moretti e Leonora Mansur Mattos no desenvolvimento do capítulo sobre qualidade e segurança alimentar, tema de fundamental importância nas ações de incentivo ao consumo dos produtos originados.

Para discutir o transplantio de mudas e a colheita do tomate para processamento industrial, convidamos a equipe da Pivot Equipamentos Agrícolas e Sistemas de Irrigação, nas pessoas de Ana Flavia Visconde Ubiali Jacinto e Leonardo Ubiali Jacinto. Participou também deste capítulo a equipe da Cargill Foods, com Bruno Borges Soares e Rogério Rangel. Estas empresas estão intimamente ligadas ao setor produtivo, além de terem sido importantes precursoras na implementação da mecanização na cultura.

No último capítulo, contamos novamente com a participação dos profissionais Bruno Borges Soares e Rogério Rangel, para relatar o posicionamento da indústria processadora em relação à cadeia produtiva de tomate rasteiro.

Desejosos que esta publicação tenha grande utilidade para os atores da cadeia produtiva de tomate para processamento industrial, esperamos que o livro se torne uma fonte de inúmeras consultas.

Atenciosamente,

Os Editores

Os textos dos capítulos, bem como outras informações neles constantes, são de responsabilidade dos autores.
Os Editores

Capítulo 01

PERFIL SOCIOECONÔMICO DA CADEIA AGROINDUSTRIAL NO BRASIL

1.1 Introdução 17

1.2 Produção de tomate industrial no Brasil 18

1.3 Deslocamento geográfico da produção 19

1.4 Custos de produção 20

1.5 Aspectos do mercado de atomatado 20

1.6 Posicionamento das indústrias de processamento 21

1.7 O consumo de atomatados 23

1.8 Mercado internacional 25

1.9 Referências 27

Capítulo 01

PERFIL SOCIOECONÔMICO DA CADEIA AGROINDUSTRIAL NO BRASIL

Nirlene Junqueira Vilela
Paulo Cesar Tavares de Melo
Leonardo Silva Boiteux
Flavia Maria Vieira Teixeira Clemente

1.1 Introdução

O tomate industrial classifica-se atualmente como um dos mais importantes produtos do agronegócio, tanto no nível nacional como mundial. A produção mundial de tomate industrial no ano de 2010 alcançou mais de 37 milhões de toneladas. A maior parte da produção (94,0%) é representada por dez países; os de maior volume de produção são os Estados Unidos (32%), a China (16,6%) e a Itália (13,6%), conforme pode ser observado na Tabela 1.

Tabela 1
Produção de tomate industrial no mundo e nos principais países produtores (em milhões toneladas).

País/ano	2005	2006	2007	2008	2009	2010	AV	Δ 2005
EEUU	9.296	9.642	11.474	11.185	12.629	11.980	32,0	28,9
China	3.200	4.380	4.600	6.405	8.655	6.210	16,6	94,1
Itália	5.300	4.400	4.619	4.900	5.747	5.080	13,6	-4,2
Espanha	2.850	1.580	1.750	1.730	2.700	2.350	6,3	-17,5
Brasil	1.426	1.160	1.292	1.200	1.150	1.816	4,9	27,3
Irã	2.124	1.800	2.100	2.060	2.400	1.400	3,7	-34,1
Turquia	1.626	1.450	1.650	2.700	1.800	1.280	3,4	-21,3
Portugal	1.000	900	1.040	998	1.242	1.280	3,4	28,0
Chile	756	630	670	510	619	864	2,3	14,3
Tunísa	735	463	580	800	750	850	2,3	15,6
Subtotal	28.313	26.405	29.775	32.488	37.692	33.110	88,5	16,9
Outros	4.232	4.112	3.989	4.181	4.775	4.285	11,5	1,3
Mundo	32.545	30.517	33.764	36.669	42.467	37.395	100,0	14,9

Fonte: WPTC, 2011
Análise Vertical (AV): Participação percentual; Δ: incrementos parcentuais verificados na produção mundial entre os anos 2005 e 2010.

Ao se comparar os anos de 2005 e 2010, verifica-se um incremento na produção mundial da ordem de 15%. Levando-se em conta os principais países produtores, observa-se que, com exceção do Irã, Turquia, Espanha e Itália, houve expansão da produção em todos os outros, com destaque para a China, que praticamente dobrou sua produção (94,0%).

Entre os maiores produtores mundiais de tomate industrial em 2010, o Brasil ocupou a quinta posição, contribuindo com cerca de 5% do total, de acordo com o Conselho Mundial de Tomate para Processamento – WPTC.

1.2 Produção de tomate industrial no Brasil

No Brasil, a cadeia agroindustrial do tomate classifica-se como dinâmica, eficiente e competitiva. A elevada importância socioeconômica desta cadeia se consolida principalmente pela geração de emprego e renda em todos os setores componentes dos respectivos elos.

O cultivo do tomateiro exige alto nível tecnológico e intensa utilização de mão de obra, pois, embora mecanizada em todas as fases, a tomaticultura industrial ainda absorve expressivo contingente de trabalhadores. Estima-se que, do preparo do solo até a colheita, são empregadas diretamente por ano de 4 a 5 pessoas por hectare. Por conseguinte, são gerados anualmente pela cultura, em média 106.290 postos de trabalho.

De acordo com a estimativa das indústrias, a safra brasileira de tomate industrial em 2010 foi de aproximadamente 1,8 milhões de toneladas, com rendimento médio de 85,4 $t.ha^{-1}$. A elevada produção por unidade de área se deve, além das condições edafo-climáticas favoráveis, à introdução sucessiva e contínua de inovações tecnológicas na cultura. Entre elas, destacam-se a utilização de materiais genéticos de maior potencial produtivo, o transplantio semimecanizado, a colheita mecanizada, as técnicas mais eficientes de irrigação, novas fórmulas e estratégias de nutrição de plantas, a utilização de sistemas de previsão de doenças e estações de monitoramento das condições climáticas. Atualmente, as áreas de produção de tomate industrial de Goiás vêm praticando um pousio imposto por lei como parte de um conjunto de medidas sanitárias e boas práticas agrícolas. Esses fatores tem contribuído decisivamente para o elevados níveis de produtividade média nacional.

Contudo, a cadeia agroindustrial de tomate no Brasil é diretamente afetada pelo comportamento do mercado internacional. Dessa forma, a produção de matéria-prima (tomate) e de produto de primeiro processamento (massa) tem seguido um caminho de expansão, marcado por consideráveis oscilações. Quando o mercado internacional assinala boas perspectivas, os investimentos em inovações tecnológicas aumentam consideravelmente na cultura. Com esse reflexo, a tomaticultura brasileira tem respondido com aumentos de qualidade, de produção e de produtividade (Tabela 2).

Entre os anos de 2007 e 2009 foi observada uma redução de 4,14% na produção brasileira. A grande incidência de doenças que atacaram a cultura goiana, aliada aos efeitos da crise econômica mundial, agravada em 2008 e também da taxa câmbio, que foi favorável às importações, foram os principais fatores associados com esta queda. Entretanto, em relação aos últimos cinco anos, verifica-se um aumento de produção de 27,26%.

Tabela 2
Evolução da produção de tomate industrial no Brasil.

Ano	Produção (Mil t)	Área (mil ha)	Produção (t.ha^{-1})
2000	1. 087, 9	12, 6	86, 0
2001	1. 000, 5	12, 2	82, 0
2002	1. 100, 1	13, 0	84, 3
2003	1. 249, 5	16, 4	85, 6
2004	1. 239, 0	14, 5	85,6
2005	1. 239, 0	13, 4	90, 3
2006	1. 137, 8	13, 3	85, 3
2007	1. 473, 3	17, 5	81, 9
2008	1. 412,3	17, 9	86, 7
2009	1. 339, 2	18, 6	77, 3
2010	1. 816, 4	21, 3	85, 4
2011	1. 875, 0	21, 3	88, 2

Fonte: Estimativa das indústrias, 2011

1.3 Deslocamento geográfico da produção

Desde o início da década de 1990, a distribuição geográfica das áreas de cultivo do tomateiro para processamento industrial tem passado por profundas modificações. Em 1990, os Estados de Pernambuco, Bahia e Paraíba ocupavam em torno de 12.500 ha, enquanto São Paulo ocupava 8.300 ha e a região do "Cerrado" (Goiás e Minas Gerais) 6.400 ha. Atualmente, a produção de tomate para processamento industrial concentra-se nos Estados de Goiás (86%), São Paulo (12,7%) e Minas Gerais (1,3%). A participação do Nordeste no segmento de tomate para processamento se reduziu drasticamente após sucessivos problemas gerenciais combinados com desastres bióticos verificados a partir do final da década de 1980. Problemas causados inicialmente pela traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*), seguido de epidemias de *Tospovirus* e posteriormente a infestação pela mosca-branca (*Bemisia tabaci* biótipo B) e as geminiviroses, causaram um colapso na tomaticultura industrial do Nordeste. Nessa situação, muitas empresas fecharam suas fábricas e abandonaram a região e somente a partir de 2009, pequenas áreas de plantios para fins industriais foram retomadas.

A partir de 1997, o Cerrado brasileiro consolida sua liderança em termos de área plantada e produtividade. Durante o período de 1990/1996, foram plantados nessa região cerca de 5.800 ha por ano. A safra de 1997 foi quase o dobro da verificada no ano anterior (9.300 ha) e permaneceu em patamar superior aos 10.000 ha após 1999. O incremento de áreas de cultivo na região central do Brasil também modificou o perfil dos produtores de tomate industrial e as lavouras do Cerrado brasileiro são, em sua maioria, de grande porte e administradas por produtores com estrutura empresarial, providos de assistência técnica fornecida pelas agroindústrias.

Estes produtores têm utilizado híbridos produtivos e sistemas de produção altamente tecnificados, observando as épocas adequadas para o plantio. Plantios mais tardios (junho/julho) são de alto risco, pois expõem as lavouras às chuvas durante o período de colheita, prejudicando a qualidade do produto.

Na região Nordeste, no Alto, Médio e Submédio São Francisco, a época de plantio mais recomendada é também de março a meados de junho, quando ocorrem temperaturas mais amenas e menor precipitação; os plantios mais tardios ficam sujeitos a maiores danos pela traça-do-tomateiro.

Visando implementar um programa de manejo integrado de pragas para o plantio nos Estados de Pernambuco e da Bahia, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) limitou os períodos de plantio de tomate nessas regiões e ainda condicionou a concessão de crédito apenas para os produtores que obedecerem ao cronograma de plantio e que destruírem os restos culturais imediatamente após a última colheita.

No Brasil Central, a época de plantio ocorre de maneira geral de fevereiro até junho. Em fevereiro, o início do plantio é dificultado pela alta ocorrência de chuvas, impedindo uma eficiente utilização de máquinas de transplantio de mudas. As primeiras colheitas, referentes a estes plantios, ocorrerão em maio. Como o prazo para implantação das últimas lavouras é em junho, estas serão colhidas em outubro e novembro, quando já se iniciou novo período chuvoso. Tentativas de ampliar este período de plantio e cultivo enfrentam pesadas perdas de produção e qualidade em decorrência das elevadas precipitações pluviométricas e, não raro, incidência de doenças.

1.4 Custos de produção

As intervenções tecnológicas nos sistemas produtivos de tomate industrial têm gerado sucessivos incrementos de produtividade. Associadas à utilização de novos materiais genéticos, ao manejo mais eficiente e a novas combinações de insumos, têm promovido também a redução de custos (Tabela 3).

Nos plantios realizados em Goiânia (GO), no ano de 2010, os custos de produção de tomate industrial situaram-se na faixa de R$ 10.500 ha^{-1}. Considerando os componentes de custos por fases da cultura conforme recomendação da Embrapa (2000), observa-se que o maior peso dos custos operacionais ocorreu na fase do plantio e tratos culturais (45,5%), onde os pesticidas (fungicidas, inseticidas e herbicidas) representaram, em conjunto, 21,3% dos custos totais. Nas condições de preços recebidos pelos produtores e de custos operacionais de produção, a cultura proporcionou renda líquida aos produtores de R$ 2,4 mil por hectare. Neste caso, a rentabilidade ou eficiência econômica da cultura foi 22,6% por hectare.

1.5 Aspectos do mercado de atomatado

Atualmente o Brasil conta com 23 agroindústrias de atomatados, das quais mais da metade localizam-se em Goiás (Tabela 4).

Nos últimos anos, a disputa por este mercado de atomatados vem se tornando cada vez mais acirrada. Marcas conhecidas do consumidor como Elefante, Pomarola, Salsaretti, Etti, Arisco, Tarantella e Predilecta, disputam hoje o mercado com uma considerável quantidade de marcas regionais. E estima-se um número em torno de 350 marcas atualmente no varejo. É importante ressaltar que o aumento da concorrência tem induzido frequentes modificações do setor, promovendo a substituição sucessiva de uma empresa por outra, notadamente com plantas mais modernas em relação àquelas substituídas.

Tabela 3
Custos de produção e rentabilidade do tomate industrial, Goiânia-GO.

Componentes	Qtde (unid)	Valor (R$)	AV
1. Preparo do solo			
Insumos	2,9	1.844	17,6
Serviços (HM)	7,4	330	3,1
2. Plantio e tratos culturais			
Serviços (HM)	17,0	582	5,5
Sementes (mil)	33,0	495	4,7
Mudas (mil)	33,0	627	6
Adubação de cobertura (t)	0,3	168	1,6
Inseticidas (kg ou Lt)	15,9	847	8,1
Fungicidas (kg ou Lt)	46,7	1.389	13,2
Herbicidas (Lt)	8,1	194	1,8
Irrigação (Energia) (kw/h)	1200,0	480	4,6
3. Colheita			
Colhedeira (R$/t)	92,0	2.300	21,9
Serviços (HM)	9,0	225	2,1
4. Outros		1. 023	9,7
Total		10. 503	100
Produtividade média (t)		92	
Custo Unitário (R$)		114	
Preço pago ao produtor (R$/t)		140	
Receita Bruta (R$)		12. 880	
Renda líquida (R$)		2.377	
Taxa de Retorno (%)		23	

Fonte: FAEG/GETEC
Custos de produção referentes a fevereiro de 2010 * Fretes não incluídos

1.6 Posicionamento das indústrias de processamento

Atualmente, o Brasil conta com 23 agroindústrias de atomatados, das quais mais da metade localizam-se em Goiás (Tabela 4).

O movimento de fusões e aquisições, que havia sido intenso na década de 1990, teve continuidade no mesmo ritmo nos anos 2000 e no decorrer dessa década. Em 1999, a Cirio Brasil Alimentos já havia encerrado as operações da pioneira fábrica Peixe, localizada no Agreste de Pernambuco, no mesmo período em que esta celebrava 100 anos de existência naquela região. No início do ano 2000 a agroindústria ARISCO foi vendida para a Bestfoods, que logo em seguida, foi adquirida pela Unilever Brasil. Esta última centralizou a produção da linha de atomatados na planta industrial de Goiânia, antiga fábrica da ARISCO, fechando suas unidades fabris de Patos de Minas (MG), Juazeiro (BA) e Rio Verde (GO). Com isso, marcas tradicionais no mercado brasileiro como CICA e Peixe foram definitivamente descontinuadas.

Tabela 4
Brasil, agroindústrias de processamento de tomate, 2010.

Empresa	Marcas	Localização
ABC Indústria de Alimentos Ltda	Natu, Da Gente	Turvânia, GO
Ângelo Auricchio & Cia. Ltda	Olé	Morrinhos, GO
Brasfrigo Alimentos (Grupo BMG)	Jurema, Tomatino	Luziânia, GO
Bunge Brasil – Alimentos	Primor	Rio Verde, GO
Cargill Foods Brazil	Pomarola, Elefante, Pomodoro, Tarantella	Goiânia, GO
CISAL Indústria Sul Americana de Alimentos Ltda	Minha Quinta	Morrinhos, GO
Dez Indústria e Comércio de Conservas Alimentícias Ltda	Predilecta, Dez+	Morrinhos, GO
Fugini Alimentos Ltda	Fugini	Cristalina, GO
Goialli Alimentos S/A	Goialli	Goianésia, GO
Goiás Verde Alimentos	Goiás Verde, Bonare, Tomadoro	Luziânia, GO
HEINZ/Coniexpress	Quero, Heinz	Nerópolis, GO
LF de Castro	Bonamassa, Bonadelli	Vianópolis, GO
Best Pulp Brasil Ltda	Best Pulp	Janaúba, MG
Karambi Alimentos Ltda	Colonial	Itacarambi, MG
ASA Indústria e Comércio Ltda	Palmeiron, Naturella	Belo Jardim , PE
Tambaú Indústria Alimentícia Ltda	Tambaú	Custódia, PE
Indústria Comércio Produtos Alimentícios Cêpera Ltda	Mamma D'oro	Monte Alto, SP
Alimentos Wilson Ltda	D'ajuda, Calcutá	Regente Feijó, SP
Etti/Hypermarcas S/A	Etti, Salsaretti, PuroPurê	Araçatuba, SP
Guari Fruits Indústria de Polpas Ltda	Guari Fruits	Taquaritinga, SP
Indústria e Comércio de Conservas Alimentícias Predilecta Ltda	Predilecta	Matão, SP; Guaira, SP
SIOL	Saúde	Barueri, SP

Fonte: Adptada de Melo et. al, 2011

Em 2002, no Nordeste, a ASA Indústria e Comércio Ltda, adquiriu da Unilever Brasil a tradicional empresa Palmeiron, detentora das marcas Palmeiron e Naturella, ambas com grande penetração no mercado nordestino. A Hypermarcas S/A, em 2006, voltou ao setor de atomatados com a compra da marca tradicional de derivados de tomate e vegetais em conserva Etti, que estava em poder da Parmalat desde 1998. Em Goiás, a Dez Indústria e Comércio de Conservas Alimentícias Ltda firmou em 2008 uma parceria com a Indústria e Comércio de Conservas Alimentícias Predilecta Ltda, para ampliação da capacidade de processamento industrial de sua fábrica localizada em Morrinhos. Nessa mesma época, a AGRITER, com atividades de produção e com uma planta industrial de processamento de tomate no município de Luziânia (GO), anunciou sua fusão com a "Goiás Verde".

No Estado de São Paulo, a GuariFruits, com plantas industriais nos municípios de Guariroba e Taquaritinga, pediu concordata em 2009 e a SoFruta Indústria Alimentícia Ltda, com fábrica em José Bonifácio, teve a sua falência decretada no mesmo ano.

No início de 2010, no setor de atomatados, o movimento de aquisição de uma agroindústria por outra vem seguindo a mesma tendência que havia ocorrido nos anos 1990. Nesse sentido, a primeira negociação da década foi marcada pela venda da linha de derivados de tomate da Unilever, líder de mercado, para a Cargill Foods Brazil. Nesse negócio, foram incluídas as marcas Pomarola, Extrato Elefante, Extratomate e Pomodoro. Em março de 2011, a Heinz, tradicional empresa norte-americana fabricante de *catchup*, divulgou a aquisição de 80% do capital da Coniexpress S/A Indústrias Alimentícias, de Nerópolis (GO), detentora da marca Quero.

As mais recentes negociações no setor de derivados de tomate foram divulgadas a partir de maio de 2011. A Bunge Brasil, Divisão Alimentos, anunciou seu ingresso no mercado de atomatados para aumentar sua presença no varejo. Esta empresa, em acordo com a Siol, dona da marca Saúde, mantém a produção de molhos e extrato de tomate em sua fábrica de Rio Verde (GO). O mercado nordestino foi o primeiro contemplado com a linha de produtos da Bunge lançados com a marca Primor, que também denomina a reconhecida margarina que a empresa tradicionalmente comercializa. Os atomatados com a marca Primor, conforme anuncia a Empresa, farão parte de uma linha de produtos *premium*. Ainda no final de 2011, a Bunge Brasil anunciou a aquisição do negócio de alimentos da Hypermarcas, que engloba as marcas Etti, Salsaretti, Puropurê e Cajamar, e uma extensa linha de produtos nos segmentos de extrato de tomate, caldos, molhos e temperos, pratos prontos e instantâneos.

1.7 O consumo de atomatados

Fatos sociais como a mudança no estilo de vida e o incremento de renda da população brasileira, de uma forma geral, vêm contribuindo para o aumento do consumo de alimentos processados e industrializados; no caso dos atomatados, a produção estimada de pasta (30 ºBrix) é de aproximadamente 247 mil toneladas, gerando como principais produtos os concentrados e os molhos.

Resultados de pesquisa desenvolvida pelo IBGE (2011) sobre aquisição domiciliar *per capita* de alimentos de 2008/2009, mostram que no Brasil cada habitante consome anualmente 0,665 kg de massa de tomate e 0,634 kg de molho de tomate (Tabela 5).

Quando se compara a aquisição de alimentos nos anos de 2002 e 2008 (Tabela 5), a redução do consumo de tomate *in natura* (1,68%) e de massa de tomate (27,24%) foi compensada por um aumento mais que proporcional de molho de tomate (56,16%). Em relação às regiões, quanto maior o centro consumidor, menor o consumo de tomate *in natura* (16,77%) e de massa de tomate (36,07%) e maior o consumo de molho de tomate. Na região Norte, observa-se considerável aumento no consumo do tomate *in natura,* porém, o aumento do consumo de atomatados não foi muito expressivo. Por outro lado, significativos contrastes também ocorreram no consumo de atomatados *per capita* por grupo de renda. Nesse aspecto, houve redução do consumo de massa de tomate em todas as faixas de renda e essa redução foi mais drástica no consumo dos grupos de renda mais elevada. Com relação ao molho de tomate,

com exceção dos grupos de renda mais elevados (acima de 30 salários), o consumo aumentou significativamente em todas as classes de renda e de forma desproporcional, aumentou no grupo de consumidores de baixa renda (até 2 salários). Este fato pode ser explicado pelo aumento geral de renda verificado na economia brasileira no período de 2002/2008, que promoveu uma expressiva inclusão de novos consumidores que não participavam do mercado de molho de tomate (Tabela 6).

Tabela 5
Consumo de tomate in natura, massa e molho de tomate no Brasil em kg/habitante.

	Tomate Fresco			Massa			Molho		
	2002	2008	Δ	2002	2008	(%)	2002	2008	Δ
Brasil	5,0	4,9	-1,7	0,9	0,7	-27,2	0,4	0,6	56,2
Sudeste	5,5	4,6	-16,8	1,2	0,8	-36,1	0,7	1,1	51,2
Sul	4,8	6,0	26,4	1,3	1,0	-26,0	0,3	0,6	78,3
Centro-Oeste	4,6	6,1	32,8	0,9	0,9	-3,6	0,1	0,4	180,4
Nordeste	4,9	4,9	-0,9	0,4	0,4	-10,2	0,2	0,2	46,5
Norte	3,3	3,7	13,2	0,2	0,3	43,4	0,1	0,2	77,8

Fonte: IBGE, 2011 (Pesquisa de orçamento Familiar, 2008)
Nota: Δ: variações percentuais entre o consumo dos anos 2002 e 2008

A inclusão de consumidores da chamada “nova classe média”, há décadas sem poder de compra, mostra de forma transparente que o cenário não poderia ser diferente. Em vista da expansão do negócio de refeições fora do domicílio, especialmente nos grandes centros, as indústrias processadoras de tomate, de modo geral, passaram a investir no segmento de *food service*, tais como rede de restaurantes e de hotéis, cozinhas industriais, hospitais e cadeias de *fast-food*.

No entanto, a demanda do mercado brasileiro por derivados de tomate tem ainda como principais centros consumidores os Estados das regiões Sudeste e Sul. De uma forma geral, os produtos atomatados (concentrados e molhos) processados no Brasil, são em maior parte destinados ao mercado interno. Mesmo pressionado por margens bastante reduzidas, o mercado brasileiro de derivados de tomate apresentou um crescimento ao redor de 17% entre os anos de 2007 e 2010. As vendas de molhos prontos subiram de 156,1 milhões de kg em 2008 para 177,6 milhões de kg em 2009, somando R$ 769,7 milhões. Já as vendas de purês e extratos de tomate, caíram 6,2% em 2009, totalizando R$ 626,8 milhões (para extratos) e R$ 114,6 milhões (para purês). As projeções indicam que nos próximos anos esse incremento poderá ser ainda maior, uma vez que o consumo interno deverá continuar com tendência de alta, apesar de uma parcela ainda reduzida de atomatados estar sendo escoada para o mercado internacional.

Tabela 6
Aquisição alimentar domiciliar percapita anual (Kg) por classes de recebimento mensal familiar (Salários Mínimos).

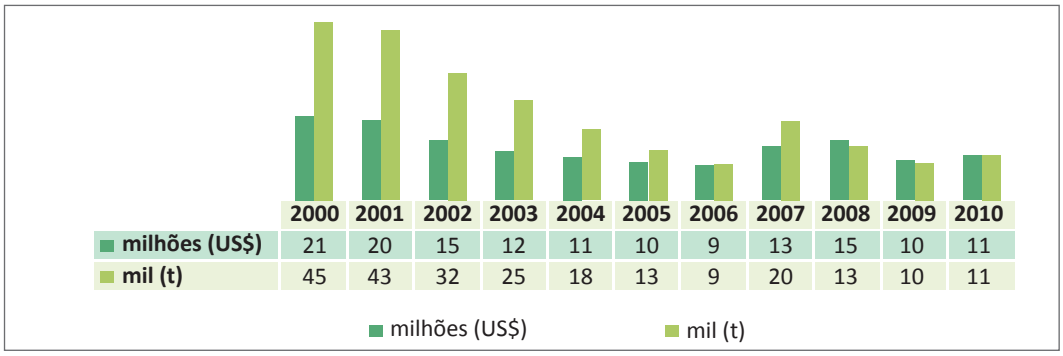
Classes de rendimentos	Massa de tomate			Molho de tomate		
	2002	2008	Δ %	2002	2008	Δ %
Total	1,124	0,769	-31,58	0,66	0,99	50,53
Até 2	0,764	0,482	-36,91	0,05	0,41	692,31
Mais de 2 a 3	0,987	0,687	-30,40	0,40	0,80	101,77
Mais de 3 a 5	0,745	0,730	-2,010	0,29	0,90	215,79
Mais de 5 a 6	1,038	0,691	-33,43	0,50	0,85	71,98
Mais de 6 a 8	1,424	0,867	-39,12	0,65	1,06	63,54
Mais de 8 a 10	1,241	1,726	39,08	0,43	1,47	238,25
Mais de 10 a 15	0,877	0,743	-15,28	0,58	1,28	121,97
Mais de 15 a 20	1,761	0,971	-44,86	1,07	1,38	28,50
Mais de 20 a 30	1,444	1,028	-28,81	0,96	2,31	141,84
Mais de 30	1,525	0,828	-45,70	2,09	1,99	-4,55

Fonte: IBGE, 2011 (Pesquisa de orçamentos familiares, 2008)

1.8 Mercado internacional

Historicamente, os derivados de tomate produzidos no país têm sido destinados ao abastecimento do mercado interno, sendo exportado apenas um volume pouco representativo da produção de polpa e produtos acabados. Isso não implica, todavia, em desinteresse das empresas do setor em ampliar suas exportações, principalmente para os países do Mercado Comum do Cone Sul (Mercosul), que atualmente representam os principais parceiros comerciais do Brasil.

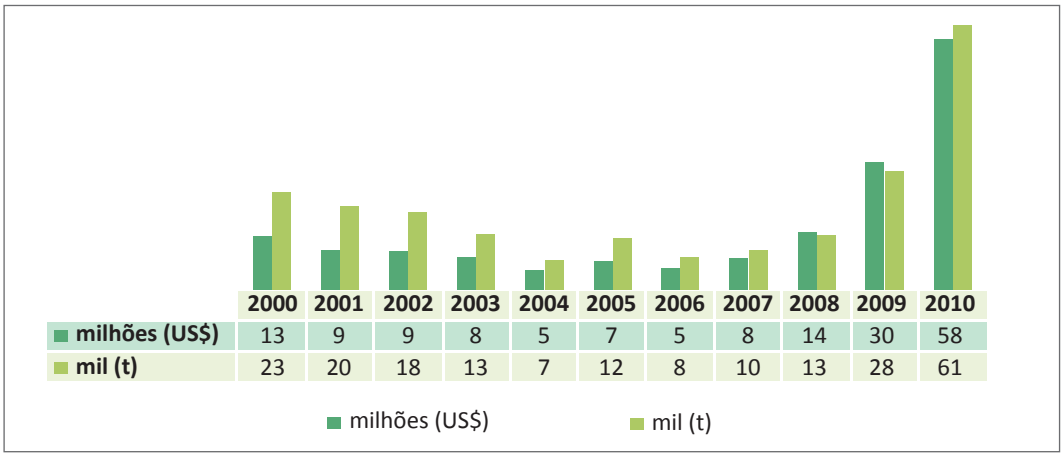
A pauta das exportações de hortaliças, em 2010, contou com significativa participação dos derivados de tomate, tanto em volume (3,4%) como em valor (3%). As exportações brasileiras de tomates e derivados foram contabilizadas em aproximadamente 11 mil toneladas, equivalentes a cerca de US$ 11 milhões (Figura 1).



Fonte: MDIC-SECEX, 2011

Figura 1 - Exportações brasileiras de tomate, 2000-2010.

As importações brasileiras de tomates e derivados giraram em torno de 61 mil toneladas, num valor aproximado de US$ 58 milhões (Figura 2).



Fonte: MDIC/ SECEX, 2012

Figura 2 - Importações brasileiras de tomate, 2000-2010.

Observa-se que as importações brasileiras nos últimos anos cresceram progressivamente. Em geral, procurando auferir vantagens do comércio internacional, os países recorrem às importações quando produzir internamente representa vantagem econômica menor do que a oferecida pela comercialização com o mercado internacional. No caso do tomate industrial brasileiro ocorreu aumento das importações de forma paralela ao aumento da produção interna e diante deste fato, pode-se inferir que as empresas estão recorrendo ao aumento de importações para complementarem as necessidades de abastecimento do mercado interno. Por outro lado, o aumento das importações para formação de estoques representa um comportamento de precaução por parte das empresas diante de incertezas, sobretudo acerca da conjuntura do mercado internacional, quebras de safras e flutuação de preços no mercado interno e externo. Em 2010, a maior parte das importações brasileiras foi oriunda do Chile, da China e dos Estados Unidos. No entanto, é importante considerar que, a despeito dessa conjuntura favorável às importações, as empresas do setor continuam a investir firmemente na produção nacional.

Em um ambiente de mercado globalizado, que tem a competitividade como base para qualquer empreendimento econômico, os principais desafios consistem em ações que contribuam para a superação dos gargalos que ameaçam a sustentabilidade e a expansão do setor. Nesse sentido, é fundamental continuar avançando nos processos de inovação tecnológica para aumento de qualidade do produto (agregação de valor). Também com base nos princípios de boas práticas agrícolas, é necessário o aprimoramento contínuo dos processos produtivos, e particularmente do manejo cultural. Essa estratégia setorial tem permitido incrementos de produtividade, redução de custos e consequente aumento da rentabilidade por tonelada de matéria-prima entregue às indústrias processadoras, sem perder de vista a total segurança alimentar, um dos principais pilares da agricultura deste século.

1.9 Referências

BLAKE, D.; BRANTHÔME, F. X. A fresh look at production, consumption, and trade of tomato products. **Tomato News**, Paris, v. 6, p. 5-41, 2010.

COLVINE, S. Brazilian tomato processing industry. **Tomato News**, Paris, v. 4, p. 11-15, 2010.

SECEX, MDIC. **Exportações brasileiras de tomate em 2010**. Disponível em: <http://aliceweb2.mdic.gov.br/>. Acesso em: 13 mar. 2011.

IBGE. **Sistema IBGE de recuperação automática SIDRA**: pesquisa de orçamentos familiares. Tabela 2398 - Aquisição alimentar domiciliar per capita anual por situação do domicílio, forma de aquisição, grupos, subgrupos e produtos. Disponível em: <http: //www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 13 jun. 2011.

FAEG. **Custos de produção de tomate industrial**. Disponível em: <http://www.sistemafaeg.com.br/faeg/site/CustoProducao.do?acao=custoProducao>. Acesso em: 12 jun. 2011

MELO, P. C. T.; VILELA, N. J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n.1, p. 154-157, 2005.

MELO, P. C. T.; FONTE, L. C. Brazil processing tomato season 2010: Results and future perspectives. **Tomato News**, Paris, França, v.3, p. 15-19, 2011.

MELO, P. C. T.; VILELA, N. J. Desempenho da cadeia agroindustrial brasileira do tomate na década de 90. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 1, p. 154-160, 2004.

MELO, P. C. T.; BOITEUX, L. S; VILELA, N. J.; FERRAZ, E. Tomate para processamento industrial. In: ALBUQUERQUE, A. C.; SILVA, A. G. da Silva. (Org.). **Agricultura tropical:** quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. v. 1, p. 547-556.

UNITINS. **Tomate industrial**: cultivo. Disponível em: <http://www.unitins.br/ates/arquivos/Agricultura/Olericultura/Tomate/Tomate%20Industrial%20-%20Cultivo.doc>. Acesso em: 20 jun. 2011.

Capítulo 02

MELHORAMENTO GENÉTICO

2.1 Introdução 31

2.2 Taxonomia clássica do gênero Solanum (secção Lycopersicon) 31

2.3 Sistemática molecular e a nova classificação do gênero Lycopersicon 32

1) Espécies pertencentes ao antigo “complexo esculentum” 32

2) Espécies pertencentes ao antigo “complexo peruvianum” 32

2.4 Uso de germoplasma de Solanum (secção Lycopersicon) no melhoramento genético 32

2.5 Fenótipos e genes de importância para o melhoramento do tomateiro para processamento industrial 34

2.6 Controle genético de características quantitativas de interesse para o melhoramento do tomateiro para processamento 38

2.7 Heterose e utilização de híbridos de tomateiro 38

2.8 Seleção assistida por marcadores moleculares no tomateiro 39

2.9 Técnicas moleculares na diagnose de patógenos e seleção de plantas de tomateiro resistentes a doenças 39

2.10 Melhoramento da qualidade da matéria prima para processamento industrial 40

2.11 Genética e genômica do controle do brix em frutos de tomate 40

2.12 Licopeno e outros carotenóides nos frutos do tomate 41

2.13 Melhoramento genético do tomateiro para processamento industrial no Brasil 41

2.13.1 Melhoramento genético conduzido por empresas públicas no Brasil 41

2.13.2 Atividades de melhoramento genético conduzidas no setor privado no Brasil 43

2.14 O melhoramento genético e a adoção de híbridos de tomateiro para processamento industrial no Brasil 43

2.15 Melhoramento visando controle da mosca-branca e das geminiviroses 44

2.16 Antecipação de demandas para o melhoramento do tomateiro para processamento no Brasi 44

Capítulo 02
MELHORAMENTO GENÉTICO

Leonardo Silva Boiteux
Maria Esther de Noronha Fonseca
Leonardo de Britto Giordano
Paulo Cesar Tavares de Melo

2.1 Introdução

O tomateiro (*Solanum lycopersicum* L. = *Lycopersicon esculentum* Mill.) é uma das principais hortaliças do ponto de vista global, sendo cultivado comercialmente em todos os continentes. Esta espécie é originária da parte ocidental da América do Sul, abrangendo regiões pertencentes ao Peru, Chile e Equador, incluindo as Ilhas Galápagos. Os tomates selvagens (silvestres) ocupam uma ampla gama de condições ambientais, com dispersão geográfica variando desde o nível do mar até uma altitude de 3.300 metros. Estes habitats incluem desde a costa árida do Pacífico, até as regiões montanhosas e encostas úmidas dos Andes e das Ilhas Galápagos.

2.2 Taxonomia clássica do gênero *Solanum* (secção *Lycopersicon*)

O tomateiro e espécies silvestres afins são plantas dicotiledôneas, da ordem Tubiflorae, do gênero *Solanum* (secção *Lycopersicon*) pertencente à família Solanaceae. Essa é uma família botânica extremamente diversificada que engloba, atualmente, cerca de 90 gêneros e 1750 espécies. O tomateiro foi inicialmente classificado por Carl Von Linnaeus (1753) dentro do gênero *Solanum*. No entanto, já em 1754, o botânico Millller sugeriu a mudança da classificação para o gênero *Lycopersicon*. Posteriormente, análises morfológicas do gênero *Lycopersicon* resultaram em dois tratamentos taxonômicos. O trabalho de Miller (1940) considerou *Lycopersicon* como um gênero distinto e subdividido em dois subgêneros: *Eulycopersicon*, de frutos maduros vermelhos (composto por duas espécies) e *Eriopersicon*, de frutos maduros não vermelhos (composto por quatro espécies). O tratamento taxonômico de Luckwill (1943) adotou as mesmas categorias a nível subgenérico, mas reconheceu um total de sete espécies dentro do subgênero *Eriopersicon*. Dessa forma, o tomateiro cultivado permaneceu, durante muito tempo, sendo classificado dentro do gênero *Lycopersicon*, subgênero *Eulycopersicum* e espécie *Lycopersicon esculentum* L. (Mill.) Wettst.

2.3 Sistemática molecular e a nova classificação do gênero *Lycopersicon*

A sistemática molecular da família Solanaceae foi inicialmente baseada em padrões de isoenzimas e na análise de sequência de genes mitocondriais e do cloroplasto. Posteriormente esses trabalhos foram complementados por análises feitas com marcadores moleculares do tipo RFLP ("*restriction fragment length polymorphism*") e microssatélites. No entanto, somente após exaustivas análises, combinando características morfológicas e moleculares, foi possível definir, de maneira consistente, o posicionamento taxonômico do tomateiro. Essa análise envolveu a comparação de dados de seqüência do gene *GBSSI* – "*Granule Bound Starch Synthase I*". A partir dos dados obtidos, foi proposto o retorno à classificação original de Linnaeus (1753), realocando o gênero *Lycopersicon* para dentro do gênero *Solanum*. Esses trabalhos também confirmaram a relação filogenética estreita entre espécies com frutos maduros de coloração não-vermelha, estando, em grande parte, de acordo com as classificações anteriores baseadas exclusivamente em dados morfológicos. As espécies componentes do antigo gênero *Lycopersicon* foram então desmembradas e/ou reclassificadas. Abaixo segue uma lista atualizada de espécies e suas sinonímias.

1) Espécies pertencentes ao antigo "complexo *esculentum*"

S. lycopersicum L. Miller = *L. esculentum* L. Mill.;
S. cheesmaniae L. Riley = *L. cheesmaniae* L. Riley;
S. galapagense S. (Darwin) Peralta = *L. cheesmaniae* L. Riley var. *minor*;
S. pimpinellifolium L. Miller = *L. pimpinellifolium* L. Miller;
S. chmielewskii Rick = *L. chmielewskii* Rick;
S. neorickii Rick = *L. parviflorum* Rick;
S. habrochaites S. Knapp = *L. hirsutum* Dunal;
S. pennellii Correl = *L. pennellii* (Corr.) D'Arcy;

2) Espécies pertencentes ao antigo "complexo *peruvianum*"

S. chilense Dunal = *L. chilense* Dunal
S. peruvianum L. Miller, que corresponde aos acessos típicos de *L. peruvianum*.
S. arcanum Peralta (nova espécie desmembrada de *S. peruvianum*);
S. huaylasense Peralta (nova espécie desmembrada de *S. peruvianum*);
S. corneliomuelleri Macbr = *L. peruvianum* var. *glandulosum* Mill.

2.4 Uso de germoplasma de *Solanum* (secção *Lycopersicon*) no melhoramento genético

Diferentes espécies do gênero *Solanum* (secção *Lycopersicon*) vêm sendo utilizadas em programas de melhoramento de tomateiro, visando a introgressão de genes que conferem resistência a pragas e doenças, a melhoria da qualidade dos frutos e a tolerância a estresses abióticos. Todas as espécies são diplóides (2n=2x=24), com número e estrutura cromossômica similares, permitindo o uso de acessos dessas espécies como fontes de novos genes no

melhoramento do tomateiro cultivado. Na Tabela 1 encontram-se relacionadas algumas espécies silvestres afins e suas atuais e/ou potenciais contribuições para os programas de melhoramento do tomateiro.

Tabela 1
Principais características de interesse e potencialidades genéticas de espécies do gênero *Solanum* (secção *Lycopersicon*) para programas de melhoramento genético do tomateiro.

Espécie (Mecanismo de reprodução*)	Principais resistências/tolerâncias e características
S. peruvianum (AI)	*Alternaria solani, Passalora fulva (=Cladosporium fulvum), Pyrenochaeta lycopersici, Septoria lycopersici, Ralstonia solanacearum, tobamovirus, tospovirus, begomovirus, Meloidogyne* spp. e vitamina C.
S. pimpinellifolium (AC/AF)	*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici raças* 1 & 2*; Stemphylium solani; S. lycopersici; Phytopthora infestans, Pseudomonas syringae* pv. *tomato, R. solanacearum, Corynebacterium michiganense, P. fulva,* geminivírus, precocidade, altos teores de licopeno e ácido ascórbico.
S. cheesmaniae (AC/A)	Fonte do gene *j-2*, tolerância à salinidade.
S. neorickii (AC/A)	Precocidade, altos teores de açúcares.
S. chmielewskii (AC/AF)	Altos teores de açúcares e ácido ascórbico.
S. pennellii (AI)	Tolerância à seca, resistência a *Xanthomonas* spp.; *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raça 3; resistência a ácaros; mosca-branca (*Bemisia tabaci*) e a traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*).
S. habrochaites (AC/AF/AI)	Resistência a insetos, *P. syringae* pv. *tomato*, *Meloidogyne* spp., *S. lycopersici, P. lycopersici, P. infestans, Oidium lycopersicum, Leveilulla taurica,* Tobamovírus, tolerância ao frio.
S. chilense (AI)	Tobamovírus, begomovírus e cucunovírus.

* AI = auto-incompatível; AF= alógama facultativa; AC= auto-compatível; A= autógama

Como mencionado, as espécies do gênero *Solanum* (secção *Lycopersicon*) podem ser agrupadas em dois "complexos" que também definem o grau de facilidade de cruzamento natural com a espécie cultivada, *S. lycopersicum*. As espécies pertencentes ao "complexo *esculentum*" cruzam mais facilmente com *S. lycopersicum*, enquanto espécies do "complexo *peruvianum*" apresentam uma série de barreiras de cruzamento com acessos de *S. lycopersicum*. Dentro do "complexo *esculentum*", acessos das espécies *S. lycopersicum* e *S. pimpinellifolium* cruzam-se com facilidade, independentemente da espécie utilizada como genitor feminino. Entretanto, a incompatibilidade unilateral poderá ser observada nos cruzamentos envolvendo *S. lycopersicum* com acessos das espécies *S. cheesmaniae*; *S. galapagense*; *S. chmielewskii*; *S. neorickii*; *S. habrochaites* e *S. pennellii*, especialmente quando as espécies silvestres são utilizadas como genitores femininos. Por sua vez, as espécies componentes do "complexo *peruvianum*" apresentam grandes barreiras nos cruzamentos com as espécies do "complexo *esculentum*".

Nos cruzamentos interespecíficos ocorre incompatibilidade de endosperma, que não se desenvolve, resultando no abortamento do embrião quando acessos de *S. lycopersicum* são utilizados como genitores femininos. Estas barreiras podem ser superadas por meio de "resgate de embrião" e outras técnicas de cultura de tecidos *in vitro*. A utilização de acessos

de *S. lycopersicum* como genitores masculinos de acessos do "complexo *peruvianum*" resultam, quase invariavelmente, em incompatibilidade. Consequentemente, em cruzamentos interespecíficos de *S. lycopersicum* com espécies silvestres, é recomendável que se utilize a espécie cultivada como genitor feminino.

2.5 Fenótipos e genes de importância para o melhoramento do tomateiro para processamento industrial

Numerosas características de herança simples (= monogênicas) têm sido incorporadas às modernas cultivares de tomateiro, tanto para consumo *in natura* como para processamento industrial.

No caso específico do melhoramento genético do tomateiro para processamento, algumas características são mais relevantes no processo de seleção. Entre elas destacamos: **(1)** ciclo de cultivo (precoces, semi-precoces e tardias); **(2)** teores mais elevados de sólidos solúveis (brix); **(3)** viscosidade aparente (ou consistência), que é importante para produtos do tipo "catchup"; **(4)** firmeza e boa conservação ("capacidade de espera") dos frutos maduros ainda em condições de campo. Essas características permitem uma adequada conservação da estrutura dos frutos até o transporte para a fábrica e flexibilizam a gestão dos processos fabris, especialmente em momentos de pico de produção/safra; **(5)** concentração de maturação (reduzindo o número de colheitas ou, se possível, restringindo a uma única colheita mecânica ou manual); **(6)** A ausência da retenção ou aderência do pedúnculo dos frutos (característica "jointless"), que aumenta a eficiência da colheita manual e mecânica; **(7)** formato e tamanho dos frutos que, dependendo da indústria ou da propriedade rural, pode permitir e/ou evitar desvio do produto para o mercado de consumo *in natura*; **(8)** coloração vermelha intensa, ou seja, teores mais elevados do pigmento carotenóide licopeno; **(9)** acidez total (ácido cítrico > 350 mg.100 g^{-1} peso fresco) e **(10)** acidez titulável (pH < 4,3). Os níveis de acidez devem ser mantidos nesses valores para não impactar a qualidade da polpa processada e evitar o crescimento de microorganismos indesejáveis tais como *Clostridium pasteurianum* e *C. butyricum*.

Além dessas características existe, pelo menos, uma dezena de genes dominantes que controlam resistência a diferentes doenças e pragas que potencialmente limitam a produção do tomateiro para processamento industrial.

A Tabela 2 apresenta a relação de alguns desses genes que têm sido empregados em programas de melhoramento, e uma breve descrição de seus fenótipos e/ou tipo de ações gênicas.

Tabela 2
Alguns genes de interesse e fenótipos que foram caracterizados em espécies do gênero *Solanum* (seção *Lycopersicon*).

ASPECTOS DE MORFOLOGIA DA PLANTA E FRUTO	
c	Folha batateira, mutante com menor complexidade no padrão da margem foliar.
d	Planta de crescimento compacto (*dwarf*). Codifica uma proteína "citocromo P450", uma enzima da via biossintética dos brassinosteroides. A redução desses hormônios na cultivar 'Micro-Tom' resulta em folhas de verde intenso e rugosas associada com entrenós curtos.
mnt	Gene "*miniature*". Mutação ainda não caracterizada, mas provavelmente associada com defeitos no metabolismo do hormonio giberelina (GA).
j-1 *j-2*	Gene "*jointless*". O alelo *j-2* foi isolado e representa um fator de transcrição que condiciona ausência da camada de abscisão no pedúnculo do fruto (fazendo com que este não se destaque por ocasião da colheita). É uma característica importante para colheita manual e mecanizada.
sp	Gene "*self pruning*" (autopoda); condiciona hábito de crescimento determinado, permitindo colheitas mais concentradas. É o gene que caracteriza o típico tomateiro "rasteiro".
fas	O gene *fasciated (fas)* está localizado no cromossomo 11 e codifica um fator de transcrição que resulta em frutos maiores e "gomados" devido a alterações no número de carpelos na flor.
lc	"Locule-number" localizada no cromossomo 2. A característica de fruto bilocular é parcialmente dominante.
bk	Gene "beaked"; fruto com um "bico" na cicatriz estilar.
ovate-1	Esse gene codifica frutos alongados e periformes. O gene *ovate-1* (cromossomo 2) corresponde a uma proteína nuclear regulatória. A presença de constrição de pescoço do fruto depende do "background" genético, sugerindo a interação com outros genes.

CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS DO FRUTO	
QTL brix	Um QTL parcialmente dominante, derivado da espécie selvagem *S. pennellii*, corresponde a um gene que codifica uma enzima do tipo invertase fruto-específica. Esse QTL (denominado BRIX9-2-5) está localizado no cromossomo 9 e controla um incremento de cerca de 28% de glicose e 18% de frutose, sem interferir nos teores de ácidos.
rin & *nor*	Genes que também controlam maior vida pós-colheita e inibição da maturação. No estado heterozigoto, os frutos podem atingir boa coloração vermelha (comercialmente aceitável). Para o tomateiro industrial podem permitir maior conservação do fruto no campo após maturação, dando maior flexibilidade para a fábrica, especialmente em períodos de pico de colheita. O gene *rin* foi clonado e está localizado no cromossomo 5.
alc	Outro gene mutante que controla uma maior conservação dos frutos em pós colheita; fonte: cv. 'Alcobaça', condiciona maior vida pós-colheita e inibição da maturação (característica 'longa-vida').
B	Alto teor de β-caroteno, propiciando uma coloração alaranjada dos frutos. Este gene foi recentemente clonado e codifica uma enzima do tipo epsilon-ciclase do licopeno. O gene *B* é uma variante alélica do gene *ogc*.
del	Fruto com coloração amarela devido ao acúmulo de delta-caroteno.
og^c	Gene "*old gold crimson*"; aumenta o teor de licopeno em detrimento do β-caroteno e intensifica a coloração vermelha dos frutos, mas prejudica suas qualidades nutricionais. Este gene é uma variante alélica do gene *B*.
t	Frutos amarelos (cor de tangerina) devido ao acúmulo de zeta-caroteno e pró-licopeno. Este gene codifica uma enzima do tipo isomerase, necessária para a produção de beta-caroteno e xantofilas em tomate.
u	Amadurecimento uniforme, isto é, ausência de ombro verde nos frutos.
hp-1 *hp-2* *hp-3*	Mutantes para alta pigmentação de frutos (*high pigment*). Aumentam o número de plastídeos, resultando em maiores teores de carotenóides nos frutos maduros, intensificando a coloração vermelha. O gene *hp*-1 codifica uma "UV-Damaged DNA-Binding Protein 1", que regula a expressão gênica em resposta à luz. O gene *hp*-2 é ortólogo do gene *Det*-1 em Arabidopsis e está associado com o controle do desenvolvimento de plastídios. A mutação *hp*-3 é associada com um gene codificador da enzima zeaxanthin epoxidase (*Zep*), que converte zeaxantina a violaxantina. A conseqüência é uma redução/eliminação dessas xantofilas nas folhas e flores e mostra deficiência no ácido abssicico.
y (yellow)	Codifica o fenótipo "*colorless epidermis*". Frutos cor de rosa quando maduros, condicionada pela película incolor. O alelo dominante condiciona película pigmentada, proporcionando cor vermelha. Codifica um fator de transcrição e está localizado no cromossomo 1.
vis-1	É um gene que codifica proteínas do tipo "heat shock", estando correlacionado com viscosidade de tomate.
Ant-1	Gene "*Anthocyanin-1*". Controla acumulação do flavonóide antocianina nos fruto (BOCHES, 2009).

MECANISMOS DE REPRODUÇÃO	
pat 2	Mutante que de maneira similar a outros genes/alelos (*pat, pat 3* e *pat 4*) condiciona partenocarpia devido à desregulação de auxinas e giberilinas no tecido do ovário.
ms	Até o presente foram descritos 49 genes nucleares independentes.Consiste em uma série de variantes recessivas (exceto a dominante *Ms*-48) que conferem macho esterilidade genética (aborto de pólen). Não tem sido usada em escala comercial. Salvo algumas exceções ex: gene *ms-10*^{35}.
aa	*Anthocyanin absent* (antocianina ausente ou hipocótilo verde). Esse gene apresenta estreita ligação com o gene *ms-10*^{35} (macho-esterilidade do tipo pólen-abortiva).Tem sido empregado como marcador morfológico em sistemas de produção de sementes híbridas, permitindo a pronta separação de linhas homozigotas para o gene nuclear *ms-10*^{35}.
ps-1	Esterilidade posicional = exposição do estigma fora do cone de anteras.
ps-2	Esterilidade funcional = Anteras sem deiscência de grãos de pólen. Tem sido considerada a fonte com maior potencial para uso comercial permitindo simultaneamente os processos de emaculação e polinização de flores já em antese (quando o estigma é mais receptivo).
sl	"*Stamenless*" = estames ausentes.
shst	"*Short style*". Esse gene tem sido usado em conjunto com o gene *ps-2*, visando reduzir a freqüência de auto-fecundações em sistemas de produção de sementes híbridas.

RESISTÊNCIA A FUNGOS & PSEUDOFUNGOS	
Asc-1	*Resistência a Alternaria alternata f.sp. lycopersici* (cromossomo 3). Este gene já foi clonado e isolado.
Cf	Alelos e genes (*Cf*$_1$ até *Cf*$_9$) que controlam resistência a algumas raças de *Passalora fulva* (= *Cladosporium fulvum*). Os genes/alelos *Cf-2*; *Cf-4* e *Cf-9* já foram isolados e estão localizados no cromossomo 6.
Flr	Resistência a isolados de *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* localizado no cromossomo 9.
I	Gene de resistência a isolados da raça 1 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Foi introgredido de *S. pimpinellifollium*.
I2	Gene resistência a isolados da raça 2 de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Foi introgredido de *S. pimpinellifollium* 'PI-126915'. O segmento genômico portando o gene I-2 já foi clonado e isolado. Localização: cromossomo 11.
I3	Gene de resistencia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raça 3 introgredido a partir do acesso de *S. pennellii* 'LA-716'. Localização: cromossomo 7.
I7	Gene de resistencia a *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raça 3 introgredido de *S. pennellii* 'PI-414773'.
Lv	Resistência a uma das espécies de fungo causadores do oídio (*Leveillula taurica*). Este gene foi introgredido de *S. habrochaites*. Localização: cromossomo 12.
Ph-1	Locus de resistência a algumas raças de *Phytophtora infestans* encontrado em um acesso de *S. pimpinellifolium*. Essa resistência não se mostra efetiva em condições amplamente favoráveis ao patógeno. Localização: cromossomo 7.
Ph-2	Gene com dominância parcial (também oriundo de *S. pimpinellifolium*) contra alguns isolados de *P. infestans*. Localizado no cromossomo 10 em estreita associação com os marcadores moleculares TP105 e TG233.
Ph-3	Resistência mais ampla contra diferentes isolados de *P. infestans*. Também introgredido de *S. pimpinellifollium*. Localizado no cromossomo 9 em estreita associação com o marcador molecular TG591A.
Lb	QTLs controlando amplo espectro de tolerância em *S. habrochaites* contra diferentes isolados de *P. infestans*.
py-1	Resistência recessiva ao fungo *Pyrenochaeta lycopersici* introgredido de *S. peruvianum*. Localizado no cromossomo 3, ligado ao locus *pot*-1.
Se	Resistência a *Septoria lycopersici* introgredido de *S. habrochaites* (PI-126445). Não funciona contra isolados brasileiros de *S. lycopersici*.
Sm	Resistência a espécies de *Stemphylium (S. solani e S. lycopersici),* incluindo isolados reportados no Brasil. Localização: cromossomo 11.
Ve	Resistência à murcha de *Verticillium dahlie* raça 1. Este gene já se encontra clonado. Localização: cromossomo 9.

RESISTÊNCIA A BACTÉRIAS	
Pto/Prf	Resistência a *P. syringae* pv. *tomato*. *Pto* codifica uma quinase e foi o primeiro gene de resistência a ser isolado em tomateiro. *Prf* é outro gene geneticamente ligado ao *Pto* que é necessário para conferir completa resistência a bactéria.
Fen	Outro gene ligado ao *Pto* que confere sensibilidade ao inseticida Fenthion. Ensaios com este inseticida têm sido empregados com sucesso como um método de seleção indireta para resistência a *P. syringae* pv. *tomato*.
Rx-1 *Rx-2* *Rx-3*	Três QTLs que controlam tolerância/hipersensibilidade (HS) a isolados de *X. euvesicatoria* raça T1 no acesso 'Hawaii-7998'. Os QTLs Rx-1 e Rx-2 estão localizados no cromossomo 1 e o QTL Rx-3 está localizado no cromossomo 5. QTL Rx-3 está em repulsão com o "cluster" *Pto/Prf* no cromossomo 5.
Rx-4	Locus do acesso *S. pimpinellifolium* 'PI 128216' que confere resistência a isolados de *Xanthomonas perforans* raça T3. Apresenta ação aditiva localizada no cromossomo 11. A expressão da resistência, sendo dependente de dosagem- do locus e do 'background' genético.
Outros bacterial spot QTLs	*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* 'PI-114490' é um acesso com resistência a quatro raças. QTLs de tolerância para *X. perforans* raça T4 foram identificados no cromossomo 3 em 'PI-114490' e nos cromossomos 9 e 11 no acesso 'PI-128216'. Um QTL de susceptibilidade foi identificado no cromossomo 12 na cultivar 'OH-9242'. HS para *X. perforans* raça T3 foi controlada por fatores (loci) comuns nos acessos 'PI 126932' e 'PI 128216'. A herança de HS no acesso 'PI 126932' foi herdada de maneira monogênica dominante.
Xv4 = Bs-4	Gene introgredido de *S. pennellii* 'LA-716' que confere resistência a isolados de *X. perforans* raça T4. Localização: cromossomo 5.

RESISTÊNCIA A VÍRUS	
Am	Gene controlando resistência a isolados do *Alfafa mosaic virus.* Esse gene está localizado em um "cluster" de genes dominantes no cromossomo 6.
rt	Gene recessivo que controla resistência a "risca-do-tomateiro" causado por isolados de potyvírus. Foi introgredido de *S. pimpinelifolium* 'PI-126410' e incorporado na cultivar Ângela.
pot-1	Resistência a isolado de *Potato virus Y* (potyvirus) derivada de *S. habrochaites*. Codifica um "translation initiation factor 4E" (eIF4E), localizado no cromossomo 3, ligado ao locus *py-1*.
Sw-5	Esse locus foi introgredido de *S. peruvianum* e apresenta um amplo espectro de ação contra distintas espécies de *Tospovirus* que infectam tomateiro. O locus *Sw-5* está no cromossomo 9 e essa região do genoma já foi clonada.
Tm	O gene *Tm* (derivado de *S. habrochaites* – cromossomo 2) e dois genes derivados de *S. peruvianum* [Tm 2 e Tm-2-2 (= Tm-2a)], localizados no cromossomo 9 conferem resistência a diferentes patotipos de *Tomato mosaic virus* com genes de resistência específicos para cada um deles.
Ty-1	Resistência parcial ao begomovírus *Tomato yellow leaf curl vírus*. É também efetivo contra espécies virais de genoma bipartido do Brasil.
Ty-2	Introgredido de *S. habrochaites*. Funciona também contra algumas espécies de genoma bipartido do Brasil. Localização: cromossomo 11.
Ty-3	Introgredido de *S. chilense* 'LA-1932'. Está ligado ao locus *Ty-1* no cromossomo 6.
tcm-1	Este locus recessivo condiciona um amplo espectro de resistência contra distintas espécies de begomovírus com genoma bipartido e monopartido.

RESISTÊNCIA A NematoideS	
Mi	Resistência a nematoides (*Meloidogyne incognita, M. javanica* e *M. arenaria*) e resistência a populações do afídeo *Macrosiphum euphorbiae*. Este gene está localizado no cromossomo 6 e foi introgredido de *S. peruvianum.*
Mi-9	Gene de resistência a *Meloidogyne* spp. derivado de *S. arcanum* 'LA 2157' que apresenta expressão com maior "tolerância térmica". Está localizado no cromossomo 6 e representa um homólogo do gene *Mi*.
Hero	Resistência dominante a isolados de *Globodera rostochiensis*. Localização: cromossomo 4.

2.6 Controle genético de características quantitativas de interesse para o melhoramento do tomateiro para processamento

A expressão ou manifestação fenotípica de qualquer gene do genoma do tomateiro pode ser afetada pela ação de outros genes (epistasia) e pela interação com o ambiente. Como exemplificado na Tabela 2, muitos genes que governam características de herança simples têm sido utilizados no melhoramento genético do tomateiro. Esses genes de herança simples são de mais fácil incorporação e apresentam expressão mais estável. No entanto, existem inúmeras características do tomateiro que são governadas por muitos genes (= poligênicas ou quantitativas), grandemente influenciadas pelo ambiente e de difícil mensuração. Consequentemente, os ganhos genéticos obtidos para essas características são geralmente menores. Algumas características quantitativas são de extrema importância, incluindo produtividade, rendimento industrial e teor de sólidos solúveis.

Para produtividade, ganhos médios de 1,5% e de 0,4% ao ano foram observados em programas de melhoramento conduzidos na Califórnia e em Israel, respectivamente. Ganhos genéticos ainda menores têm sido obtidos para a característica teor de sólidos solúveis (Brix), devido à característica poligênica do caráter e à sua correlação negativa com a produtividade. Aumentos não significativos no Brix foram observados na Califórnia, enquanto que em Israel estes aumentos foram de 0,53% ao ano.

O desenvolvimento de cultivares com resistência a determinadas doenças também pode ser dificultado pela natureza poligênica complexa dessas características. Por exemplo, a resistência ao oomiceto *Phytopthora infestans* em acessos de *S. habrochaietes* e a tolerância a isolados das bactérias *Xanthomonas perforans* raça T3 e *X. campestris* pv. *vesicatoria* do acesso 'PI 128216' são controladas quantitativamente. Da mesma forma, diversos genes em distintos cromossomos governam a resistência ao fungo *Alternaria solani*, à bactéria *Ralstonia solanacearum* e a insetos. Esta última característica é mediada por teores dos compostos acil-açúcares em combinação com uma maior densidade de tricomas foliares do tipo IV, oriundas de acessos da espécie selvagem em *S. pennellii*.

2.7 Heterose e utilização de híbridos de tomateiro

Vigor de híbrido ou heterose é a capacidade do híbrido suplantar as linhagens parentais para características, em geral, quantitativas. A literatura registra que o tomateiro apresenta um grande potencial de heterose para algumas características, tais como: índice de colheita (produção de frutos/biomassa total), número de sementes por planta, número de frutos, precocidade e produção total. Heterose não tem sido observada para Brix, peso de fruto, altura de planta e morfologia de semente. Além disso, no caso específico do tomateiro, os híbridos permitem a acumulação ("piramidização") de um número grande de fatores de resistência monogênicos dominantes e conferem também uma extrema uniformidade das lavouras.

Além disso, algumas características somente se expressam de maneira comercialmente vantajosa quando em condição híbrida (=heterozigota). Como exemplo, pode-se citar a presença de frutos do tipo longa-vida pós-colheita, condicionada pelo gene *rin* e a característica de inflorescência composta. Embora existam sistemas de macho-esterilidade descritos em

tomateiro, a atual produção de sementes híbridas tem sido conduzida via emasculação e polinização manuais (ver capítulo 3). Atualmente, a grande maioria das lavouras de tomate para processamento no Brasil tem sido cultivada utilizando-se híbridos F1. Estes híbridos têm sido preferidos devido às suas elevadas produtividades (que podem atingir valores acima de 140 $t.ha^{-1}$). Além da produtividade elevada, associam-se também um conjunto de qualidades fabris (frutos firmes, secos, de boa coloração e elevada viscosidade).

2.8 Seleção assistida por marcadores moleculares no tomateiro

O desenvolvimento de mapas genéticos extremamente densos (com um número elevado de marcadores) tem permitido a localização genômica bem como o isolamento de genes no tomateiro. Diversos marcadores moleculares têm sido empregados em programas de seleção assistida de genótipos superiores. Em torno de uma dezena de genes de resistência a doenças foram isolados e caracterizados em diferentes acessos de tomateiro via mapeamento genético/físico de alta resolução (Tabela 2). O sequenciamento completo do genoma do tomateiro foi recentemente concluído (2012) por um consórcio de países (The Tomato Genome Consortium) que sequenciou regiões de todos os doze cromossomos de duas espécies (*S. lycopersicum* e *S. pimpinellifolium*). As informações moleculares advindas desse projeto têm permitido a síntese de "primers" de "Polymerase chain reaction (PCR)" altamente específicos, que estão sendo empregados para gerar novas classes de marcadores moleculares "funcionais" associados com fenótipos de interesse para o melhoramento genético. Esses marcadores moleculares têm se constituído em instrumentos importantes em sistemas de seleção assistida por marcadores (SAM) para piramidizar, de maneira mais eficiente, diferentes características de interesse em um único material genético.

Como mencionado, características muito importantes, como produtividade e o teor de sólidos, são governadas por muitos genes, grandemente influenciadas pelo ambiente. Regiões do genoma que possuem genes controlando a expressão dessas características são denominadas de "quantitative trait loci" ou "QTLs". Os genes responsáveis por QTLs podem estar localizados em diferentes cromossomos e apresentar diferentes contribuições na expressão do fenótipo em questão. Marcadores moleculares associados com QTLs têm sido utilizados para monitorar a introgressão/incorporação dessas características quantitativas de interesse em linhagens elite. De fato, o tomateiro é uma das plantas que serviram de modelo para o isolamento (via mapeamento) dos primeiros QTLs envolvendo tamanho e massa de fruto.

2.9 Técnicas moleculares na diagnose de patógenos e seleção de plantas de tomateiro resistentes a doenças

Em relação aos patógenos do tomateiro, as técnicas genético-moleculares têm permitido: **(1)** uma caracterização rápida *in vitro* da variabilidade genética e do perfil de virulência destes patógenos e **(2)** a detecção da maioria dos patógenos de importância econômica para a cultura de maneira precisa, em larga escala e em diferentes partes da planta (folhas, raízes e sementes). Estas técnicas de detecção estão sendo usadas em pesquisas básicas, tais como

estudos de herança e investigações sobre os mecanismos de resistência, e fornecendo aos programas de melhoramento uma maior segurança no processo de seleção de fontes de resistência mais adequadas para incorporação em materiais genéticos superiores.

Além disso, as técnicas de detecção de patógenos usando estratégias moleculares têm permitido aumentar a qualidade sanitária de sementes de cultivares e híbridos comerciais, evitando danos a produtores devido à introdução de patógenos em novas áreas de cultivo.

2.10 Melhoramento da qualidade da matéria prima para processamento industrial

O teor de sólidos solúveis (°Brix) é uma característica de importância fundamental e um foco constante do setor produtivo. O Brix é de extrema relevância para as indústrias processadoras, uma vez que o rendimento industrial aumenta, em média, 10 a 20% para cada grau Brix incrementado na matéria-prima. Portanto, valores de Brix mais elevados são importantes para viabilizar a produção brasileira em um mercado globalizado e altamente competitivo.

No Brasil, a maioria das empresas produz e comercializa extrato simples concentrado (18 a 23 °B) e polpa concentrada (28 a 32 °B). Se o Brix é mais elevado, o tomate apresenta menor quantidade de água e maior proporção de sólidos, ou seja, produz mais pasta por unidade de matéria prima. Desta forma, matéria prima com Brix elevado resulta em uma mais eficiente utilização do tomate por tonelada produzida, otimizando os recursos das indústrias processadoras.

Os híbridos líderes de mercado no Brasil apresentam valores de Brix que se situam na faixa de 3,6 a 5,5 °B. É importante realçar que estes teores ainda encontram-se abaixo do ideal, demandando um grande consumo de energia durante o processo de concentração (retirada de água) da polpa. Apenas a título de comparação, existem variedades de tomate do tipo cereja que apresentam 12 °B. Outra importante consideração na escolha da cultivar para processamento é o fato de existirem diferentes tipos de produtos processados de tomate além do extrato ou pasta (ex. sopas, catchup, tomate pelado, molhos, etc.), em que o Brix elevado da matéria prima não é necessariamente o fator mais importante. Em alguns casos, alta viscosidade e firmeza de frutos podem ser as características essenciais para a obtenção de um produto final de qualidade.

Como mencionado, os ganhos genéticos observados para a característica teor de sólidos solúveis (Brix) têm sido pequenos, devido à característica poligênica do caráter e também à correlação negativa com produtividade e tamanho/massa do fruto. Ou seja, em geral, o aumento do Brix vem acompanhado de um impacto negativo na produtividade e uma redução no tamanho do fruto. As relações fisiológicas entre tamanho/massa de fruto e Brix são ainda desconhecidas. No entanto, uma análise conjunta dos resultados dos diversos experimentos genéticos tem indicado que é possível aumentar simultaneamente o Brix, o tamanho do fruto e a produtividade utilizando genes oriundos de espécies selvagens, indicando que estas associações podem ser “quebradas” em alguns cruzamentos.

2.11 Genética e genômica do controle do brix em frutos de tomate

Os QTLs associados com maiores teores de sólidos solúveis estão localizados em diferentes cromossomos e apresentam um peso (= contribuição) diferente na expressão da

característica. Estudos têm demonstrado a presença de pelo menos 32 QTLs para sólidos solúveis. Estes QTLs estão espalhados por todos os doze cromossomos do tomateiro. Dois *loci* importantes (denominados brx2.1 e brx2.2) foram identificados no cromossomo 2. O *locus* brx2.2 está ligado a um QTL para número de lóculos e com um QTL para massa de fruto.

Outras regiões do genoma do tomateiro, importantes para determinação do teor de Brix, foram detectadas no cromossomo 1 em cruzamentos envolvendo as espécies selvagens *S. chmielewskii* e *S. habrochaites*. Um gene codificador da ADP-glucose pirofosforilase (enzima essencial para a acumulação de amido nos frutos e que apresenta maior expressão em linhagens de tomateiro com maior Brix) está, coincidentemente, localizado também no cromossomo 1. Desta forma, este é um potencial gene candidato para explicar este QTL para Brix mais elevado. Na espécie *S. chmielewskii*, um QTL associado com Brix elevado está ligado tanto com firmeza quanto com uma coloração menos intensa dos frutos. Um QTL localizado no cromossomo 9, que aumenta o valor Brix de maneira moderada, co-segregou com um gene codificador da enzima invertase da parede celular (um gene que tem expressão específica na flor e no fruto).

Estudos de fisiologia vegetal com linhas de introgressão derivadas da espécie selvagem *S. pennellii* revelaram que o aumento do Brix do fruto maduro foi devido a um aumento nos teores de sacarose e glicose. Este aumento foi condicionado por uma maior atividade dessa invertase na columela do fruto, aumentando a capacidade de extrair sacarose do floema. No entanto, muitas questões sobre a genética do Brix em tomateiro permanecem ainda sem resposta.

2.12 Licopeno e outros carotenóides nos frutos do tomate

Uma das tarefas dos programas de melhoramento genético tem sido diversificar o panorama varietal do tomateiro, disponibilizando cultivares e híbridos com maiores teores de licopeno. Isso se deve a uma forte demanda de mercados mais exigentes para aumentar os teores deste pigmento em frutos de cultivares tanto para consumo *in natura* quanto em diversos produtos processados.

O pigmento licopeno é um carotenóide que confere a típica cor vermelha dos frutos do tomateiro. Devido à sua estrutura química singular, o licopeno é um dos melhores supressores biológicos de radicais livres. A forte ação antioxidante do licopeno confere efeitos preventivos contra doenças degenerativas, cardiovasculares e certos tipos de câncer (ex. próstata e ovário). As principais fontes de licopeno na dieta humana são os produtos derivados do tomateiro, tais como molhos, extratos e *catchups*. Genes e marcadores moleculares ligados e/ou potencialmente associados com uma maior acumulação de licopeno e outros compostos carotenóides têm sido identificados.

2.13 Melhoramento genético do tomateiro para processamento industrial no Brasil

2.13.1 Melhoramento genético conduzido por empresas públicas no Brasil

O programa pioneiro de melhoramento genético do tomateiro para processamento foi iniciado em 1971 pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) e,

indubitavelmente, contribuiu para o desenvolvimento do parque agroindustrial de tomate instalado no Nordeste. Este pólo de produção tinha localização no eixo Petrolina-Juazeiro e nos perímetros irrigados nas regiões de Ibimirim, Serra Talhada, Custódia, Salgueiro (no Agreste de Pernambuco) e em São Gonçalo e Sumé, na Paraíba. O cultivo de tomate industrial "de sequeiro" era conduzido na região de Pesqueira (PE). Nesse município foi instalada (na década de 1920) a Fábrica Peixe, empreendimento pioneiro de processamento de tomate em toda América Latina. A partir da década de 1970, técnicos do IPA realizaram vários ensaios, principalmente no Campo Experimental de Belém do São Francisco, com assessoramento da equipe da ESALQ/USP. Os nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.) foram identificados como os principais fatores limitantes do cultivo na região. A cultivar francesa "Rossol", identificada como resistente a este grupo de patógenos, foi envolvida em cruzamentos que resultaram no desenvolvimento das primeiras cultivares genuinamente nacionais denominadas IPA-1, IPA-2, IPA-3 e IPA-4. As cultivares de maior impacto comercial foram, no entanto, IPA-5 e Caline IPA-6. A cultivar IPA-5 (Cal J x IPA-3) foi líder de mercado no Brasil durante toda a década 1980 até meados da década de 1990. Caline IPA-6 (Rio Grande x IPA-3) é uma cultivar de dupla finalidade (mesa e indústria) que apresenta frutos firmes, graúdos, de paredes grossas, cor vermelha intensa, com resistência a *Meloidogyne*, *Fusarium* (raça 1) e *Verticillium* (raça 1).

Após o enorme sucesso inicial, o agronegócio de tomate para processamento industrial no Nordeste foi, durante o final da década 1980 e início de 1990, severamente afetado por uma seqüência de crises que acabou por desestruturar todo o setor produtivo. A primeira grande crise foi causada por infestações da traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*), que causou severas perdas nas safras de 1988/89/90. O problema da traça foi parcialmente contornado com a adoção de técnicas de manejo integrado. No entanto, em seguida, adveio uma nova crise causada por epidemias de *Tospovirus* transmitidos por tripes. Em resposta a esse problema, a Embrapa Hortaliças e o IPA estabeleceram um programa de melhoramento conjunto que resultou na liberação de "Viradoro", uma cultivar com resistência a *Tospovirus* (gene *Sw-5*), nematoides (gene *Mi*), murcha de *Verticillium* (gene *Ve*), murcha de *Fusarium* raça 1 (gene *I-1*) e de *Stemphylium* (gene *Sm*). Essa cultivar ocupou, logo após seu lançamento, uma área considerável no Vale do Rio São Francisco. No entanto, nos anos seguintes ao lançamento de "Viradoro", severas epidemias de geminiviroses (transmitidas por mosca-branca, *Bemisia tabaci*) causaram um novo impacto negativo à tomaticultura da região. O programa de melhoramento do IPA iniciou a incorporação da resistência a geminivírus em germoplasma derivado de "Viradoro" visando piramidar fatores de resistência às duas viroses, resultando no lançamento da cultivar "Redenção".

O programa de melhoramento genético da Embrapa Hortaliças estruturou-se a partir do início da década de 1980. Esse programa concentrou, inicialmente, esforços no desenvolvimento de materiais adaptados para o Centro-Oeste e Sudeste, especialmente os do tipo "Rio Grande". Este grupo varietal apresentava frutos de excelente aspecto, podendo ser utilizados também para consumo *in natura*. Deste programa foi liberada, no final da década de 1980, a cultivar "Nemadoro", do tipo "Rio Grande", com resistência aos nematoides-das-galhas.

Em 1991 a Embrapa Hortaliças iniciou uma nova fase do programa, tendo como foco gerar linhagens endogâmicas com resistência múltipla a doenças e combinações híbridas. Acordos de parcerias foram firmados entre a Embrapa Hortaliças e algumas empresas processadoras. Novas fontes de resistência para *Tospovirus* foram identificadas e um sistema de marcadores moleculares para o *lócus Sw-5* foi desenvolvido. A cultivar "BRS Tospodoro" foi recentemente liberada, tendo características similares àquelas da cultivar "Viradoro", porém combinando os genes *Pto* e *Sw-5*. Um banco de mais de 300 linhagens avançadas foi estabelecido e diversas combinações híbridas foram obtidas e avaliadas em condições de campo. Os híbridos experimentais mais promissores estão em fase final de avaliação/validação pelas agroindústrias e empresas de sementes, incluindo materiais que combinam resistência a *Tospovirus* e tolerância a *Xanthomonas* e *Begomovirus*.

2.13.2 Atividades de melhoramento genético conduzidas no setor privado no Brasil.

Em São Paulo e Minas Gerais (região de Patos de Minas), o programa de melhoramento privado foi conduzido desde a década de 1970 pela empresa CICA (transformada posteriormente em marca de derivados de tomate), que avaliava novas introduções (cultivares de polinização aberta) para desempenho agronômico nas condições brasileiras. Desse período, se destacam as cultivares do chamado grupo Agrocica, com especial destaque para "Agrocica 45" (="Ohio 8245"), que apresentava boa tolerância de campo à mancha-bacteriana, causada por diferentes espécies de *Xanthomonas*. Uma parceria da CICA com a Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita", Faculdade de Ciências Agronômicas, Campus de Botucatu, resultou na liberação de uma série de três cultivares de tomate contendo o gene de resistência *Pto*. A cultivar de maior destaque foi "Agrocica Botu 13"

Foi conduzido um trabalho de introdução e avaliação de cultivares e híbridos pela empresa Arisco no Brasil Central durante a década de 1980 até meados da década de 1990. Após esse período, a empresa Van den Bergh Foods Company (posteriormente Unilever) adquiriu as marcas "Arisco" e "Cica" e passou a ser a principal empresa no mercado de tomate para processamento industrial. A Unilever instituiu uma coordenação de operações agrícolas, que incluía atividades de pesquisa e desenvolvimento, que validou um grande número de híbridos para cultivo na região do Brasil Central. Em setembro de 2010 a Cargill comprou a Unilever, e tem dado prosseguimento aos trabalhos de avaliação de híbridos para processamento de diferentes programas de melhoramento. A empresa norte-americana Heinz, que tem seu próprio programa de melhoramento genético, adquiriu por sua vez, parte da empresa de conservas Quero.

2.14 O melhoramento genético e a adoção de híbridos de tomateiro para processamento industrial no Brasil

As principais doenças que atacam o tomateiro nas condições brasileiras são causadas por vírus (tospoviroses e begomoviroses), bactérias (mancha-bacteriana, pinta-bacteriana e murcha-bacteriana), oomicetos (tombamentos causados espécies de *Phytium*, *Phytophthora nicotianae* e *P. infestans*), fungos (murchas e tombamentos, oídio, mancha foliar de estenfílio, septoriose e pinta-preta) e nematoides. O controle via cultivares resistentes vem sendo amplamente utilizado para algumas dessas enfermidades. Um grande número de fatores monogênicos e dominantes

tem sido reportado controlando resistência a doenças em tomateiro. Essa característica genética favorece à rápida piramidização desses fatores de resistência em cultivares híbridas.

A partir da década 1990, as cultivares de polinização aberta foram sendo gradativamente substituídas por híbridos importados, cujo custo é de aproximadamente US$ 3,5 por mil sementes. Este movimento em direção ao emprego de híbridos coincidiu (e foi acentuado) com a predominância do Cerrado do Brasil Central como região produtora de matéria-prima de tomate para processamento. Nessa fase, diferentes híbridos das empresas Heinz e Seminis tornaram-se líderes de mercado com destaque para "H-9992" (Heinz); "H-9665" (Heinz); "H-9553" (Heinz); "AP 533" (Seminis) e "AP 529" (Seminis). Atualmente, quase 100% das cultivares plantadas são híbridas. Ao contrário do cenário algumas vezes observado no tomate para consumo *in natura*, a adoção de novos híbridos no segmento de tomate para processamento industrial tem sido feito de maneira criteriosa, com testes extensos antes da recomendação para plantio em escala.

Os testes de triagem de cultivares têm sido conduzidos sob a supervisão das equipes técnicas e/ou de pesquisa das agroindústrias, com eventual apoio da Embrapa e de outras instituições públicas. Dessa forma, a substancial alteração do panorama varietal não refletiu prejuízos econômicos para o agronegócio de tomate, evitando a adoção de híbridos sem boa adaptação às condições brasileiras.

2.15 Melhoramento visando controle da mosca-branca e das geminiviroses

Após a introdução (no início da década de 1990) de um novo biótipo de mosca-branca (*B. tabaci* biótipo B), ocorreu um súbito aumento da incidência de espécies *Begomovirus* em tomateiro, ocasionando severos prejuízos para os produtores. Perdas de produção de até 60% podem ocorrer em cultivares suscetíveis precocemente infectadas pelo vírus. O controle químico do vetor apresenta eficiência relativa e tem onerado o custo de produção da cultura. Neste cenário, a busca de cultivares resistentes ao inseto vetor e/ou aos begomovírus constitui-se em um dos importantes focos dos programas de melhoramento de tomateiro.

Diversos acessos de tomateiro cultivado e de espécies selvagens foram identificados apresentando resistência a isolados de begomovírus. Acessos de *S. pennellii* e *S. pimpinellifolium* foram identificados também combinando resistência à mosca-branca. Nesse programa, têm sido utilizadas fontes de resistência portadoras do lócus *Ty-1* e também novas fontes de resistência, caracterizadas no Brasil, que vêm se mostrando bastante efetivas contra diferentes isolados de begomovírus. Os processos de seleção de plantas resistentes e a diagnose dos begomovírus são todos feitos via estratégias moleculares.

2.16 Antecipação de demandas para o melhoramento do tomateiro para processamento no Brasil

Grande parte das empresas processadoras está demandando materiais genéticos com a seguinte lista de atributos: **(1)** híbridos com tolerância a vírus (especialmente begomovírus e tospovírus) e a doenças bacterianas: mancha-bacteriana (causada por um complexo de espécies de *Xanthomonas*) e da murcha-bacteriana (*R. solanacearum*). A espécie de bactéria predominante no tomateiro industrial no Brasil tem sido *X. perforans*.

Atualmente, o controle genético efetivo da mancha-bacteriana e da murcha-bacteriana é um dos maiores desafios para o melhoramento genético. A ausência de boas fontes de resistência monogênica para estas doenças tem dificultado o desenvolvimento de novas cultivares. A murcha-bacteriana, embora ainda não problemática, pode aumentar em importância à medida que se ampliem a utilização de sistemas de irrigação por gotejo e as questões relativas ao aquecimento global; **(2)** híbridos com elevado grau de firmeza dos frutos e que suportem, em condições de campo, a resolução de situações imprevistas ou emergenciais (ex: quebra de equipamentos ou possível atraso devido à intensa chegada de matéria-prima na fábrica em pico de safra); **(3)** a viscosidade é uma característica de interesse para muitos itens de processamento, desde que esteja associada com valores de Brix iguais ou superiores a 4,8 ºB. Além disso, o tomateiro para processamento industrial deve ter, entre outras características, pH ideal e coloração vermelha intensa (teor de licopeno); **(4)** a arquitetura da planta é fundamental, pois facilita tratos culturais. Ramas grandes, além de dificultarem a colheita mecânica, criam um microclima adequado para o desenvolvimento de doenças e **(5)** as áreas com irrigação do tipo pivô-central no Cerrado têm sido sucessivamente cultivadas com tomate ano após ano. Nesse cenário, a disponibilidade de híbridos com tolerância a espécies de *Phytophthora* e outros patógenos de solo bem como tolerância/escape à murcha-de-esclerotínea seria extremamente desejável.

No Brasil, a grande utilização de sementes importadas representa uma grande ameaça de introdução de patógenos e/ou variantes de patógenos em áreas de cultivo previamente isentas desses organismos. Entre os patógenos transmitidos por sementes merecem especial destaque as espécies do complexo *Xanthomonas* (mancha-bacteriana) e a raça 3 de *Fusarium*, recentemente detectada no Brasil em cultivo de tomateiro para consumo *in natura*.

Os produtores, as indústrias processadoras e o mercado consumidor têm demandado dos programas de melhoramento o desenvolvimento de variedades de tomate que combinem características que atendam suas necessidades específicas. Isso significa, para os programas de melhoramento genético, executar tarefas que são, muitas vezes, não complementares ou, algumas vezes, até mesmo conflitantes. Para atender essas demandas múltiplas, os programas de melhoramento genético devem apresentar uma estrutura flexível, permitindo rápidos ajustes e respostas de acordo com as mudanças das tendências de mercado. Além disso, demanda um constante acompanhamento e trabalho conjunto com o sistema produtivo para antecipar e enfrentar o potencial surgimento de novos problemas bióticos e abióticos que venham impor alguma séria limitação no cultivo do tomateiro para processamento industrial.

2.17 Referências

ARAÚJO, A. H.; FONSECA, M. E. N; BOITEUX, L. S. Nucleotide diversity of a major carotenoid biosynthetic pathway gene in wild and cultivated *Solanum* (Section *Lycopersicon*) species. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 19, n. 3, p. 233-237, 2007.

BALLVORA, A.; SCHORNACK, S.; BAKER, B. J.; GANAL, M.; BONAS, U.; LAHAYE, T. Chromosome landing at the tomato *Bs4* locus. **Molecular Genetics and Genomics**, Berlin, v. 266, n. 4, p. 639-645, 2001.

BLAUTH, S. L.; CHURCHILL, G. A.; MUTSCHLER, M. A. Identification of quantitative trait loci associated with acylsugar accumulation using intraspecific populations of the wild tomato *Lycopersicon pennellii*. **Theoretical and Applied Genetics,** Berlin, v. 96, n. 3/4, p. 458-467, 1998.

BOITEUX, L.S.; GIORDANO, L.B. Genetic basis of resistance against two *Tospovirus* species in tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Euphytica,** Wageningen, v. 71, n. 1/2, p. 151-154, 1993.

BOITEUX, L. S; GIORDANO, L. B; FUROMOTO, O.; ARAGÃO, F. A. S. Estimating the pleiotropic effect of the *jointless-2* gene on the processing and agronomic traits of tomato by using near-isogenic lines. **Plant Breeding**, Berlin, v. 114, n. 5, p. 457-459, 1995.

BOITEUX, L. S.; OLIVEIRA, V. R.; SILVA, C. H.; MAKISHIMA, N.; INOUE-NAGATA, A. K.; FONSECA, M. E. N.; GIORDANO, L. B. Reaction of tomato hybrids carrying the *Ty-1* locus to Brazilian bipartite *Begomovirus* species. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 1, p. 20-23, 2007.

BROMMONSCHENKEL, S. H.; FRARY, A.; FRARY, A.; TANKSLEY, S. D. The broad-spectrum *Tospovirus* resistance gene *Sw-5* of tomato is a homolog of the root-knot nematode resistance gene *Mi*. **Molecular Plant-Microbe Interactions,** Saint Paul, v. 13, p. 1130-1138, 2000.

BUDIMAN, M. A.; CHANG, S. B.; L. E. E. S.; YANG, T. J.; ZHANG, H. B.; DE JONG, H.; WING, R. A. Localization of *jointless-2* gene in the centromeric region of tomato chromosome 12 based on high resolution genetic and physical mapping. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 108, p. 190-196, 2004.

CARMEL-GOREN, L.; LIU, Y. S; LIFSCHITZ, E.; ZAMIR D. The *self-pruning* gene family in tomato. **Plant Molecular Biology**, Dordrecht, v. 52, n. 6, p.1215-1222, 2003.

CARVALHO, W.; FONSECA, M. E. N.; SILVA, H. R.; GIORDANO, L. B.; BOITEUX, L. S. Estimativa indireta de teores de licopeno em frutos de genótipos de tomateiro via análise colorimétrica. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 3, p. 819-825, 2005.

CHEEMA, D. S.; DHALIWAL, M. S. Hybrid tomato breeding. In: SINGH, P. K.; DASGUPTA, S. K.; TRIPATHI, S. K. (Ed.). **Hybrid vegetable development**. Boca Raton: CRC, 2005. p. 1-14.

DELLA VECCHIA, P. T.; KOCH, P. S. Tomates longa vida: o que são, como foram desenvolvidos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 1, p. 3-4, 2000.

DIANESE, E. C.; FONSECA, M. E. N.; GOLDBACH, R.; KORMELINK, R.; INOUE-NAGATA, A. K.; RESENDE, R. O.; BOITEUX, L. S. Development of a locus-specific, co-dominant SCAR marker for assisted-selection of the *Sw-5* (*Tospovirus* resistance) gene cluster in a wide range of tomato accessions. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 25, p. 133-142, 2010.

DIANESE, E. C.; FONSECA, M. E. N; INOUE-NAGATA, A. K.; RESENDE, R. O.; BOITEUX, L. S. Search in *Solanum* (section *Lycopersicon*) germplasm for new sources of broad-spectrum resistance to four *Tospovirus* species. **Euphytica,** Wageningen, v. 180, p. 307-319, 2011.

DOGANLAR, S.; DODSON, J.; GABOR, B.; BECK-BUNN, T.; CROSSMAN, C.; TANKSLEY, S. D. Molecular mapping of the *py-1* gene for resistance to corky root rot (*Pyrenochaeta lycopersici*) in tomato. **Theoretical and Applied Genetics,** Berlin, v. 97, p. 784-788, 1998.

FERRAZ, E.; RESENDE, L. V.; LIMA, G. S. A.; SILVA, M. C. L.; FRANÇA, J. G. E; SILVA, D. J. Redenção: nova cultivar de tomate para a indústria resistente a geminivírus e tospovírus. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, p. 578-580, 2003.

GARCÍA-CANO, E.; RESENDE, R. O.; BOITEUX, L. S.; GIORDANO, L. B.; FERNÁNDEZ-MUÑOZ, R.; MORIONES, E. Phenotypic expression, stability and inheritance of a recessive resistance to monopartite begomoviruses associated with tomato yellow leaf curl disease in tomato. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 98, p. 618-627, 2008.

GIORDANO, L. B.; DE AVILA, A. C.; CHARCHAR, J. M.; BOITEUX, L. S.; FERRAZ, E. Viradoro: a tospovirus-resistant processing tomato cultivar adapted to tropical environments. **HortScience**, Alexandria, v. 35, p. 1368-1370, 2000.

GIORDANO, L. B.; ARAGÃO, F. A. S; BOITEUX, L. S. Melhoramento genético do tomateiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 219, p. 43-57, 2003.

GIORDANO, L. B; FONSECA, M. E. N.; SILVA, J. B. C.; INOUE-NAGATA, A. K.; BOITEUX, L. S. Efeito da infecção precoce de Begomovírus com genoma bipartido em características de fruto de tomate industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, p. 815-818, 2005.

GIORDANO, L. B.; Silva-Lobo, V. L.; SANTANA, F. M.; FONSECA, M. E. N; BOITEUX, L. S. Inheritance of resistance to the bipartite Tomato chlorotic mottle begomovirus derived from *Lycopersicon esculentum* cv. 'Tyking'. **Euphytica,** Wageningen, v. 143, p. 27-33, 2005.

GIORDANO, L. B.; BOITEUX, L. S.; SILVA, J. B. C.; CARRIJO, O. A. Seleção de linhagens com tolerância ao calor em germoplasma de tomateiro coletado na região Norte do Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, p. 105-107, 2005.

GIORDANO, L. B.; BOITEUX, L. S.; QUEZADO-DUVAL, A. M.; FONSECA, M. E. N.; RESENDE, F. V.; REIS, A.; GONZALEZ, M.; NASCIMENTO, W. M.; MENDONÇA, J. L. BRS Tospodoro: a high lycopene processing tomato cultivar adapted to organic crop systems and with multiple resistance to pathogens. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, p. 241-245, 2010.

GRANDILLO, S.; ZAMIR, D.; TANKSLEY, S. D. Genetic improvement of processing tomatoes: a 20 years perspective. **Euphytica,** Wageningen, v. 110, p. 85-97, 1999.

HANSON, P.; GREEN S. K.; KUO, G. *Ty-2*, a gene in chromosome 11 conditioning geminivirus resistance in tomato. **Report of the Tomato Genetics Cooperative**, Cornell, v. 56, p. 17-18, 2006.

JI, Y.; SCHUSTER, D. J.; SCOTT, J. W. *Ty-3*, a begomovirus resistance locus near the *Tomato yellow leaf curl virus* resistance locus *Ty-1* on chromosome 6 of tomato. **Molecular Breeding**, Dordrecht, v. 20, n. 2, p. 271-284, 2007.

JI, Y.; SCHUSTER, D. J.; SCOTT, J. W.; MAXWELL, D. P. Molecular mapping of *Ty-4*, a new *Tomato yellow leaf curl virus* resistance loucs on chromosome 3 of tomato. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 134, p. 281-288, 2009.

KAWCHUK, L. M.; HACHEY, J.; LYNCH, D. R.; KULCSAR, F.; VAN ROOIJEN, G.; WATERER, D. R; ROBERTSON, A.; KOKKO, E.; BYERS, R.; HOWARD, R. J.; FISCHER, R.; PRÜFER, D. Tomato *Ve* disease resistance genes encode cell surface-like receptors. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 98, n. 11, p. 6511-6515, 2001.

KUROZAWA, C.; BARBOSA, V.; KIMOTO, T.; REGO, G. F. O. Agrocica Botu 7, 9 e 13: novas cultivares de tomate para indústria. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 8, p. 34-46, 1990.

LANFERMEIJER, F. C.; WARMINK, J.; HILLE, J. The products of the broken *Tm-2* and the durable *Tm-2²* resistance genes from tomato differ in four amino acids. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 56, n. 421, p. 2925-2933, 2005.

LI, J.; LIU, L.; BAI, Y.; FINKERS, R.; WANG, F.; DU, Y.; YANG, Y.; XIE, B.; VISSER, R. G. F.; HEUSDEN, A. W. Identification and mapping of quantitative resistance to late blight (*Phytophthora infestans*) in *Solanum habrochaites* LA1777. **Euphytica**, Wageningen, v. 179, n. 3, p. 427-438, 2011.

LIU, Y. S.; GUR, A.; RONEN, G.; CAUSSE, M.; DAMIDAUX, R.; BURET, M.; HIRSCHBERG, J.; ZAMIR, D. There is more to tomato fruit color than candidate carotenoid genes. **Plant Biotechnology Journal**, Oxford, v. 1, n. 3, p. 195-207, 2003.

MARTIN, G. B.; BROMMONSCHENKEL, S. H.; CHUNWONGSE, J.; FRARY, A.; GANAL, M. W.; SPIVEY,

R.; WU, T.; EARLE, E. D.; TANKSLEY, S. D. Map-based cloning of a protein kinase gene conferring disease resistance in tomato. **Science,** Washington, v. 262, n. 5138, p. 1432-1436, 1993.

MELO, P. C. T.; BOITEUX, L. S.; VILELA, N. J.; FERRAZ, E. Tomate para processamento industrial. In: ALBUQUERQUE, A. C. S.; SILVA, A. G. (Ed.). **Desenvolvimento da agricultura tropical**: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas. Brasília, DF: Embrapa, 2008. v. 1, p. 547-556.

MELO, P. C. T.; MELO, A. M. T.; BOITEUX, L. S. Overview and perspectives of tomato breeding for fresh market adapted to mild tropical climates of Brazil. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 821, p. 55-62, 2009.

MIRANDA, B. E. C.; BOITEUX, L. S.; REIS, A. Identificação de genótipos do gênero *Solanum* (secção *Lycopersicon*) com resistência *Stemphylium solani* e *Stemphylium lycopersici*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, p. 178-184, 2010.

PERALTA, I. E.; SPOONER, D. M. Classification of wild tomatoes: a review. **Kurtziana**, Cordoba, v. 28, p. 45-54, 2000.

PEREIRA-CARVALHO, R. C.; BOITEUX, L. S.; FONSECA, M. E. N.; DIAZ-PENDON, J. A.; MORIONES, E.; FERNÁNDEZ-MUÑOZ, R.; CHARCHAR, J. M.; RESENDE, R. O. Multiple resistance to *Meloidogyne* spp. and to bipartite and monopartite *Begomovirus* spp. in wild *Solanum* (*Lycopersicon*) accessions. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 94, p. 179-185, 2010.

REIS, A.; BOITEUX, L. S. Outbreak of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* race 3 in commercial fresh-market tomato fields in Rio de Janeiro State, Brazil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 3, p. 451-454, 2007.

RICK, C. Tomato. In: FEHR, W. R.; HADLEY, H. H (Ed.). **Hybridization of crop plants**. Madison: American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, 1980. p. 669-680.

RICK, C. M.; LATERROT, H.; PHILOUZE, J. A revised key for the *Lycopersicon* species. **Report of the Tomato Genetics Cooperative**, Cornell, v. 40, p. 31, 1990.

ROBBINS, M. D.; DARRIGUES, A.; SIM, S. C.; MASUD, M. A. T.; FRANCIS, D. M. Characterization of hypersensitive resistance to bacterial spot race T3 (*Xanthomonas perforans*) from tomato accession PI 128216. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 99, p. 1037-1044, 2009.

ROSSI, M.; GOGGIN, F. L.; MILLIGAN, S. B.; KALOSHIAN, I.; ULLMAN, D. E.; WILLIAMSON, V. M. The nematode resistance gene *Mi* of tomato confers resistance against the potato aphid. **Proceedings of the National Academy of Science of the United Stated of America**, WASHINGTON, v. 95, n. 17, p. 9750-9754, 1998.

RUFFEL, S.; GALLOIS, J. L.; LESAGE, M. L.; CARANTA, C. The recessive potyvirus resistance gene *pot-1* is the tomato orthologue of the pepper pvr2-eIF4E gene. **Molecular Genetics and Genomics**, Berlin, v. 274, p. 346-353, 2005.

SATELIS, J. F.; BOITEUX, L. S.; REIS, A. Resistance to *Septoria lycopersici* in *Solanum* (section *Lycopersicon*) species and in progenies of *S. lycopersicum x S. peruvianum*. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 67, p. 334-341, 2010.

SCOTT, J. W.; WANG J. F.; HANSON, P. M. Breeding tomatoes for resistance to bacterial wilt, a global view. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 695, p.161-172, 2005.

SIMONS, G.; GROENENDIJK, J.; WIJBRANDI, J.; REIJANS, M.; GROENEN, J.; DIERGAARDE, P.; LEE, T. VAN DER; BLEEKER, M.; ONSTENK, J.; DE BOTH, M.; HARING, M.; MES, J.; CORNELISSEN, B.; ZABEAU, M.; VOS, P. Dissection of the *Fusarium I2* gene cluster in tomato reveals six homologs and one active gene. **Plant Cell**, Rockville, v. 10, n. 6, p. 1055-1068, 1998.

TANKSLEY, S. D. The genetic, developmental, and molecular bases of fruit size and shape variation in tomato. **Plant Cell**, Rockville, v. 16, p. S181-S189, 2004. Supplement 1.

THE TOMATO GENOME CONSORTIUM. The tomato genome sequence provides insights into fleshy fruit evolution. **Nature**, London, v. 485, p.635-641, 2012.

THOMAS, C. M.; JONES, D. A.; PARNISKE, M.; HARRISON, K.; BALINT-KURTI, P. J.; HATZIXANTHIS, K.; JONES, J. D. G. Characterization of the tomato *Cf-4* gene for resistance to *Cladosporium fulvum* identifies sequences that determine recognitional specificity in *Cf-4* and *Cf-9*. **Plant Cell**, Rockville, v. 9, p. 2209-2224, 1997.

VREBALOV, J.; RUEZINSKY, D.; PADMANABHAN, V.; WHITE, R.; MEDRANO, D.; DRAKE, R.; SCHUCH, W.; GIOVANNONI, J. A. MADS-box gene necessary for fruit ripening at the tomato *Ripening-Inhibitor* (*Rin*) locus. **Science**, Washington, v. 296, p. 343-346, 2002.

ZAMIR, D.; EKSTEIN-MICHELSON, I.; ZAKAY, Y.; NAVOT, N.; ZEIDAN, M.; SARFATTI, M.; ESHED, Y.; HAREL, E.; PLEBAN, T.; VAN-OSS, H.; KEDAR, N.; RABINOWITCH, H. D.; CZOSNEK, H. Mapping and introgression of a tomato yellow leaf curl virus tolerance gene, *Ty-1*. **Theoretical and Applied Genetics,** Berlin, v. 88, p. 141-146, 1994.

Capítulo 03
PRODUÇÃO DE SEMENTES

3.1 Introdução 53
3.2 Características botânicas e morfológicas 53
3.3 Exigências climáticas 57
3.4 Exigências edáficas 57
3.5 Estabelecimento do campo de produção 57
3.6 Escolha da área 58
3.7 Calagem e adubação 58
3.8 Tratos culturais 59
3.9 Técnicas de produção de sementes 60
3.9.1 Isolamento 61
3.9.2 Seleção dos parentais 61
3.9.3 Emasculação 61
3.9.4 Coleta de pólen 63
3.9.5 Polinização 64
3.9.6 Produção de frutos 65
3.10 Colheita dos frutos 65
3.11 Extração de sementes 66
3.12 Secagem das sementes 69
3.13 Beneficiamento das sementes 70
3.14 Rendimento de sementes 72
3.15 Tratamento das sementes 72
3.16 Embalagem e armazenamento das sementes 73
3.17 Avaliação da qualidade das sementes 73
3.18 Referências 74

Capítulo 03
PRODUÇÃO DE SEMENTES

Warley Marcos Nascimento
Paulo Cesar Tavares de Melo
Raquel Alves de Freitas

3.1 Introdução

As diferentes características de arquitetura da planta e da tipologia do fruto do tomate condicionam o tipo de cultura, se para indústria ou para consumo fresco. O hábito de crescimento determinado é característico das cultivares adaptadas especialmente para a cultura rasteira, com finalidade agroindustrial. No entanto, tem sido observado nos últimos anos, um incremento de campos de produção de tomate destinado ao consumo fresco no sistema rasteiro, sem tutoramento.

Devido à suscetibilidade ao ataque de pragas, além das oscilações do mercado, a cultura do tomateiro pode ser considerada uma atividade de alto risco, necessitando portanto de adequada instalação das lavouras e eficácia nos tratos culturais. Nesse sentido, a utilização de sementes de qualidade torna-se imprescindível para garantir uma adequada produção do tomateiro.

3.2 Características botânicas e morfológicas

A inflorescência do tomateiro, em cimeira, pode assumir a forma simples, bifurcada ou ramificada. O tipo simples ocorre com maior frequência na parte inferior da planta; os tipos ramificados desenvolvem-se na parte superior. O número de flores é variável, sendo essa característica e o pegamento de frutos altamente influenciados por temperaturas abaixo ou acima dos limites considerados ótimos para cultivo do tomateiro (Figura 1).

As flores são hermafroditas, pequenas, reunidas em cachos simples ou ramificadas de 6 a 12 flores (inflorescência) e apresentam um diâmetro de 1,5 a 2 cm. Desenvolvem-se opostas ou entre as folhas. O cálice é curto e pubescente e as sépalas são persistentes. No geral, há cinco pétalas com um comprimento que pode atingir 1 cm, de cor amarela e recurvadas quando maduras. Possuem cinco estames, e as anteras são de cor amarela clara, soldadas, dispostas na forma de um cone que envolve e protege o estilete/estigma. O ovário é súpero e contém de dois a nove compartimentos.

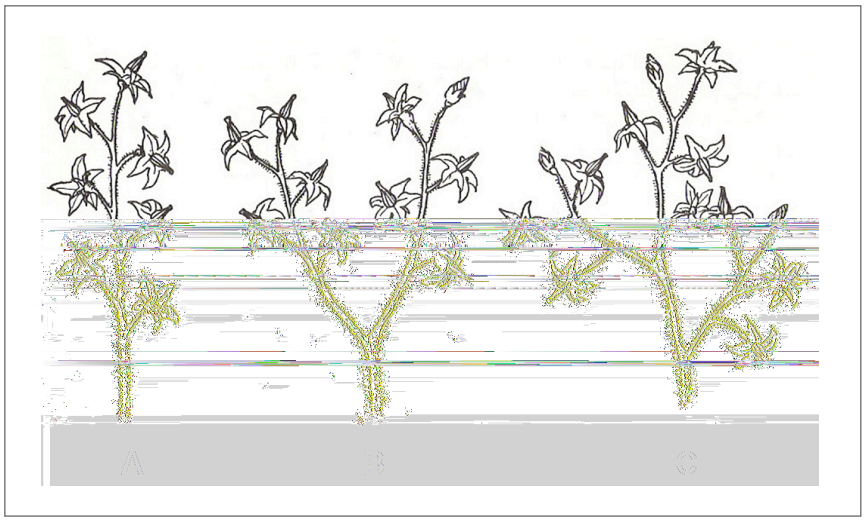


Figura 1 - Tipos de inflorescências do tomateiro: simples (A), bifurcada (B) e ramificada (C).

Os grãos de pólen são liberados pelas fendas laterais das anteras no interior do cone e, desde que as flores estejam pendentes (posição normal), são conduzidos por gravidade para o interior do cone formado pelas anteras onde fica o estigma, garantindo assim, a autofecundação (Figura 2).

Foto: P.C.T. Melo



Figura 2 - Flor completa do tomateiro (à esquerda) e detalhe do processo de liberação de pólen e da fertilização (à direita).

A percentagem de cruzamento natural é, em geral, inferior a 5%. Esses cruzamentos são executados, principalmente, por insetos. Em cultivares onde o estigma se situa fora do cone formado pelas anteras (“extrusão do estigma-estilo”), a taxa de alogamia atinge valores mais elevados. Na verdade, esse caráter, (zencontrado em espécies selvagens auto-incompatíveis, no tomate tipo cereja e em cultivares primitivas para facilitar a polinização cruzada), sofreu uma mudança evolutiva com a introdução do tomate na Europa. A seleção visando melhorar a capacidade de pegamento de fruto, a partir de uma base genética restrita e na ausência de insetos polinizadores, condicionou, provavelmente, um encurtamento do estilete. Isso ocasionou uma diminuição da dependência da polinização por insetos e vento, forçando a autopolinização. A última etapa dessa sequencia evolutiva foi a recente fixação, nas cultivares modernas, de um estilo muito mais curto, tornando a planta completamente autógama.

O fruto é uma baga, de formato e tamanho variados, liso ou canelado; quando verde é pubescente, e vermelho, amarelo ou rosado quando maduro. A cor vermelha é devida ao licopeno, pigmento carotenoide contido na polpa do fruto. O fruto é composto pela película (casca), polpa, placenta e sementes (Figura 3). Internamente, os frutos são divididos em lojas ou lóculos, nos quais as sementes se encontram imersas na mucilagem placentária (Figura 4). Os frutos, conforme a cultivar, podem ser bi, tri, tetra ou pluriloculares (Figura 5); frutos uniloculares são raros. A semente apresenta coloração amarelo-acinzentada, possui de 3 a 5 mm de comprimento, 2 a 4 mm de largura e formato ovalado com depressões laterais. É composta por uma cobertura protetora (tegumento ou testa e tricomas), pelo eixo embrionário (radícula e hipocótilo) e pelo tecido de reserva (dois cotilédones e endosperma). O número de sementes por fruto varia conforme a cultivar, mas existem cultivares onde podem ser encontradas mais de 200 sementes por fruto. O peso de 1000 sementes varia de 2,5 a 3,5 g. Existem ainda genótipos que são partenocárpicos, isto é, não produzem sementes. Esse caráter é controlado por genes recessivos.

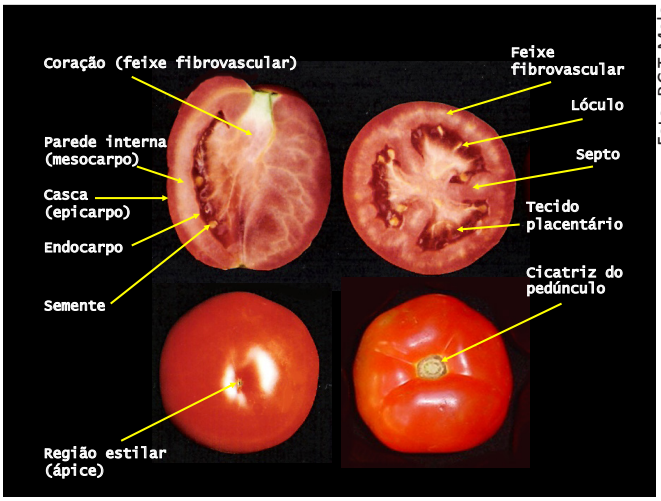


Figura 3 - Tecidos e demais partes constituintes de um fruto de tomate.

Foto: P.C.T. Melo

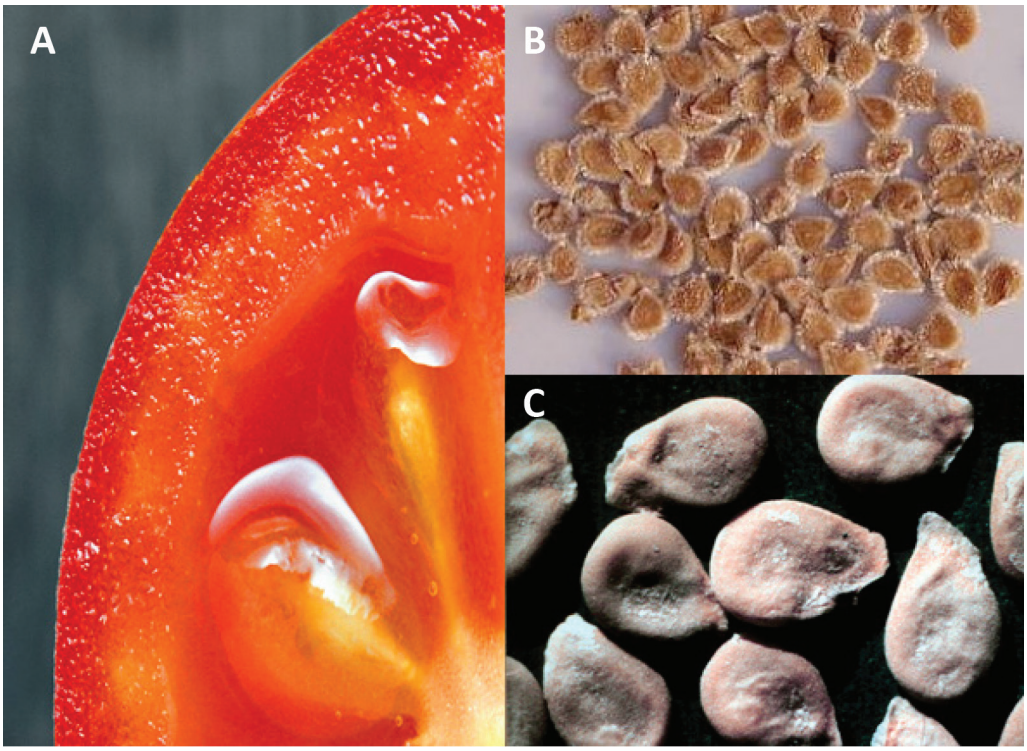


Figura 4 - Detalhe de sementes de tomate imersas em líquido gelatinoso na cavidade locular (A); (B) sementes recobertas por tricomas; (C) semente de tomate.

Foto: P.C.T. Melo

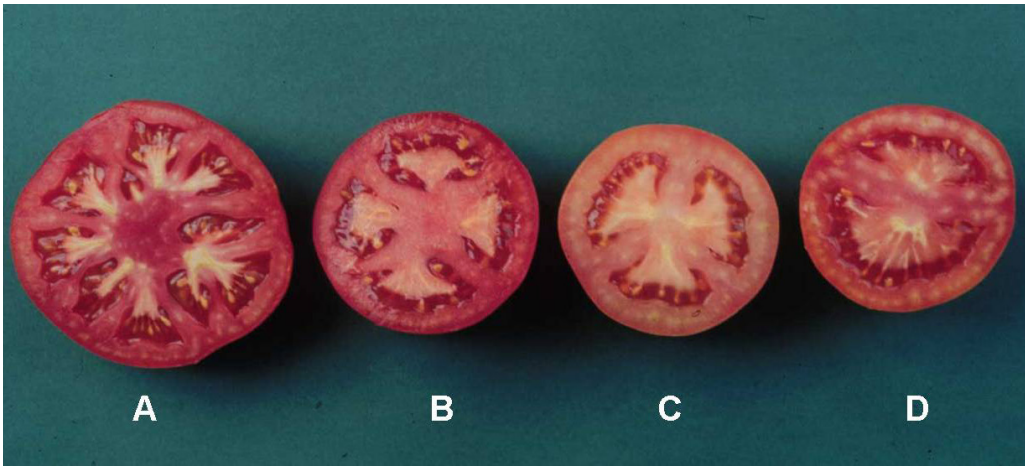


Figura 5 - Frutos de tomate pluri (A), tetra (B), tri (C) e bilocular (D).

3.3 Exigências climáticas

O tomateiro cultivadoé uma planta originária da Cordilheira dos Andes na América do Sul, onde boa parte da sua variabilidade genética pode ser encontrada na forma de várias espécies selvagens, reproduzindo-se em altitudes de 800 a 1.000 metros. A espécie se adapta melhor em climas subtropicais de altitude, onde predominam temperaturas amenas e baixas umidades relativas do ar.

Dentre os fatores ambientais que influem no desenvolvimento da planta, a temperatura é um dos mais importantes. A temperatura ideal para a sua germinação varia de 20 a 25 ºC. Sob temperaturas próximas de 15 ou 35 ºC a germinação das sementes é baixa, e quando estas são submetidas a temperaturas menores que 5 ºC ou maiores que 40 ºC, a sua germinação é praticamente nula.

O tomateiro não tolera geadas, pois baixas temperaturas podem causar a queda prematura de flores e frutos novos. Para a maximização de pegamento de fruto, a faixa ótima de temperatura diurna deve ser de 19 a 24 ºC e a noturna de 14 a 17 ºC. A produção é muito beneficiada por temperaturas diurnas entre 23 e 25 ºC, combinadas com temperaturas noturnas de 18 ºC. Altas temperaturas (acima de 35 ºC) prejudicam a frutificação pela redução na taxa de fertilização.

O processo de maturação do fruto também é muito influenciado pela temperatura tanto em relação à precocidade quanto à coloração, de forma que valores próximos a 10 ºC, assim como superiores a 30 ºC originam frutos de tonalidades amareladas ou manchadas. Sob tais temperaturas, a síntese do licopeno é afetada.

O tomateiro é considerado indiferente ao fotoperíodo. No entanto, baixa intensidade luminosa pode incidir de forma negativa nos processos da floração, fecundação, bem como no desenvolvimento vegetativo.

A umidade relativa ótima oscila entre 60 a 80 %. Umidade relativa muito elevada favorece o desenvolvimento de doenças na parte aérea e o aparecimento de desordens como, por exemplo, as rachaduras dos frutos. Além disso, umidade relativa elevada dificulta a fecundação devido ao pólen ficar compactado, resultando no abortamento de parte das flores. Por outro lado, umidade relativa muito baixa dificulta a fixação do pólen ao estigma da flor, reduzindo o índice de pegamento do fruto.

3.4 Exigências edáficas

A produção de sementes de alta qualidade depende do completo desenvolvimento da planta, sendo, portanto, aconselhável escolher solos leves, friáveis, profundos, permeáveis, bem estruturados, bem drenados e ricos em matéria orgânica e nutrientes minerais. Solos rasos e sujeitos a encharcamento devem ser evitados, por não permitirem uma boa aeração do sistema radicular, além de facilitarem o desenvolvimento de doenças.

3.5 Estabelecimento do campo de produção

O estabelecimento do campo de produção de sementes se dá por meio de mudas para posterior transplantio. A utilização de bandejas multicelulares, contendo substrato comercial

adequado para a produção de mudas, tem sido a técnica mais utilizada na produção de mudas. A profundidade da semeadura deve ser de no máximo 1 cm. As bandejas devem ser mantidas preferencialmente em telados protegidos por telas anti-afídicas, evitando-se, deste modo, a entrada de insetos vetores de viroses. Deve-se manter os telados livres de plantas daninhas, pois estas podem favorecer a proliferação de patógenos e de insetos vetores de doenças.

O transplantio das mudas para o local definitivo deve ser realizado quando as mudas apresentarem de quatro a seis folhas definitivas, o que ocorre entre 20 e 30 dias após a semeadura.

3.6 Escolha da área

O cultivo de tomate para produção de sementes pode ser realizado em campo aberto ou em cultivo protegido, podendo neste último caso ser conduzido no solo ou em containers contendo substratos enriquecidos com nutrientes. Independente do tipo de cultivo deve-se preferir regiões com temperaturas amenas e de baixa umidade relativa do ar; de preferência não cultivada recentemente com outras solanáceas (fumo, batata, berinjela, jiló ou pimentão).

Embora a espécie apresente uma alta taxa de autofecundação, deve-se observar a distância mínima de 20 m entre cultivares, evitando-se, deste modo, a ocorrência de mistura mecânica por ocasião da colheita dos frutos. Além disso, existem genótipos com o estigma projetado para fora do cone formado pelas anteras e, neste caso, o risco de cruzamento por insetos é elevado e portanto, deve-se adotar o isolamento.

3.7 Calagem e adubação

As práticas de calagem e adubação de solo são muito importantes na produção de sementes de tomate, pois esta espécie é bastante exigente em nutrientes minerais. Para recomendação da calagem e adubação deve-se proceder uma análise de solo. Esta espécie apresenta tolerância à acidez moderada, sendo a faixa de pH 6,0 a 6,5 a mais favorável. O Capítulo 5, “Adubação e nutrição”, apresenta com maiores detalhes as técnicas pertinentes.

Em geral, o total de fósforo recomendado é aplicado no sulco por ocasião do plantio, parcelando-se o nitrogênio e o potássio. O aparecimento de frutos ocos (lóculos vazios), com redução na quantidade de sementes, pode estar associado a adubações com altos teores de nitrogênio e baixos teores de potássio.

Em tomate é muito comum o aparecimento da podridão apical (fundo preto) nos frutos, decorrente da deficiência localizada de cálcio no tecido da porção estilar do fruto (Figura 6). Este problema tem sido associado ainda com excesso de adubação nitrogenada e/ou déficit hídrico, e tem sido observado com maior intensidade em cultivares de frutos alongados (italiano ou saladete). O suprimento de cálcio pode ser feito por meio de pulverizações foliares diretamente nos frutinhos em desenvolvimento. Estudos realizados na Embrapa Hortaliças têm mostrado que a deficiência de cálcio nos frutos de tomate não interfere na qualidade fisiológica das sementes.



Foto: Warley M. Nascimento

Figura 6 - Frutos verdes (esquerda) e maduros (direita) com sintomas de podridão apical.

3.8 Tratos culturais

O cultivo de tomate destinado à produção de sementes segue as mesmas exigências e tratos culturais do cultivo de tomate destinado à comercialização dos frutos, tais como: semeadura, obtenção de mudas, transplantio, adubação, controle de pragas, doenças e de plantas daninhas.

Importantes doenças tendo como agente causal fungos, bactérias e vírus podem ser transmitidas e/ou transportadas pelas sementes como a murcha-de-fusário (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*); pinta-preta (*Alternaria solani*); septoriose (*Septoria lycopersici*); mancha-de-cladospório (*Cladosporium fulvum*); podridão-de-esclerotínia (*Sclerotinia sclerotiorum*); cancro-bacteriano (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*); mancha-bacteriana (*Xanthomonas* spp.); pinta-bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*), mosaico do tomate e mosaico-do-fumo (ToMV e TMV, respectivamente). Assim, o controle destas doenças deve ser priorizado, evitando-se a produção de sementes contaminadas.

Recomenda-se, em campos de tomate destinados à produção de sementes, um maior espaçamento entre plantas, facilitando deste modo, as inspeções de campo. A população de plantas irá depender do porte (determinado, semi-determinado ou indeterminado), época, sistema de produção (campo aberto ou cultivo protegido), dentre outros.

A eliminação de plantas fora do tipo, ou "roguing", torna-se obrigatória, uma vez que uma das principais características a serem preservadas num lote de sementes é a sua qualidade genética, expressa pela sua pureza varietal. As inspeções de campo devem ser efetuadas para observar caracteres da planta e do fruto. O ideal é inspecionar o campo em pelo menos três fases: **(1)** Na pré-floração: durante o desenvolvimento vegetativo inicial, para eliminar plantas fora de tipo quanto ao hábito de crescimento e tipo de folhagem. Nesta oportunidade deve-se observar a ocorrência precoce de doenças e pragas específicas do tomateiro, devendo as plantas atacadas ser eliminadas juntamente com os descartes atípicos; **(2)** No início do florescimento e frutificação: deve-se observar o hábito de crescimento, tipo de inflorescência, camada de abscisão, ombro-verde e outros caracteres já presentes, eliminando-se as plantas fora do padrão da cultivar e **(3)** No fim da frutificação: quando a inspeção deverá se concentrar nos frutos, verificando o tamanho, o formato, a cor e outros caracteres externos que facilitem a detecção de misturas varietais. No caso de híbridos, frutos não identificados (não hibridizados) devem ser removidos.

3.9 Técnicas de produção de sementes

Embora existam no mercado cultivares de polinização aberta para o segmento de processamento, a demanda por sementes híbridas é crescente em todo o mundo, mesmo com preços significativamente maiores do que os das cultivares de polinização aberta. Esse aumento de demanda por híbridos é motivado pelas vantagens que propiciam aos produtores e consumidores, destacando-se: aumento da produtividade, precocidade, maior uniformidade, melhor padronização e qualidade dos frutos, maior resistência a pragas e doenças, melhor conservação pós-colheita e gasto reduzido de sementes por unidade de área. No caso do segmento de processamento industrial, as principais vantagens dos híbridos em relação às cultivares comuns são: maior rendimento, ciclo mais curto e maturação concentrada, ampla gama de resistência ou tolerância a doenças limitantes.

Para as empresas de sementes constitui uma garantia natural de proteção varietal, o que não ocorre com as cultivares de polinização aberta, cuja multiplicação é facilitada pelo fato da espécie ser autógama.

A produção de sementes híbridas de tomate é uma atividade complexa, que requer de 2 a 3 pessoas treinadas trabalhando 5 a 6 semanas para cada 0,1 ha de plantas indeterminadas ou 4 a 6 pessoas por 3 semanas para mesma área de plantas determinadas. Além disso, exige o domínio de habilidades, conhecimento, experiência prática e uma especial atenção a detalhes (Figuras 7 e 8).



Foto: Warley M. Nascimento

Figura 7 - Produção de sementes híbridas de tomate em cultivo protegido.

A produção de sementes de cultivares de polinização aberta segue as mesmas recomendações para a produção comercial de frutos de tomate, tomando-se obviamente todos os cuidados com o isolamento, “roguing”, controle de pragas e doenças. A seguir serão discutidas as diversas etapas na produção de sementes híbridas, feita por meio da emasculação (retirada dos estames das flores no progenitor feminino) e posterior polinização manual.



Foto: Warley M. Nascimento

Figura 8 - Produção de sementes de tomate de cultivares de polinização aberta em campo.

3.9.1 Isolamento

Nas cultivares modernas de tomate a taxa de alogamia é desprezível, não havendo necessidade de isolamento dos parentais masculino e feminino. No entanto, existem genótipos com o estigma para fora do cone de anteras, e nesse caso o risco de cruzamentos por insetos é elevado; portanto, deve-se adotar o isolamento para evitar contaminação com pólen estranho.

3.9.2 Seleção dos parentais

Ambos os parentais devem ser puros, preferencialmente com no mínimo seis gerações de autofecundação. Na execução de cruzamentos para obtenção de sementes híbridas, qualquer linhagem pode ser escolhida para ser o parental feminino ou o parental masculino; todavia deve ser escolhida como parental feminino aquela que tem maior capacidade de produção de sementes. Deve-se dispor de quantidade de pólen suficiente para execução dos cruzamentos planejados: a proporção recomendada de plantas polinizadoras para plantas femininas é de 1:4. O parental polinizador deve ser semeado duas a três semanas antes do feminino, para garantir disponibilidade de pólen desde o início da operação de cruzamento.

3.9.3 Emasculação

Deve ser iniciada de 55 a 65 dias após o semeio. No progenitor feminino, as flores do primeiro cacho devem ser eliminadas. Os botões florais do segundo cacho, que abrirão em 2 a 3 dias, são escolhidos para serem emasculados. Pinças, tesouras, canivetes, luvas e as mãos dos operários devem ser desinfetadas com álcool antes de iniciar as emasculações. Na execução dessa operação, devem ser usadas pinças afiadas para facilitar a aberta dos botões e remoção do cone de anteras (Figura 9). Algumas sépalas devem ser cortadas para facilitar, na hora da colheita, a identificação de frutos que eventualmente foram autofecundados (Figura 10). Pode-se também identificar as

flores (ou cachos) hibridizadas com grampos ou etiquetas. Este último processo é mais custoso e de maior risco, uma vez que estas marcas podem se perder.

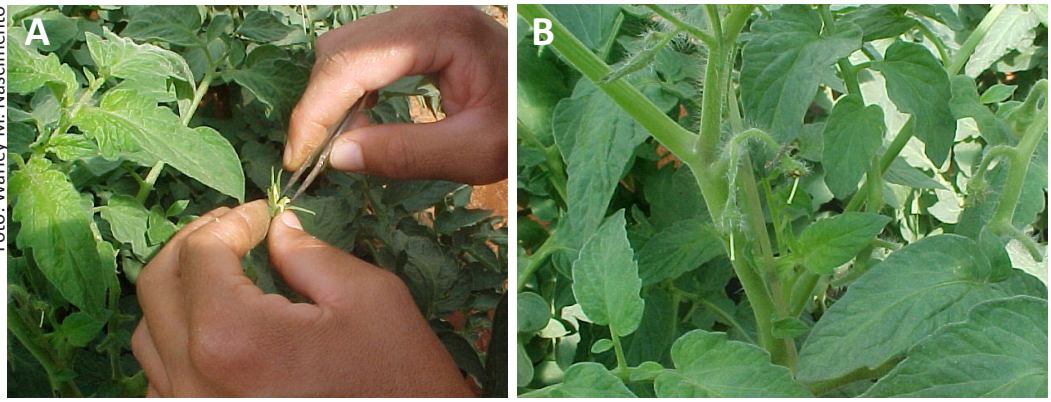


Foto: Warley M. Nascimento

Figura 9 - Processo de emasculação, utilizando pinças (A); (B) flores emasculadas.



Foto: Warley M. Nascimento

Figura 10 - Sépalas cortadas identificando frutos provenientes de flores hibridizadas.

3.9.4 Coleta de pólen

As flores do parental masculino devem ser coletas para extração de pólen nas primeiras horas da manhã, antes da abertura das anteras (Figura 11). Não se recomenda a coleta de pólen em manhãs de dias chuvosos. O cone de anteras deve ser removido das flores e colocado em envelopes de papel manteiga para secar. A secagem dos cones de anteras é realizada colocando os envelopes a 30 cm de uma lâmpada de 100 W por 24 h. A lâmpada cria uma temperatura de secagem de cerca de 30 °C. O pólen pode ser secado também ao sol.



Foto: Alice Quezado

Figura 11 - Flores coletadas para extração de pólen.

Os cones de anteras secos devem ser colocados em um pote de plástico coberto com uma malha fina (200-300 mesh) vedado com uma tampa. Em seguida, o pote é vigorosamente balançado 10 a 20 vezes, e desse modo, o pólen é coletado na tampa. Logo depois o pólen é transferido para um pote pequeno, mais fácil de manusear. O pólen pode ser mantido à temperatura ambiente moderada por um dia. Pólen fresco proporciona melhor pegamento de fruto. Quando a temperatura não for adequada para a polinização, o pólen pode ser estocado em cápsulas devidamente seladas e mantidas no freezer (4 °C) por cerca de um mês. Sem congelamento, o pólen pode ser mantido em geladeiras comuns por 2 a 3 dias sem perda significante de viabilidade. As cápsulas contendo pólen devem ser retiradas do freezer e mantidas fechadas até descongelarem em temperatura ambiente. Com isso, se previne que o pólen fique úmido. O grão de pólen pode também ser retirado de flores recém colhidas utilizando um vibrador manual adaptado (Figura 12).



Foto: Warley M. Nascimento

Figura 12 - Coleta de grão de pólen utilizando um vibrador manual adaptado.

3.9.5 Polinização

A operação de polinização pode ser feita no mesmo dia da emasculação das flores do parental feminino ou até dois dias após. Não se recomenda fazer polinizações em dias chuvosos. O estigma deve ser exposto, para facilitar as polinizações. A operação é executada encostando o estigma no recipiente contendo pólen (Figura 13).



Foto: Warley M. Nascimento

Figura 13 - Operação de polinização.

A polinização é feita três vezes por semana, num período de 3 a 5 semanas. Polinizações bem sucedidas são facilmente observadas em uma semana, com o início do desenvolvimento dos frutos. Quando a operação de cruzamento é concluída, recomenda-se remover qualquer flor não-polinizada, para reduzir a frequência de contaminação de sementes autofecundadas antes da colheita.

3.9.6 Produção de frutos

O número de frutos por planta depende do tamanho do fruto do parental feminino. Como regra, recomenda-se 30 frutos para linhagens que produzem frutos grandes; 40 frutos para linhagens que produzem frutos medianos e 50 ou mais frutos para aquelas que produzem frutos pequenos. Os frutos híbridos são facilmente reconhecidos por suas sépalas cortadas.

Todos os frutos naturalmente polinizados (não-híbridos) devem ser removidos da linhagem materna, a fim de minimizar a mistura acidental deles com os que foram hibridizados. Ademais, os frutos não-híbridos "roubam" nutrientes dos frutos que foram hibridizados.

3.10 Colheita dos frutos

Deve-se dar preferência à colheita manual dos frutos, fazendo com isso uma seleção daqueles típicos da cultivar, maduros, plenamente desenvolvidos, apresentando coloração avermelhada e livres de ataques de pragas e doenças (Figuras 14 e 15). No caso de produção de sementes híbridas, deve-se colher somente aqueles frutos marcados (hibridizados).



Figura 14 - Colheita manual de frutos.



Figura 15 - Frutos maduros.

Fotos: Warley M. Nascimento

Os frutos amadurecem cerca de 50 a 60 dias após a abertura das flores/polinização, mas este período pode se prolongar caso ocorram baixas temperaturas. Deve-se manter os frutos na planta até atingirem a completa maturação. Isso permite um normal e completo desenvolvimento das sementes. Colheitas precoces necessitam de um período de repouso pós-colheita para que as sementes atinjam a maturação fisiológica. Se as condições climáticas e a disponibilidade de mão de obra, caixaria e transporte permitirem, a colheita

deverá ser efetuada preferencialmente no período da manhã, para que a extração se dê à tarde. Este procedimento faz com que o suco e as sementes extraídas dos frutos fermentem sob temperaturas mais amenas, com reflexos positivos sobre a qualidade das mesmas.

A germinação das sementes dentro dos frutos (viviparidade) é uma anormalidade fisiológica, podendo ocorrer em determinadas cultivares, quando os frutos encontram-se excessivamente maduros, ou em frutos atacados por determinados patógenos (ex. *Alternaria alternata*). A aplicação excessiva de adubos nitrogenados, bem como de produtos promotores da síntese de etileno (Ethefon®), também favorece a germinação das sementes dentro dos frutos.

3.11 Extração de sementes

Antes da extração das sementes, os frutos podem ser lavados ou não. Eles devem permanecer por alguns dias armazenados em galpões frescos e ventilados antes da extração, visando a completa maturação fisiológica das sementes. A extração se dá, em geral, por esmagamento dos frutos em equipamento mecânico, o qual separa as sementes e parte do suco da polpa e da placenta (Figura 16). Pequenas quantidades de sementes podem ser extraídas de frutos cortados com auxilio de facas.

Fotos: Warley M. Nascimento



Figura 16 - Extração das sementes utilizando um equipamento mecânico.

Uma das etapas da extração de sementes de tomate consiste na remoção da sarcotesta, que é uma capa gelatinosa (mucilagem), rica em pectina, que envolve as sementes. A fermentação das sementes tem o objetivo de retirar/eliminar a camada mucilaginosa que as recobre, com o propósito de aumentar a conservação, facilitar a semeadura e reduzir a infecção por doenças transmitidas por sementes. A fermentação pode ser feita pelos métodos natural ou químico. No primeiro, as sementes recém-extraídas devem ser colocadas em baldes de plástico ou tonéis de madeira e o simples repouso do suco com sementes por 24 a 48 horas é o suficiente para que se desenvolva a digestão natural da gelatina protetora, sem que a semente perca vigor ou inicie a germinação. Recomenda-se não adicionar água durante este processo, pois poderá haver mudanças no potencial osmótico da solução, induzindo a germinação das sementes durante a fermentação. Trabalhando-se sob temperaturas altas (> 25 ºC), o tempo de fermentação deve ser menor, mais próximo de 24 horas; sob temperaturas mais amenas (< 25 ºC) a duração do processo deve ser maior, próxima de 48 horas. Tempos menores que 24 horas geralmente não permitem uma fermentação completa da mucilagem, formando grumos de sementes e influindo negativamente no processo de tratamento, embalagem e semeadura, e, também, na qualidade sanitária das mesmas. Tempo de fermentação superior a 48 horas normalmente induz a aceleração do metabolismo e o maior consumo de reservas, resultando em sementes com uma coloração mais escura, que comumente apresentam decréscimos nas suas taxas de germinação e vigor, podendo em casos extremos iniciar o processo de germinação. A fermentação reduz a contaminação pela bactéria *Clavibacter michiganense* subsp. *michiganensis*, causadora do cancro-bacteriano (Figura 17).



Fotos: Warley M. Nascimento

Figura 17 - Processo de fermentação natural da polpa.

No segundo método (químico), diversos produtos podem ser utilizados com sucesso para tal fim, sendo eles o ácido clorídrico, o hidróxido de sódio, o hidróxido de amônio e o hipoclorito de cálcio, em concentrações e tempos variáveis. O produto químico mais empregado na prática é o ácido clorídrico (ácido muriático) concentrado, em virtude da maior rapidez e economia do processo; ademais, o produto proporciona uma coloração mais clara e brilhante às sementes, dando ao lote um excelente aspecto visual. A concentração e o tempo de exposição geralmente são considerados objeto de segredo pelas grandes companhias, apesar de combinações específicas já terem sido avaliadas com sucesso no âmbito da pesquisa, como por exemplo: 10 mL de ácido clorídrico a 36 % para 4 kg de polpa por 15 minutos. A utilização de ácido clorídrico permite também a redução do vírus do mosaico do fumo e do tomate (TMV e ToMV, respectivamente) nas sementes. Algumas empresas estão realizando a fermentação natural seguida da utilização de ácido clorídrico. Em qualquer um dos métodos é importante revolver periodicamente a massa de sementes no intuito de homogeneizar a mesma e obter uma fermentação mais uniforme. O suco e as sementes submetidas à fermentação, quando não agitados, tendem a se separar em fases, ficando a parte líquida no fundo e as sementes com os restos de mucilagem na superfície. Esse procedimento favorece o aparecimento de fungos ou larvas de moscas, ambos prejudiciais para a qualidade do produto.

Uma vez encerrada a fermentação, ou após a extração pelo método químico, as sementes podem ser lavadas por processo intermitente ou contínuo. O primeiro é mais utilizado para pequenas quantidades de sementes, fermentadas em contentores menores que 50 L, facilmente manuseáveis por uma pessoa. Água limpa deve ser adicionada à massa de sementes para diluir a mucilagem fermentada e fazer com que as sementes migrem para o fundo do recipiente, o que permite separar a parte sobrenadante, jogando-a em uma vala ou sarjeta de descarga. Esse procedimento deve ser repetido até que as sementes estejam limpas e livres de qualquer tipo de impureza.

O segundo processo é mais utilizado para grandes quantidades de sementes, fermentadas em tonéis de madeira ou tanques de cimento ou metálicos (Figura 18). Nesse processo, a massa fermentada contendo sementes é vertida em uma calha onde existe água em circulação e um sistema de comportas para reter as sementes. A água em movimento possibilita a agitação das sementes, que naturalmente se separam da mucilagem fermentada, permanecendo no fundo da calha. Estas sementes são posteriormente retidas pelo sistema de comportas. A água suja, contendo todas as impurezas oriundas da polpa, passa sobre as comportas e se perde na extremidade final da calha, em direção geralmente a um curso d'água ou tanque de decantação.



Fotos: Warley M. Nascimento

Figura 18 - Lavagem das sementes em tanques metálicos.

3.12 Secagem das sementes

A secagem de sementes recém-saídas da lavagem deve ser criteriosa, para evitar perdas de qualidade. As sementes de tomate saem da lavagem com níveis próximos de 40 a 50% de umidade, incompatíveis com altas temperaturas de secagem. Para retirar a umidade superficial, pode-se utilizar centrífugas, minimizando assim o risco das sementes iniciarem o processo de germinação durante a secagem.

A faixa ideal para secagem de sementes compreende o intervalo de 32 a 42 ºC. Sementes úmidas de tomate devem ser espalhadas sobre peneiras de tela fina e colocadas em locais sombreados e ventilados, à temperatura ambiente, para que a perda da umidade superficial não seja muito brusca. Em seguida, sugere-se transferí-las para uma sala ventilada, com a temperatura ajustada para 32 ºC, permanecendo por cerca de 24 horas. Posteriormente, para completar o processo, as sementes devem ser submetidas à temperatura de 38 ºC em secadores ou estufas elétricas, onde perderão água até atingirem 6 % de umidade, ideal para acondicionamento em embalagens herméticas. Durante as várias fases de secagem, recomenda-se revolver as sementes evitando assim, o agrupamento (“empelotamento”) e permitindo a homogeneização da umidade. Com isso, evita-se ainda injúrias por excesso ou deficiência de secagem de algumas partes do lote.

Pode-se ainda utilizar a secagem natural ao sol, tomando-se o cuidado de revolver as sementes periodicamente (Figura 19). Em maiores quantidades de sementes, principalmente na produção de sementes de cultivares de polinização aberta, as empresas de produtoras de sementes têm utilizado secadores horizontais, com temperaturas próximas a 40 ºC (Figura 20).

Fotos: Warley M. Nascimento



Figura 19 - Secagem das sementes ao sol.

Fotos: Warley M. Nascimento



Figura 20 - Secagem horizontal das sementes.

3.13 Beneficiamento das sementes

Inicialmente, deve-se retirar os tricomas, ou seja, a pilosidade que envolve o tegumento das sementes. Isto permitirá uma maior eficiência durante a semeadura, além de propiciar um melhor aspecto visual às sementes. Para isto, utilizam-se equipamentos de

múltiplos propósitos, que conseguem pressionar a massa de sementes contra uma chapa cilíndrica de ferro fundido e assim remover os tricomas presentes no tegumento, sem causar danos mecânicos às mesmas e prejudicar a germinação e o vigor. O desaristador, equipamento comumente utilizado no beneficiamento de sementes de cenoura, pode ser utilizado para este fim. Para maior eficiência do processo, as sementes devem estar secas (6 a 7 % de umidade), passando em seguida por máquinas de ar e peneiras, mesa de gravidade ou simplesmente por sopradores pneumáticos (Figura 21), eliminando assim restos de tricomas, de película e de placenta.



Fotos: Warley M. Nascimento

Figura 21 - Limpeza de sementes utilizando um soprador pneumático.

3.14 Rendimento de sementes

O rendimento de sementes é bastante variável e dependerá de diversos fatores (ambiental, nutricional, etc.) e principalmente do tipo do fruto de tomate em cada segmento (cereja, italiano, salada, indústria, etc.). A cultivar também interfere no rendimento das sementes. Em cultivares de polinização aberta, destinadas à indústria, tem-se conseguido uma relação de 0,2 a 1%, ou seja, de 2 a 10 kg de sementes para cada tonelada de frutos. Assim, produtividades de sementes variando de 250 a 400 $kg.ha^{-1}$ podem ser obtidas em nossas condições.

Já na produção de sementes híbridas, dependendo das linhas parentais utilizadas, pode-se colher até 7 a 8 g de sementes por planta. Na produção comercial de sementes híbridas de tomate BRS Sena (cultivar da Embrapa Hortaliças), por exemplo, produções de sementes híbridas de 0,17 $g.fruto^{-1}$ e 5,7 $g.planta^{-1}$ (média de 32 frutos por planta) foram obtidas na região do Rio Grande do Sul.

3.15 Tratamento das sementes

Diferentes tipos de tratamentos de sementes podem ser realizados, objetivando melhor germinação e emergência das plântulas em campo. As sementes de tomate podem ser tratadas por via seca ou úmida logo após o beneficiamento.

O tratamento anti-fúngico de sementes tem por objetivo eliminar algum microrganismo associado às sementes e/ou proteger as sementes durante a fase de germinação e emergência. Os princípios ativos comumente utilizados são o Thiram® e Captan®.

Vários métodos alternativos para o tratamento de sementes têm sido propostos; entre eles, o tratamento de sementes via calor seco (termoterapia) vem despertando interesse, por controlar diversos tipos de patógenos. Nesse tratamento, as sementes são submetidas à temperatura de 70 °C por 48 horas, para o controle de algumas viroses, como o TMV ou ToMV. A utilização de calor úmido (água quente), a temperaturas próximas a 50 °C durante 30 minutos, pode controlar bacterioses internamente às sementes; entretanto esta técnica requer um maior cuidado na manutenção do binômio tempo/temperatura.

A aplicação de película ("film coating") nas sementes, como protetor, pode ser realizada para se ter melhor uniformidade e eficiência no tratamento fungicida das sementes, além de permitir melhor visualização das mesmas por ocasião da semeadura.

Outro tratamento que pode ser utilizado visando melhor germinação das sementes de tomate, principalmente em condições de estresses, como baixas temperaturas e salinidade, é o condicionamento osmótico (*seed priming*). Soluções osmóticas de polietilenoglicol (PEG) ou nitrato de potássio, dentre outras, podem ser utilizadas. Este tratamento permite maior rapidez e uniformidade na germinação das sementes e menor risco durante o estabelecimento de plântulas no campo.

Uma vez que as sementes de tomate são pequenas e apresentam forma irregular, a peletização das sementes é outro tratamento que pode ser empregado para melhorar a distribuição das sementes durante a semeadura.

Todos estes tratamentos listados acima geralmente são realizados pelas empresas de tecnologia de sementes, utilizando equipamentos, produtos e técnicas sofisticadas.

3.16 Embalagem e armazenamento das sementes

O grau de umidade das sementes deve situar-se em torno de 6 % para o acondicionamento em embalagens à prova de umidade, como latas ou sacos aluminizados (*pouches*). Em cultivares de polinização aberta destinados a agroindústria, as sementes são acondicionadas em baldes plásticos com capacidade de até dez quilos. Nos últimos anos, tem-se observado a comercialização de sementes híbridas em milheiros (MX), ou seja, embalagens contendo apenas 1000 sementes (cerca de 3,5 gramas).

As sementes devem ser armazenadas em ambiente refrigerado, à temperatura de 4 ºC para conservação a médio prazo (menos de 10 anos), e à temperatura de -20 ºC para conservação a longo prazo (mais de 10 anos). Lotes pequenos de sementes podem ser mantidos em refrigeradores (geladeiras), em recipientes hermeticamente fechados. Locais quentes, úmidos e pouco ventilados devem ser evitados, pois esta condição é favorável à deterioração mais rápida das sementes, que podem perder vigor, reduzir a germinação e até perder a viabilidade em curto espaço de tempo.

3.17 Avaliação da qualidade das sementes

Cada lote de sementes deve ser amostrado e submetido aos testes de germinação e pureza exigidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA. As Regras para Análise de Sementes (RAS) do MAPA prescrevem que as sementes de tomate devem ser testadas nos substratos “entre papel” (EP) ou “sobre papel” (SP). A temperatura recomendada é a de 20 ºC (16 horas) a 30 ºC (8 horas). A primeira contagem das plântulas normais deve ser feita aos cinco dias e a contagem final aos 14 dias após a instalação do teste. Em caso de dormência, as RAS prescrevem o uso de KNO_3 e luz durante a germinação.

A Portaria Ministerial nº 457, de 18 de dezembro de 1986, estabelece os padrões para distribuição, transporte e comércio de sementes fiscalizadas de tomate, em todo o território nacional:

- Pureza (mínima em 7g): 98%
- Germinação (mínima): 75%
- Sementes cultivadas (outras cultivares e espécies) (máximo em 7 g): (4)
- Sementes silvestres (máximo em 7 g): (8)
- Sementes nocivas (máximo em 15 g):

a) Proibidas: (0)

b) Toleradas: (5)

Os testes de emergência das plântulas em campo, velocidade de emergência ou o teste de envelhecimento acelerado podem determinar o vigor das sementes. Neste último teste, recomenda-se o período de 72 h em uma temperatura de 41 °C.

A análise sanitária, que avalia a incidência de patógenos associados às sementes, sejam fungos, bactérias ou vírus, também deve ser realizada para conhecimento da qualidade sanitária das sementes. Testes aplicados a cada grupo desses microrganismos estão disponíveis em análise de rotina. Para sementes híbridas, testes morfológicos, bioquímicos ou moleculares podem ser utilizados para verificar a pureza varietal ou genética do lote.

3.18 Referências

ARGERICH, C.; GAVIOLA, J. C. **Produción de semilla de tomate**. Mendoza: INTA, 1995. 163 p. (INTA. Fascículo, 6).

ANDRADE, K. P.; NASCIMENTO, W. M.; FREITAS, R. A. Qualidade fisiológica de sementes de tomate provenientes de frutos com podridão apical. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 1, 2006. Suplemento. CD Rom. Trabalho apresentado no 46º Congresso Brasileiro de Olericultura, Goiânia, 2006.

ARAÚJO, M. L. de. Produção comercial de semente híbrida F1 de tomateiro. In: CASALI, V. W. D. (Cood.). **Seminários de Olericultura**. Viçosa, MG: UFV, 1987. v. 13, p. 107-121.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV. 1992. 365 p.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. rev. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2003. 412 p.

FONTES, P. C. R.; MARTINEZ, H. E. P. Programa de adubação mineral do tomateiro para mesa, no solo e em hidroponia. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, V. 24, N. 219, P. 35-42, 2003.

GEORGE, R. A. T. **Vegetable seed production**. London: Longman, 1985. 318 p.

GIORDANO, L. B; ARAGÃO, F. A. S.; BOITEUX, L. S. Melhoramento genético do tomateiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 24, n. 219, p. 43-57, 2003.

LOPES, C. A.; AVILA, A. C. (Ed.). **Doenças do tomateiro**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2005. 151 p.

MELO, P. C. T. Produção de sementes de tomate. In: CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS, 10., 2010, Brasília, DF. **Palestras...** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2010. CD-ROM.

MELO, P. C. T.; RIBEIRO, A. **Produção de sementes de tomate: cultivares de polinização livre e híbridos**. IN: CASTELLANE, P. D.; NICOLOSI, W. M.; HASEGAWA, M. (COORD.). Produção de sementes de hortaliças. Jaboticabal: FUNEP: SOB: UNESP, 1990. p. 193-224.

NASCIMENTO, W. M. Produção de sementes de tomate. In: CURSO SOBRE TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE SEMENTES DE HORTALIÇAS, 4., 2004, Brasília. Palestras... Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2004. CD-ROM.

NASCIMENTO, W. M. Produção de sementes. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. (Org.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia: Embrapa Hortaliças, 2000. 168 p.

NASCIMENTO, W. M.; BARROS, B. C. G.; PESSOA, H. B. S. V. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de tomate. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 15, n. 2, p. 251-253, 1993.

NASCIMENTO, W. M.; MIRANDA, J. E. C.; MORAES, M. H. D. Avaliação da qualidade de sementes de tomate para indústria. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 8, n. 2, p. 31, 1990.

NASCIMENTO, W. M.; PESSOA, H. B. S. V.; SILVA, J. B. C. Remoção da mucilagem e seus efeitos na qualidade de sementes de pepino e tomate. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 12, n. 2, p. 169-172, 1994.

NASCIMENTO, W. M.; SILVA, J. B. C.; PESSOA, H. B. S. V. Produção de sementes de tomate para indústria em Brasília. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 12, n. 2, p. 196-198, 1994.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B.; BOITEUX, L. S.; LOPES, C. A.; FRANÇA, F. H.; SANTOS, J. R. M.; FURUMOTO, O.; FONTES, R. R.; MAROUELLI, W. A. **Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para industrialização**. Brasília, DF: EMBRAPA-CNPH, 1994. 36 p. (EMBRAPA-CNPH. Instruções Técnicas, 12).

SILVA, R. F. da; CASALI, V. W. D. Produção de sementes do tomateiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 6, n. 66, p. 35-36, 1980.

VIDIGAL, D. S.; DIAS, D. C. F. S.; NAVEIRA, D. S. P. C.; ROCHA, F. B.; BHERING, M. C. Qualidade fisiológica de sementes de tomate em função da idade e do armazenamento pós-colheita dos frutos. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, DF, v. 28, n. 3, p. 87-93, 2006.

Capítulo 04
PRODUÇÃO DE MUDAS

4.1 Introdução 79
4.2 Estruturas de um viveiro profissional 80
4.3 Aspectos técnicos da produção de mudas 81
4.3.1 Qualidade da água 81
4.3.2 Qualidade do substrato 82
4.3.3 Qualidade da semente 82
4.3.4 Recipientes (bandejas) 83
4.3.5 Fertilizantes 84
4.3.6 Agroquímicos 85
4.4 O processo de formação de mudas 86
4.4.1 Preparação para a semeadura ou Estágio zero 86
4.4.2 Procedimentos com as sementes 86
4.4.3 Procedimentos com os substratos 86
4.4.4 Material de cobertura 87
4.4.5 Escolha do tipo de bandeja 87
4.4.6 Operação de semeadura 87
4.4.7 Umidade do substrato para o enchimento das bandejas 87
4.4.8 Enchimento das bandejas com substrato 88
4.4.9 Coveamento e semeadura 88
4.4.10 Cobertura das sementes e molhamento pós-semeadura 88
4.4.11 Câmara de germinação 89
4.4.12 Os quatro estágios da produção de mudas 89
4.5 Dicas importantes para o transplantio 99
4.6 Referências 100

Capítulo 04
PRODUÇÃO DE MUDAS

Gelson Goulart da Silva Lima
Abadia dos Reis Nascimento
Naira Adorno de Ázara

4.1 Introdução

A produção de mudas de tomate para fins industriais em recipientes multicelulares, ou simplesmente bandejas, iniciou-se no Brasil em 1994, com a implantação dos viveiros Brambilla, Vivati e EMRA, localizados na região de Araçatuba (SP). O surgimento desses viveiros foi motivado pela adoção desse novo sistema pela empresa de atomatados Etti e por alguns produtores das regiões de Lourdes, Guararapes e Piacatu, municípios localizados a noroeste do Estado de São Paulo. Esses produtores já utilizavam mudas produzidas em bandejas para implantação das lavouras de tomate e pimentão para consumo *in natura*. Essas mudas eram produzidas por viveiros da região de Campinas (SP), principalmente pelo viveiro Gioplanta, localizado no município de Monte Mor.

Antes de 1994, praticamente todo tomate cultivado para a indústria de processamento era produzido pelo sistema de semeadura direta das sementes no solo, exigindo assim o raleamento aos 15 dias após a germinação. A mudança do sistema de semeadura das sementes diretamente no solo pelo transplantio, utilizando mudas produzidas em bandejas, ocorreu por dois motivos principais: viabilizar a implantação de variedades híbridas com maior potencial produtivo, mas com um maior custo unitário de sementes, bem como eliminar a operação de raleamento, que exigia, na época, aproximadamente 10 diárias por hectare. Após alguns anos da utilização desse novo sistema, novas vantagens foram sendo observadas como: melhor controle de plantas infestantes, *stand* final mais uniforme, melhor aproveitamento da adubação e ganhos na produtividade.

O fato é que a mudança no sistema de implantação da cultura do tomate para processamento industrial, associada aos avanços tecnológicos, principalmente na mecanização do transplantio e da colheita, possibilitou a elevação da produtividade da cultura.

Os viveiros também passaram por mudanças significativas no período compreendido entre 1994 e 2004. A evolução tecnológica e a mecanização foram decisivas para elevar o *status* de simples viveiros para o de indústria de mudas. No aspecto tecnológico, as principais mudanças foram: o incremento na quantidade de mudas por m^2 e a substituição das bandejas

de isopor (poliestireno expandido) por bandejas de plástico (polipropileno injetado). Com a mecanização das principais atividades produtivas, os viveiros passaram a ser mais eficientes e competitivos. Dentre as operações que passaram da condição de processo manual para o mecanizado, as mais importantes foram: a semeadura, o sistema de irrigação nas estufas e a lavagem e desinfecção de bandejas.

Concomitantemente às mudanças tecnológicas e à mecanização, os profissionais viveiristas também tiveram que buscar informações e conhecimento especializado sobre a atividade e, assim, realizaram viagens aos países que possuíam uma tecnologia de produção de mudas em bandejas num estágio mais avançado. Essas visitas possibilitaram um salto qualitativo nos processos produtivos, o que permitiu ao Brasil igualar-se em nível tecnológico a países como Itália, Espanha e Israel.

O avanço tecnológico e a mecanização dos viveiros induziram, por consequencia, ao avanço tecnológico nos outros elos da cadeia de produção de mudas, proporcionando maior qualificação dos insumos e equipamentos utilizados nesse setor.

4.2 Estruturas de um viveiro profissional

O viveiro, para atender às necessidades técnicas de produção e adequar-se à legislação atual, deve dispor de um conjunto de estruturas distintas. É conveniente separá-las em três categorias: estruturas básicas, estruturas de produção e estruturas de apoio.

Compreende-se como estrutura básica ou infraestrutura o conjunto de construções e condições que devem estar presentes no local (terreno), necessárias para comportar um viveiro profissional, operando dentro dos critérios técnicos e comerciais. As estruturas básicas são: estradas em boas condições para acesso fácil à malha rodoviária; poço semi-artesiano com água de boa qualidade e em quantidade suficiente; energia elétrica trifásica com transformador compatível à demanda; topografia plana ou terreno com terraplenagem para garantir trânsito interno facilitado e boa drenagem das chuvas; localizar-se geograficamente próximo ao mercado consumidor ou aos clientes e ter quebra-vento em torno do viveiro, preferencialmente plantas de eucalipto.

As estruturas de produção são aquelas utilizadas diretamente para a produção de mudas, sendo, portanto, imprescindíveis. São elas: estufas adequadas à produção de mudas com antecâmara e pedilúvio; depósitos para insumos (substratos, vermiculita, fertilizantes e agroquímicos); depósitos para bandejas e equipamentos (grades e esteiras de transporte); galpão para semeadura; câmara de germinação para a máxima semeadura semanal; reservatórios de água com capacidade de pelo menos cinco vezes o consumo diário e galpão para desinfecção e lavagem de bandejas.

As estruturas de apoio, não menos importantes que as demais, são igualmente necessárias para promover o bem estar social dos colaboradores, a preservação do meio ambiente, garantir a qualidade da produção e dar à atividade um caráter empresarial. As estruturas de apoio são: escritório administrativo; laboratório para análises básicas (condutividade elétrica, pH, etc.); estufa para pesquisas; cozinha com refeitório; banheiros com chuveiros e vestiário; lavador de veículos para a pré-desinfecção dos caminhões; rodolúvio no acesso à produção;

grupo gerador de energia elétrica; reservatório para coleta de água utilizada no processo de desinfecção e lavagem de bandejas, para posterior tratamento e local destinado ao depósito e/ou tratamento do lixo, após coleta seletiva.

Além das estruturas que compõem um viveiro profissional, uma série de equipamentos e máquinas completam a moderna indústria de mudas. Os equipamentos e máquinas atualmente utilizados nos viveiros profissionais permitem a produção em grande escala e proporcionam a qualidade de mudas de que dispomos hoje. Praticamente todas as máquinas e alguns equipamentos são de origem estrangeira ou, quando fabricados no Brasil, são cópias das tecnologias de outros países.

Os equipamentos nacionais que são utilizados nos viveiros, de certa forma, foram adaptados para atender as distintas necessidades da produção de mudas. Até o presente momento, a indústria brasileira não dispõe de fabricantes de máquinas especializadas, obrigando o empresário desse setor a importar da Itália máquinas e equipamentos para viveiro de produção de mudas.

As máquinas e equipamentos mais utilizados na produção de mudas são: misturador de substrato; máquina de semeadura; lavadora de bandejas; empilhadeira ou trator com guincho; esteiras transportadoras; barras de irrigação; grades e paletes para transporte interno; grades e veículos para transporte de mudas.

Existem outros equipamentos que fazem parte do viveiro, seja para dar suporte à produção ou para complementar as estruturas de produção. Esses equipamentos normalmente são encontrados no mercado nacional, sendo os mais importantes: condutivímetros, pH-metros, balanças de precisão, balanças digitais, termo-higrômetros e microscópio ótico.

4.3 Aspectos técnicos da produção de mudas

4.3.1 Qualidade da água

A água é o principal insumo utilizado na produção de mudas, portanto deve ser isenta de contaminações físicas, químicas e biológicas. É utilizada na hidratação do substrato antes do enchimento das bandejas, no molhamento das bandejas após o semeio, nas irrigações diárias, nas fertirrigações e na desinfecção de bandejas e equipamentos, associada ao cloro.

As fontes de águas superficiais, obtidas de rios, córregos, açudes ou de reservatórios pluviosos, embora possam ser utilizadas na produção de mudas, não são recomendadas, pois o risco de contaminações é maior. A fonte indicada para fornecer água aos viveiros profissionais é a subterrânea, ou seja, vinda de poços semi-artesianos. Quando não há possibilidade de utilização de água subterrânea, por questões de custo ou impossibilidade de perfuração de poços, o monitoramente da qualidade da água deve ser constante, para não comprometer a qualidade da muda.

A contaminação física da água com areia, restos vegetais, insetos, entre outros, pode ser eliminada com a utilização de filtros, sendo os mais indicados: filtro de areia, filtro de tela ou filtro de disco. A filtragem da água deve ser realizada antes de ser colocada nos reservatórios.

A contaminação química pode ser de origem natural ou acidental. A contaminação de origem acidental deve ser tratada na origem, eliminando-se a causa dessa contaminação, quando possível, senão essa água não poderá ser utilizada para a produção de mudas. Quando a contaminação for de origem natural, como carbonatos e/ou bicarbonatos de sódio e cálcio, ou outros sais, o ideal seria, após uma análise química, proceder à correção dos níveis desses compostos ou sais. A adição de ácido nítrico, fosfórico ou sulfúrico ajuda a controlar a alcalinidade e baixar o pH ao nível ideal de uso.

Quando a contaminação for biológica, provocada por fungos, bactérias, algas ou outros microorganismos, o tratamento normalmente utilizado é a cloração. O processo de cloração da água é feito adicionando de 5 a 20 $mg.L^{-1}$ de cloro ativo, dependendo do agente contaminador, através de bombeamento equipado com sistema *venturi*, ou utilizando bombas injetoras. O produto comercial mais utilizado para a cloração da água é o hipoclorito de sódio, contendo aproximadamente de 10 a 12 % de cloro ativo. A necessidade de cloração implica no uso de pelo menos dois reservatórios independentes, um com a água a ser tratada e outro que receberá a água após o tratamento. Não é recomendado fazer a cloração diretamente da fonte de captação da água, por risco de contaminação ambiental.

4.3.2 Qualidade do substrato

O substrato utilizado na produção de mudas deve apresentar as características físicas e químicas ideais para a germinação das sementes e o desenvolvimento da muda na bandeja. No Brasil, os tipos de substratos mais utilizados para a produção de mudas em bandejas são constituídos basicamente por dois tipos de materiais vegetais: a fibra de coco e a casca de *pinus*. A adição de turfa, casca de arroz carbonizada, vermiculita, corretivos e fertilizantes, em pequenas quantidades, auxilia na retenção de água, aeração, poder tampão e disponibilidade inicial de nutrientes.

A característica física do substrato, para a produção de mudas, é mais importante do que sua composição química, pois está relacionada principalmente à capacidade de retenção e drenagem de água e consequentemente à aeração.

Quimicamente, um bom substrato deve conter um nível de nutrientes, em equilíbrio, que favoreça um pH em torno de 6,0 e uma disponibilidade de nutrientes para os primeiros dias após a germinação das mudas. Substratos ricos em fertilizantes causam problemas na germinação, devido à salinidade elevada, e promovem um crescimento exagerado da muda, deixando-a estiolada.

Outro aspecto importante é a contaminação do substrato na origem. Essa contaminação pode ser por fungos, bactérias e sementes de plantas infestantes. Ao eleger o fornecedor de substrato, deve-se certificar se no processo de fabricação existe a etapa de desinfecção dos materiais constituintes e por qual processo a desinfecção é realizada.

4.3.3 Qualidade da semente

A semente é o insumo que dá origem à muda. Sua qualidade está relacionada desde a semeadura, germinação, desenvolvimento vegetativo até o momento da saída da muda para o

campo. Normalmente as sementes utilizadas na produção de mudas são variedades híbridas, produzidas por empresas idôneas. Porém, não é raro surgirem problemas que interferem na qualidade deste importante insumo. Podemos classificá-los em duas categorias: não fisiológicos e fisiológicos. Os problemas não fisiológicos se relacionam com a qualidade da semeadura e os problemas fisiológicos com a germinação e os processos subsequentes.

Os problemas não fisiológicos mais comuns são: sementes com tricomas (pêlos), tamanhos diferentes num mesmo lote (calibre), sementes aderidas umas às outras, danificadas (quebradas) e contaminadas por sementes de outras espécies ou por patógenos. Os tricomas, a irregularidade no tamanho e as sementes aderidas dificultam a semeadura mecânica, provocando falhas nas células e muitas células com duplicidade ou triplicidade de sementes. As sementes danificadas normalmente não germinam, produzindo falhas. As sementes contaminadas por patógenos podem comprometer todo um lote de mudas por doenças. No caso da contaminação física por sementes de outras espécies, poderá introduzir na lavoura novas plantas infestantes.

Os problemas fisiológicos mais frequentes são: baixo índice de germinação, índice de vigor baixo e a dormência da semente. A quantidade de sementes germinadas, em um determinado lote, implica no rendimento do viveiro, pois os outros insumos, assim como a mão de obra, empregada nos processos produtivos, não diferem de um lote satisfatoriamente germinado para um de baixa germinação. O baixo vigor relaciona-se com o aproveitamento das mudas no campo, por ocasião do transplantio. Um lote com baixo vigor não produzirá, ao final do ciclo da muda, uniformidade no desenvolvimento, implicando numa muda com sistema radicular ainda não formado. A dormência das sementes também acarreta prejuízos ao viveirista, pois ao não germinarem ou mesmo germinando algumas sementes, descarta-se totalmente o lote por inviabilidade de produção, perdendo-se o substrato e a mão de obra do processo de semeio.

Embora esses problemas sejam importantes, também são previsíveis. É possível evitar perdas econômicas tomando algumas medidas preventivas em relação à qualidade das sementes. A observação visual do lote de sementes, a classificação com peneiras granulométricas e os testes de germinação e vigor, realizados no próprio viveiro, ajudam a detectar tais problemas. No caso da constatação desses problemas, pouco se pode fazer no próprio viveiro para revertê-los, a solução é comunicar ao fornecedor e solicitar a substituição das sementes.

4.3.4 Recipientes (bandejas)

A produção de mudas de tomate iniciou-se com a utilização das bandejas de isopor (poliestireno expandido) de 128 e 200 células, medindo 34 x 68 cm, com aproximadamente 554 e 865 mudas por m^2 respectivamente. As mudas produzidas nessas bandejas eram destinadas basicamente ao plantio do tomate indeterminado para consumo *in natura*.

Com o passar do tempo, a necessidade de competitividade, exigiu que o viveirista otimizasse os espaços, tanto das estufas, quanto no transporte das mudas para o campo; assim passou-se a utilizar a bandeja de 288 células para a produção das mudas de tomate, principalmente destinadas à indústria de processamento. Nesta ocasião a bandeja de 288 células era mais utilizada para a produção de mudas de alface.

A produção foi ajustada, e por um longo período de tempo, as mudas de tomate para a indústria, foram produzidas nas bandejas de 288 células, contendo aproximadamente 11 mL de substrato em cada célula e comportando aproximadamente 1.245 mudas por m^2. Por volta do ano de 2002 surgiu a bandeja de 450 células, também em isopor, com 11 mL em cada célula, representando um salto na taxa de ocupação dos viveiros, passando a comportar 1.946 mudas por m^2.

Com a expansão do consumo de mudas pelas indústrias de atomatados, consequencia da total adesão desse novo sistema de implantação das lavouras, os problemas de contaminação nos viveiros começaram a surgir. Logo o isopor passou a ser substituído pelo plástico (polipropileno injetado). A substituição ocorreu primeiramente com a bandeja de 450 células e posteriormente com todos os outros modelos.

Atualmente quase a totalidade das mudas de tomates para a indústria de processamento é produzida em bandejas de plástico de 450 células. As bandejas de isopor de 128, 200 e 288, assim como as de plástico, ainda são utilizadas por viveiros que trabalham com várias espécies de hortaliças.

Um novo salto na taxa de ocupação dos viveiros de produção de mudas de tomate industrial está em curso. Foi lançada em 2010 a bandeja com 396 células, contendo 11 mL em cada célula, porém com dimensões diferentes das tradicionais bandejas de 34 x 68 cm. A bandeja de 396 células mede 23 x 67,4 cm comportando assim 2.554 mudas por m^2. O ajuste nas técnicas de produção de mudas, utilizando essa nova bandeja, implicará num grande desafio para os viveiristas.

4.3.5 Fertilizantes

O uso sistemático de fertilizantes hidrossolúveis na produção de mudas é recente. Os primeiros substratos eram tão ricos em fertilizantes que praticamente não havia necessidade de complementação nutricional até a maturidade da muda. A partir do adensamento das mudas nas bandejas com mais células, a competição por espaço exigiu a mudança de conceito. Os substratos passaram a ser produzidos com menor adição de fertilizantes para permitir a formação da muda em ambiente adensado. Os substratos utilizados nos anos de 1994 até 1999 tinham a condutividade elétrica (EC) variando entre 2,8 a 3,5 $mS.cm^{-1}$. Hoje os substratos atuais possuem EC em torno de 0,5 a 1,5 $mS.cm^{-1}$.

No início da produção de mudas, mesmo utilizando substratos altamente fertilizados, alguns viveiristas utilizavam fertilizantes para compensar a lixiviação de nutrientes provocada pelo excesso de lavagem no substrato, resultante do processo de irrigação. Os fertilizantes comumente usados eram quase sempre fórmulas prontas. Produtos como os fertilizantes hidrossolúveis 10-52-10, 20-20-20, 14-0-14 e 15-5-30, utilizados em fertigação no cultivo do tomate de mesa, eram amplamente utilizados para corrigir eventuais empobrecimentos do substrato no decorrer da produção.

Em alguns casos, havia viveiristas que utilizavam fertilizantes empregados no cultivo de lavouras a campo, como o adubo formulado “Fosmag”, rico em fósforo e cálcio contendo alguns micronutrientes, para adicionar no substrato, antes do semeio ou aplicando diretamente sobre as bandejas com mudas em desenvolvimento.

Os conhecimentos da hidroponia e do cultivo de plantas em recipientes passaram a ser aplicados na nutrição das mudas em bandejas. Assim, a evolução da técnica de nutrição em mudas, aliada à disponibilidade de novos produtos fertilizantes no mercado brasileiro, os chamados sais binários, proporcionaram um avanço na condução das mudas em bandejas com mais células.

Com a mudança no sistema de irrigação das estufas, de micro-aspersão para barras automatizadas, o uso racional de fertilizantes passou a ser empregado. O viveirista descobriu, enfim, que era possível conduzir uma muda de tomate de forma controlada, utilizando fertilizantes específicos, via fertigação.

Dentre os sais mais utilizados na fertigação de mudas de tomate industrial contendo os macronutrientes, temos: nitrato de cálcio, nitrato de potássio, nitrato de magnésio, nitrato de amônio, fosfato monopotássico (MKP), fosfato monoamônico (MAP), sulfato de potássio, sulfato de magnésio e cloreto de potássio.

Os sais e quelatos, usualmente empregados para aportar os micronutrientes são: sulfato de manganês, sulfato de zinco, sulfato de cobre, ácido bórico, molibidato de sódio e ferro quelatizado. Embora o uso desses produtos não represente custos significativos, os viveiristas têm preferido utilizar produtos comerciais contendo todos os micronutrientes em proporções adequadas à produção de mudas; é o caso do fertilizante comercial "ConMicros Standard®", que atende em sua composição às necessidades das mudas em todas as fases de produção.

4.3.6 Agroquímicos

O uso de agroquímicos (agrotóxicos e afins) na produção de mudas é feito até os dias de hoje, em caráter empírico. Há raríssimos casos de recomendações de produtos fitossanitários para a produção de mudas. As soluções para os problemas com pragas e doenças foram obtidas através de erros e acertos ao longo do processo evolutivo do setor. A grande maioria dos agrotóxicos utilizados na produção de mudas segue protocolos desenvolvidos pelos próprios viveiristas.

O caso mais notável desses protocolos é o uso de reguladores de crescimento na produção de mudas de tomate industrial. Com o adensamento das mudas pela utilização de bandejas com número elevado de células por m², o uso desses produtos passou a ser mais frequente. Porém, em condições de estufas, muitos problemas surgiram. As dosagens e a época de aplicação sem critérios técnicos têm provocado o "travamento" das mudas no campo e em alguns casos, afetado a produtividade das lavouras.

Um dos graves problemas em viveiros que produzem mudas de tomate industrial é a doença denominada mancha-bacteriana, causada por espécies do gênero *Xanthomonas*. As condições de alta população de mudas na bandeja e as condições climáticas das estufas formam um ambiente favorável à disseminação dessa bactéria, que pode ser veiculada por sementes infectadas. A doença é tratada em mais detalhes no capítulo destinado às doenças do tomateiro (Capítulo 09).

4.4 O processo de formação de mudas

4.4.1 Preparação para a semeadura ou Estágio zero

Antes da operação de semeadura, que determina o início do processo produtivo das mudas, alguns procedimentos são decisivos para que os processos seguintes transcorram de forma satisfatória. Esses procedimentos na pré-semeadura são denominados preparativos para a semeadura ou simplesmente estágio zero. É nesse momento que o viveirista passa a ter em mãos informações importantes para poder gerir os outros estágios da produção.

4.4.2 Procedimentos com as sementes

O conhecimento das condições das sementes é de vital importância. O primeiro procedimento é a chamada "estatística" das sementes, que permite saber se a quantidade de sementes disponível será suficiente para a realização da semeadura pretendida e, posteriormente, saber se a operação de semeadura transcorreu de forma satisfatória.

Através da contagem de um grama de sementes, amostradas de forma representativa, preferencialmente em todas as embalagens e em seguida pesando-se toda semente disponível, é possível determinar com boa precisão a quantidade total de sementes no lote em questão.

Esse procedimento permite ao viveirista saber se as embalagens foram violadas ou se o fornecedor cometeu erros no momento de embalar as sementes. Não é raro em embalagens de sementes, mesmo de empresas idôneas, haver erros nas quantidades. Outro ponto importante; só é possível saber se o processo de semeadura foi satisfatório em relação ao consumo de sementes se este procedimento for realizado.

No momento da realização da estatística das sementes é possível determinar também se haverá necessidade de efetuar a limpeza das sementes, retirando o pó ou outras impurezas que dificultarão a semeadura mecânica, afetando sua qualidade e rendimento.

O segundo procedimento é a realização do teste de germinação e vigor. Normalmente esse teste é feito em duas modalidades, um teste no papel germinador e o outro, feito diretamente na bandeja.

4.4.3 Procedimentos com os substratos

Normalmente o viveirista já tem em mente qual tipo de substrato será utilizado na semeadura do lote programado, porém alguns cuidados devem ser tomados para garantir o objetivo pretendido, principalmente evitando a troca de produtos. O fornecedor disponibiliza na embalagem os dados básicos sobre o substrato. Esses dados são: o tipo, a densidade, a capacidade de retenção de água, o pH e o EC.

Entretanto, sendo um mesmo tipo e um mesmo lote, é importante a realização de análises rápidas de pH e EC para certificar-se da uniformidade do lote em termos químicos. O teste feito com a metodologia 2:1 (água: substrato) em todas as embalagens permite detectar se há volumes fora do padrão. Havendo diferenças no EC entre embalagens, é conveniente separá-las em lotes distintos. Desta forma, o viveirista evita irregularidades no desenvolvimento das mudas nas estufas.

Outros testes devem ser realizados, como a determinação da granulometria dos substratos à base de casca de *pinus*, utilizando as peneiras granulométricas e a determinação de impurezas como fibras longas, no caso de substratos à base de fibra de coco. É possível determinar ainda a densidade e a capacidade máxima de retenção de água no próprio viveiro.

4.4.4 Material de cobertura

A vermiculita é o material utilizado para a cobertura das sementes no processo de semeadura. Esse material é comercializado basicamente em três tipos: superfina, fina e média. O cuidado na escolha do tipo de vermiculita está relacionado com a capacidade deste material em proporcionar um ambiente ideal para a germinação das sementes, no que se refere à retenção de água e aeração.

4.4.5 Escolha do tipo de bandeja

Para a produção de mudas de tomate para processamento industrial utiliza-se, normalmente, a bandeja de plástico de 450 células, porém o viveirista deve estar atento às exigências dos clientes. Não é recomendável a utilização de tipos diferentes de bandejas sem o conhecimento do cliente. Problemas como adaptação às transplantadeiras ou dificuldade para o pegamento das mudas no campo podem ser atribuídos ao tipo de bandeja utilizada na produção de mudas.

4.4.6 Operação de semeadura

Uma boa semeadura, na linguagem do viveirista, representa “meio caminho andado”. Essa operação sem dúvida é de extrema importância para o sucesso da produção de mudas. A qualidade da semeadura implica na qualidade da germinação e nos processos seguintes dos tratos culturais. Os erros cometidos nesta operação dificilmente poderão ser corrigidos posteriormente.

4.4.7 Umidade do substrato para o enchimento das bandejas

Quando são utilizados substratos à base de casca de *pinus*, não é necessária a hidratação prévia, pois esse material já possui as condições satisfatórias de umidade para o enchimento das bandejas.

No caso específico do substrato à base de fibra de coco, é necessário desintegrar e hidratar, por ser comercializado na forma compactada (prensada). Esse processo pode ser manual ou mecânico; o importante é que ao final o material encontre-se nas condições ideais de enchimento das bandejas.

Os viveiros profissionais dispõem de uma máquina chamada de “misturador de substrato”, que realiza essa operação automaticamente, mediante uma programação prévia. Ao final da operação, a máquina descarrega o substrato convenientemente desintegrado e uniformemente hidratado no reservatório da máquina de semeadura.

A umidade ideal para o enchimento das bandejas é aquela em que, tomando uma porção de substrato na mão e exercendo uma forte pressão de aperto, apenas um fio de água é drenado entre os dedos.

4.4.8 Enchimento das bandejas com substrato

"Nem muito compacto e nem muito fofo", isso seria o ideal no que se refere ao enchimento das bandejas com substrato. Como essa afirmativa é subjetiva, não permite estabelecer um padrão mensurável. Não existe um peso ou um volume preestabelecido para cada tipo de célula ou substrato; as variáveis umidade e granulometria interferem consideravelmente nesse processo. O correto é o próprio viveirista determinar um índice que sirva de padrão.

A compactação excessiva provocará dificuldade na drenagem e consequentemente baixa aeração nas células; isso acarretará em mudas com dificuldades no enraizamento por falta de oxigênio na rizosfera. A falta de compactação, por outro, lado provocará uma rápida drenagem da célula, o que dificultará o manejo de água nas irrigações.

No processo de enchimento das bandejas, o aspecto mais importante é a uniformidade. Sendo assim, os lotes de mudas apresentarão um desenvolvimento uniforme se o enchimento das bandejas for também uniforme.

4.4.9 Coveamento e semeadura

Para o tomate, a profundidade de "coveamento" situa-se de 6 a 10 mm. O importante é que também seja uniforme em todas as bandejas. Outro aspecto importante é a centralização das covas. As mudas localizadas no centro das células desenvolvem um sistema radicular também central e não periférico, facilitando a extração das mudas na ocasião do transplantio.

O ideal é que na semeadura apenas uma semente ocupe cada célula da bandeja. Na prática isso só é possível na semeadura manual. Como a semeadura mecânica utiliza o sistema de rolo a vácuo e barras de sopros para retirar o excesso de semente dos orifícios, algumas células apresentarão falhas, outras duplicidade, ou até mesmo triplicidade. Uma boa regulagem permite níveis satisfatórios de precisão. As máquinas de semeadura a vácuo são comercializadas com precisão de 98%, podendo ter 2% de falhas. A qualidade das sementes interfere significativamente nesta precisão. É possível obter 99% de células com sementes e 1% de duplicidade quando as sementes são de excelente qualidade.

4.4.10 Cobertura das sementes e molhamento pós-semeadura

A vermiculita deve cobrir totalmente as sementes, pois é ela quem proporcionará as condições de umidade e aeração que garantirão uma boa germinação. O molhamento após a semeadura deve ser suficiente para garantir o processo de embebição e início de germinação das sementes.

O volume de água a ser aplicado em cada bandeja, após a semeadura, é aquele que se situa próximo à capacidade de retenção do substrato. Para se obter esse volume basta retirar algumas bandejas da linha de semeadura e pesá-las antes do molhamento, em seguida molhar abundantemente até que se observe o início de drenagem na parte inferior das células; esperar que cesse a drenagem e pesá-las novamente. A diferença de peso, antes e após a saturação, será o volume máximo de água a ser utilizado no molhamento das bandejas após a semeadura.

4.4.11 Câmara de germinação

Ao término da semeadura as bandejas são levadas à câmara de germinação. Diferentemente dos países de clima temperado que necessitam de aquecimento nas câmaras de germinação, nos meses de fevereiro, março e início de abril, no Brasil a condição é inversa. Para os viveiros situados nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás, as câmaras de germinação devem manter uma temperatura constante em torno de 28 ºC e uma umidade relativa em torno 80%, para proporcionar uma boa germinação.

Um procedimento importante para quem não utiliza equipamentos para o condicionamento climático nas câmaras de germinação, é o uso de filme plástico do tipo *stretch* para envolver os paletes ou pilhas de bandejas semeadas. O filme em torno das bandejas favorece a manutenção da umidade e temperatura nos níveis adequados.

4.4.12 Os quatro estágios da produção de mudas

A divisão da produção de mudas de tomate em quatro estágios se faz necessária porque possibilita uma compreensão melhor das condições necessárias a serem criadas e aplicadas para alcançar os melhores resultados. As condições ambientais e culturais requeridas pela produção de mudas são diferentes para cada um desses estágios. Os quatro estágios na produção de mudas são definidos a partir do início da semeadura até o momento em que a muda está apta ao transplantio.

a – Estágio 1

O **estágio 1** compreende o período que vai da semeadura até a emissão da radicela (duração ≈ 2 dias). Após o processo de embebição, a raiz principal (radicela) emerge da semente. Nesta fase de início da emergência da radicela, as condições ambientais devem ser de alta umidade e suficiente quantidade de oxigênio em torno da semente.

O **estágio 1** pode ser definido em três fases, chamado de padrão trifásico, como mostra a Figura 1.

Na **fase 1** ocorre a embebição, num período de aproximadamente 24 horas para a semente de tomate em condições ideais, ou seja, temperatura ambiente em torno de 28 ºC e umidade relativa em torno de 80 %. A quantidade de água nas células das bandejas deve ser suficiente para que esse processo ocorra de forma homogênea em todo o lote; assim, tanto a quantidade quanto a uniformidade no suprimento de água imediatamente após o semeio são de fundamental importância. A quantidade de água no molhamento deve estar próxima à capacidade de retenção de água do substrato, assim não faltará água para a completa embebição. As condições ambientais devem ser mantidas estáveis dentro da faixa ideal. Alterações na temperatura ou na umidade afetarão a velocidade e a uniformidade da embebição, e consequentemente afetarão a germinação. Quando se utiliza a câmara de germinação essas condições são garantidas.

Fonte: Ferreira & Borghetti, 2004

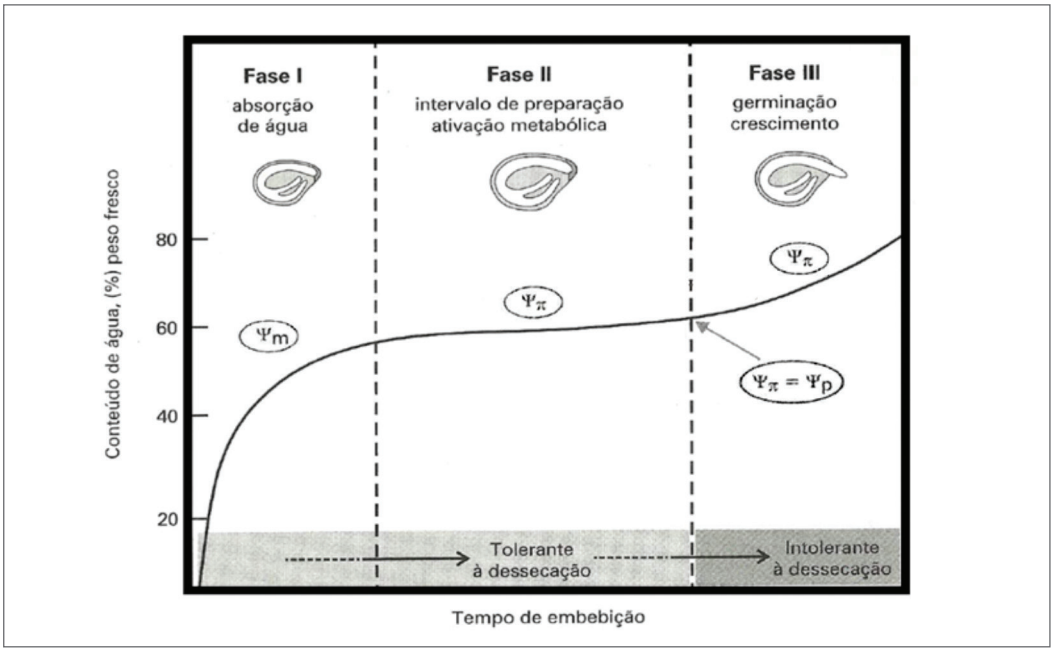


Figura 1 - Representação esquemática do padrão trifásico de absorção de água durante a embebição de sementes, em relação aos conteúdos aproximados de água em que os diferentes eventos do processo germinativo são iniciados.

Para os viveiristas que distribuem as bandejas semeadas diretamente nas estufas, optando por não utilizar câmaras de germinação, os cuidados para garantir as condições ideais de germinação são maiores e mais complexos. As estufas, ao receberem as bandejas semeadas, devem estar cobertas com telas de sombreamento de forma a proporcionar no máximo 5.000 lux na luminosidade interna. Essa condição permite a manutenção da temperatura e da umidade em torno das sementes nos níveis ideais, para que a embebição ocorra de forma satisfatória.

Ao finalizar a distribuição do lote de bandejas na estufa, deve ser feita imediatamente uma irrigação, chamada de irrigação de entrada, para fornecer a água necessária ao processo de embebição. A quantidade de água a ser aplicada, neste caso pode ser ligeiramente superior à capacidade de retenção do substrato. Na prática, quando começa a drenagem das células, observando-se pingos na parte inferior das bandejas, é considerado o ponto máximo de saturação.

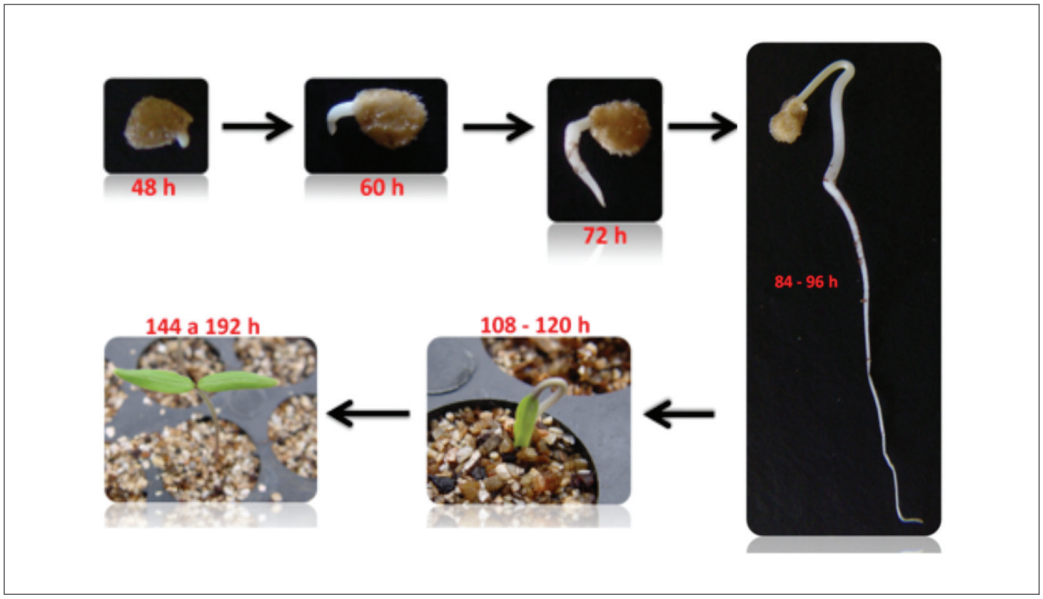
No dia seguinte, quando completar 24 horas da irrigação de entrada, se faz necessária uma irrigação complementar, quando as condições climáticas forem de sol e céu aberto. A quantidade de água é variável, pois o objetivo desta irrigação é prevenir possível secagem nas bandejas, provocada pela ação do vento ou por elevadas temperaturas externas. Essa irrigação complementar é importante para garantir a umidade necessária para as etapas seguintes da germinação e para possibilitar a finalização da embebição de sementes ainda não germinadas.

A **fase 2** é representada pela reativação da respiração e por consequência, o metabolismo é iniciado. Esta fase é relativamente curta para as sementes de tomate, em torno de 12 horas a partir da embebição. Com o aumento da respiração e o início do desenvolvimento da radícula, a disponibilidade de oxigênio em torno da semente deve ser maior. Em câmara de germinação esta condição é proporcionada naturalmente, devido às perdas de umidade nas células ao longo do tempo. Nos lotes de bandejas distribuídas diretamente nas estufas não é recomendado realizar irrigação nesta fase, pois afetará o equilíbrio entre água e ar. A alta umidade é necessária somente no período de embebição.

Na fase 3, a radícula rompe o tegumento e inicia o seu desenvolvimento em direção ao substrato. Esta fase também é curta, com duração de aproximadamente 12 horas a partir da **fase 2**. Para os lotes acondicionados em câmara de germinação, esta fase indica que o momento de transferência das bandejas para as estufas de produção se aproxima. Nesta fase, assim como na **fase 2**, não é necessário promover nenhum molhamento e nem irrigação, no caso dos lotes distribuídos diretamente nas estufas.

b – Estágio 2

O **estágio 2** compreende o período que vai da emissão da radicela até a expansão do cotilédone (duração ≈ 4 a 5 dias). Neste estágio, a radicela penetra no substrato e o caule (hipocótilo), contendo o cotilédone, abandona a semente para emergir. A quantidade de oxigênio requerida para o desenvolvimento da raiz e do caule se torna maior, assim o nível de umidade diminui. Os **estágios 1** e **2**, juntos, são definidos como "Germinação" e é no final do **estágio 2** que se completa o processo germinativo (Figura 2).



Fotos: Gelson G.S.Lima

Figura 2 - Estágio 2 – período que vai da emissão da radicela até a expansão do cotilédone (duração ≈ 4 a 5 dias).

Nas primeiras horas do **estágio 2**, as bandejas acondicionadas em câmara de germinação deverão ser levadas para as estufas de produção. Nas condições de temperatura e umidade ideais, esse momento situa-se entre 60 e 72 horas após a semeadura. Quando a câmara de germinação não possuir controle de temperatura, esse momento da germinação pode variar, principalmente com a queda da temperatura ambiente, acarretando um tempo maior para esse estágio. Para sementes com tratamento *priming* ou osmocondicionamento, esse tempo pode ser menor. A observação constante das sementes nas células é de vital importância para determinar esse momento.

Não se pode permitir que as plântulas iniciem a emergência enquanto as bandejas estão empilhadas na câmara de germinação, pois poderão ocorrer danos, como a quebra de plântulas recém emergidas no momento da distribuição nas estufas.

Ao levar as bandejas germinadas e não emergidas para as estufas, estas devem estar cobertas por telas de sombreamento, para manter as condições favoráveis para uma completa e uniforme emergência das plântulas. A luminosidade ideal varia entre 15.000 e 20.000 lux. Em viveiros localizados em altitudes em torno de 1.000 metros, o uso de telas de sombreamento para este momento específico pode ser dispensado. É recomendável realizar uma irrigação leve para uniformizar a umidade nas bandejas e compensar possíveis perdas ao longo do processo de empilhamento.

Para as bandejas distribuídas diretamente nas estufas, logo após o semeio, o início do **estágio 2** indica a necessidade da remoção de parte das telas de sombreamento. Normalmente aguarda-se o início da emergência de pelo menos 30% das plântulas para fazer a remoção de parte das telas. Esse procedimento de retirada parcial das telas de sombreamento é necessário para elevar a luminosidade para 15.000 a 20.000 lux. Nas condições de sol e céu aberto, após a retirada parcial das telas de sombreamento, uma irrigação leve se faz necessária para restabelecer a umidade perdida. Deve-se lembrar que até este momento nenhum complemento de água foi necessário, nem nas bandejas empilhadas em câmara de germinação, nem naquelas distribuídas diretamente nas estufas.

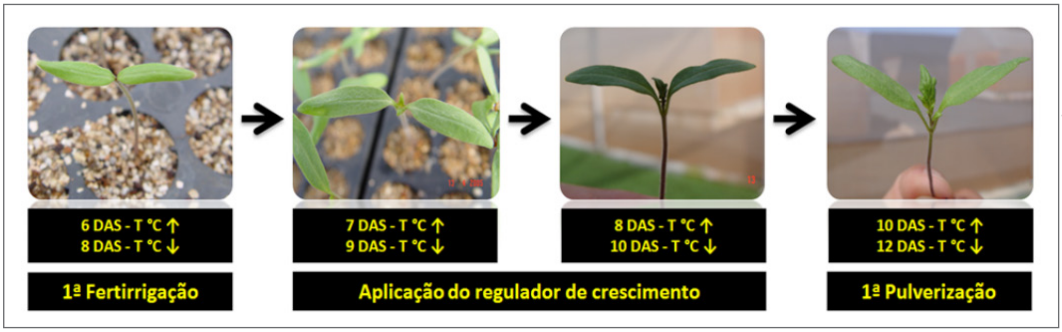
Ao se concluir a emergência das plântulas, todas as telas de sombreamento devem ser retiradas. A permanência de telas de sombreamento após a emergência completa das plântulas pode provocar estiolamento precoce e um aspecto de mudas tenras e frágeis. Na prática, a retirada total das telas de sombreamento ocorre no dia seguinte à retirada parcial.

Com a retirada total das telas de sombreamento, as irrigações devem seguir de acordo com as necessidades. Nesta fase de emergência, o consumo de água pelas plântulas é reduzido, porém o efeito do clima, temperatura e vento causando a evaporação, são os fatores que determinarão o momento e quantidade de água a aplicar. As irrigações neste estágio normalmente são de baixa frequência, uma por dia, e de baixa intensidade. Havendo necessidade de reposição de perdas, observada pelo secamento superficial da vermiculita, é preferível aumentar a frequência que a intensidade.

No **estágio 2** não se realizam tratamentos preventivos com agrotóxicos. No caso da ocorrência de doenças provocadas por fungos, o tratamento deverá ser realizado com o aparecimento dos sintomas. Normalmente a ocorrência do tombamento em mudas de tomate, "*dumping off*", no caso específico do *Pythium* spp. e *Phytophthora* spp, está relacionado com a alta umidade no substrato, excesso de nitrogênio, umidade relativa alta e/ou temperaturas elevadas. Por outro lado, em temperaturas mais baixas, pode ocorrer o ataque de *Rhizoctonia solani*.

c – Estágio 3

O **estágio 3** compreende o período que vai da expansão do cotilédone até o aparecimento do primeiro par de folhas verdadeiras (duração ≈ 4 a 5 dias). Neste estágio, as folhas verdadeiras crescem e iniciam seu desenvolvimento. No final do **estágio 3** o primeiro folíolo estará medindo de 8 a 10 mm e o segundo folíolo medindo de 2 a 5 mm (Figura 3).



Fotos: Gelson G.S.Lima

Figura 3 - Estágio 2 – período que vai da emissão da radicela até a expansão do cotilédone (duração ≈ 4 a 5 dias).

É neste estágio que ocorre uma das mais importantes intervenções no manejo da produção de mudas: a aplicação do regulador de crescimento. A idade ideal para aplicação do regulador de crescimento, em mudas de tomate, não se baseia em dias após a semeadura e sim no desenvolvimento fisiológico da plântula.

O estádio fenológico ideal para a aplicação do regulador de crescimento situa-se na metade do **estágio 3**, quando é possível observar que pelo menos 80% das plântulas já possuem o primeiro par de folhas com aproximadamente 2 a 5 mm de comprimento. As aplicações de reguladores de crescimento, fora do estádio fenológico ideal, especificamente aquelas realizadas no **estágio 3**, podem ocasionar problemas como folhas encarquilhadas e "travamento" das mudas após o transplantio.

O produto químico mais utilizado como regulador de crescimento em mudas de tomate é o Folicur 200 EC®. O princípio ativo paclobutrazol tem sido utilizado normalmente em outros países, porém não possui registro no Brasil para a cultura do tomate.

Ainda no início do **estágio 3**, ao utilizar substrato com baixa fertilidade - EC em torno de 0,5 $mS.cm^{-1}$ a 1,0 $mS.cm^{-1}$ - é recomendável a realização da primeira fertigação. Nesta fertigação os sais fertilizantes podem variar, porém o EC final da solução nutritiva deve estar entre 1,5 $mS.cm^{-1}$ a 2,5 $mS.cm^{-1}$, dependendo do aspecto nutricional da plântula cotiledonar.

As fertigações em mudas de tomate obedecem a dois critérios básicos: a relação entre os elementos químicos e a quantidade dessa relação. A relação entre os elementos químicos, no preparo da solução nutritiva, é uma tentativa de se aproximar das quantidades, proporcionais, absorvidas pela muda de tomate, no período da sua formação, e a quantidade a ser aplicada dessa relação é expressa $mg.L^{-1}$, tendo o nitrogênio como elemento indicativo. O assunto fertigação será detalhado no **estágio 4**.

No final do **estágio 3**, quando o folíolo do primeiro par de folhas atingir o tamanho de 8 a 10 mm, pode-se fazer a primeira pulverização preventiva com defensivos químicos. Os produtos utilizados são vários e isso depende de cada viveirista, porém o objetivo será sempre o mesmo, prevenir o ataque de pragas e doenças nas mudas. Neste estágio a preocupação maior é com os insetos sugadores, tripes, pulgão e mosca branca e com os fungos que causam o tombamento ou "damping off", *Pythium* spp., *Rhizoctonia solani* e *Phytophthora* spp.

As irrigações no início do **estágio 3** normalmente são de baixa intensidade e a frequência sempre dependente da condição climática. Em período de clima favorável à evapotranspiração, é recomendável que se faça a primeira irrigação no período da manhã. No período da tarde, havendo necessidade de reposição de perdas observada pelo secamento superficial da vermiculita, faz-se uma nova irrigação, também de baixa intensidade.

No final do estágio 3 pode-se elevar a intensidade das irrigações, tanto na irrigação da manhã quanto na da tarde. As condições climáticas definirão se haverá ou não necessidade de irrigar.

d – Estágio 4

O **estágio 4** compreende o período que vai do aparecimento do primeiro par de folhas verdadeiras até a maturidade fisiológica (duração ≈ 15 dias). Neste estágio a muda completa seu desenvolvimento vegetativo, e ao final estará apta ao transplantio. Os **estágios 3** e **4**, juntos, definem-se como **"**Desenvolvimento Vegetativo".

Nesse estágio do desenvolvimento da muda, os tratos culturais como: irrigações, fertirrigações e tratamentos fitossanitários são mais constantes e obedecem a uma série de critérios (Figura 4).

Fotos: Gelson G.S.Lima

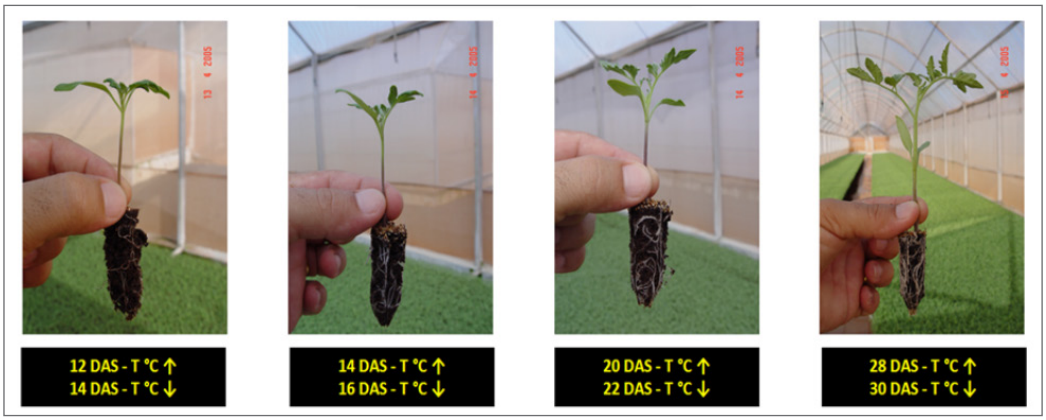


Figura 4 - Estágio 4 - Período que vai do aparecimento do primeiro par de folhas verdadeiras até a maturidade fisiológica (duração ≈ 15 dias).

As irrigações no **estágio 4** têm um papel fundamental na uniformidade do lote de mudas, na prevenção de doenças, no enraizamento e no endurecimento (lignificação) da muda ao final do ciclo.

O equipamento de irrigação utilizado nas estufas de produção deve garantir uma boa distribuição da lâmina aplicada em todo o lote. Para o sistema de micro aspersão, o coeficiente

de uniformidade deve estar em torno de, pelo menos, 95%. Para o sistema de barras irrigadoras, os bicos devem estar equidistantes, com vazão individual uniforme e posicionados na altura, em relação às bandejas, que proporcione a sobreposição ideal (mesma lâmina ao longo da barra).

Na primeira metade do **estágio 4**, além das irrigações atenderem à necessidade de reposição das perdas por evapotranspiração, devem proporcionar um desenvolvimento uniforme das mudas, dentro da bandeja e entre bandejas.

Falhas na operação de irrigação, neste estágio, podem resultar em lotes com irregularidade, chamado vulgarmente de "vôo de pica-pau" (nome atribuído à impressão causada pela desuniformidade no tamanho das mudas), ou ainda, proporcionar um ambiente favorável às doenças fúngicas e bacterianas.

Para garantir a uniformidade do lote, as irrigações não podem ser deficientes nem excessivas. A deficiência, geral ou localizada, produzirá a desidratação rápida das células com menor capacidade de retenção de água, ocasionando atraso no desenvolvimento dessas mudas. Em excesso, produzirá algas (lodo) sobre a superfície das células causando a impermeabilidade destas, e favorecendo o aparecimento de doenças.

Os fatores que influenciam a irrigação são: clima, idade da muda, volume e formato da célula da bandeja, tipo de substrato e o processo de enchimento das bandejas.

No início do **estágio 4**, as mudas estão com seus pares de folhas verdadeiras ainda pequenas, no início da expansão, e não ocorre o efeito guarda-chuva sobre as células com substrato. Nesta fase, em condições de clima favorável, sol e céu aberto, as irrigações devem ser de média intensidade. A frequência se resume em duas irrigações, a primeira pela manhã e a segunda pela tarde. Observar, ao final de cada irrigação, se a lâmina aplicada foi suficiente para uniformizar a umidade nas bandejas e entre bandejas.

Na prática, a lâmina de água a ser aplicada será aquela em que, após o término da irrigação, as bandejas começam a apresentar sinais de drenagem, verificando-se gotas d'água aderidas nos orifícios inferiores de quase todas as células das bandejas.

Um detalhe importante a ser observado, é o secamento das mudas situadas nas bandejas localizadas nas laterais das estufas e nos corredores centrais. Nesses pontos, as correntes de ar provocam o secamento mais rápido das mudas adjacentes. Esse problema passa a ser mais frequente à medida que ocorre o desenvolvimento da muda. É necessário o uso de chuveirinho ou regador nestes locais ou pingente de efeito borda, quando se utilizam barras irrigadoras.

Como regra geral, na primeira metade do **estágio 4**, as irrigações devem ser administradas de forma a não permitir secamentos gerais ou localizados, por deficiência na irrigação, nem a formação de algas pelo excesso.

No início da segunda metade do **estágio 4**, as mudas já apresentam o primeiro par de folhas verdadeiras desenvolvido. As folhas já começam a provocar o efeito guarda-chuva e a demanda por água aumenta. O sistema radicular, embora não muito abundante, já ocupa toda a célula e a evapotranspiração torna-se maior.

A lâmina de água nesta fase deve ser de média a alta intensidade. A frequência pode manter-se em duas irrigações diárias, se bem administradas. A necessidade de uma terceira irrigação, no dia, está sempre associada à insuficiência na primeira e/ou segunda irrigação diária.

Mesmo utilizando irrigações de média ou alta intensidade, é possível que apareçam mudas secas dentro das bandejas, pelo efeito guarda-chuva das folhas. Pelo menos uma vez, nesta fase, faz-se uma irrigação de altíssima intensidade, para equacionar a umidade do lote, seguida de uma fertigação.

No final do **estágio 4**, aproximadamente 5 dias antes da saída das mudas para o campo, as irrigações passam a ser administradas com foco no enraizamento e no enrijecimento do caule. Nesta fase, o lote de mudas, uma vez conduzido de forma correta, deverá apresentar desenvolvimento uniforme.

É nesta fase que ocorre a necessidade de fertigações, que têm por objetivo nutrir as mudas de forma equilibrada, permitindo um desenvolvimento vegetativo satisfatório para as condições de transplantio.

As variáveis que interferem na fertigação são os tipos de substratos, diferentes bandejas, fertilizantes e as relações entre seus elementos com a idade da muda e as condições climáticas.

Como relatado anteriormente, as fertigações, em mudas de tomate, obedecem a dois critérios básicos: a relação entre os elementos químicos e a quantidade dessa relação.

As relações entre os macronutrientes que apresentaram os melhores resultados na formação da muda de tomate, ao longo dos últimos cinco anos, foram: 1N:1/5P:1K:1Ca:1/2Mg. Para o enxofre o valor máximo aplicado sem causar problemas foi de 250 $mg.L^{-1}$. Para o nitrogênio a proporção recomendável, entre as formas nítrica e amoniacal, é em torno de 25% para o N amoniacal e pelo menos de 75% para o N na forma nítrica.

Dependendo do tipo de fertilizante ou sais utilizados no preparo da solução nutritiva, essas proporções podem sofrer pequenas alterações, por impossibilidade de ajustes. Entretanto, pequenas variações nas proporções acima não afetam negativamente o desenvolvimento das mudas, no aspecto nutricional.

A quantidade da relação a ser aplicada nas fertirrigações varia de acordo com o estádio fenológico, o aspecto nutricional da muda e o clima.

De forma geral, a solução nutritiva para mudas apresenta uma configuração básica conforme a Tabela 1:

Tabela 1
Concentração de macronutrientes e suas relações utilizadas na produção de mudas de tomate para processamento industrial.

Concentrações de macronutrientes em $mg.L^{-1}$							
N (NO_3-)	*N (NH_4+)*	*N Total*	*P*	*K*	*Ca*	*Mg*	*S*
128,7	21,3	150,0	30,0	150,0	150,0	75,0	136,2
Relação dos macronutrientes							
N (NO_3-)/N Total	*N (NH_4+)/N Total*		*P/N Total*	*K/N Total*	*Ca/N Total*	*Mg/Ca*	*S < 250*
0,86	0,14		0,20	1,00	1,00	0,50	136,20

Fonte: Grupo Vivati, Rio Verde-GO, 2010 (dados não publicados)

Tomando como base o nitrogênio total, N-Total, e mantendo-se a relação acima descrita, é possível estabelecer um padrão para a recomendação de nutrição em mudas de tomate. Ao estabelecermos uma recomendação de 150 mg.L^{-1} de N (nitrogênio) numa determinada fertigação, equivale a dizer, implicitamente, que os demais macronutrientes também estarão contidos na solução nutritiva, de acordo com a relação indicada. Assim, uma fertigação de 150 mg.L^{-1} de N, conterá: 150 mg.L^{-1} de N; 30 mg.L^{-1} de P; 150 mg.L^{-1} de K; 150 mg.L^{-1} de Ca e 75 mg.L^{-1} de Mg

O enxofre contido nos fertilizantes ou sais, na forma de sulfato, será determinado conforme a soma resultante da combinação dos macronutrientes acima elegidos que o contêm.

Para nutrir adequadamente a muda de tomate no **estágio 4**, toma-se como base uma necessidade diária em torno de 30 a 50 mg.L^{-1} de N em solução nutritiva completa (SNC) ou simplificando de 30 a 50 mg.L^{-1} de N (SNC).

Para os micronutrientes, uma fórmula pronta ou a mistura de sais contendo a concentração abaixo (Tabela 2), é suficiente para fornecer os micronutrientes exigidos para a formação da muda.

Tabela 2
Concentração dos micronutrientes utilizados na produção de mudas de tomate para processamento industrial.

Concentrações dos micronutrientes em mg.L^{-1}							
B	*Cu*	*Fe*	*Mn*	*Mo*	*Zn*	*Mg*	*S*
0,50	0,50	2,00	0,50	0,10	0,20	75,0	136,2

Fonte: Grupo Vivati, Rio Verde-GO, 2010 (dados não publicados)

Após as considerações acima, a nutrição seguirá uma sequencia que dependerá de critérios como: estádio fenológico, aspecto nutricional da muda e as condições climáticas. Em condições de sol e céu aberto, pode-se fazer de 2 a 3 fertirrigações semanais com 150 mg.L^{-1} de N (SNC) na primeira metade do estágio 4 e, a partir da segunda metade do **estágio 4**, de 2 a 3 fertirrigações semanais com 300 mg.L^{-1} de N (SNC), para substratos com baixa fertilidade de origem.

O mais recomendável é testar ao longo da produção de mudas o intervalo entre fertigações que melhor atenda as necessidades de cada variedade, em função da época e dos fatores que influenciam a absorção de nutrientes das mudas. Ao utilizar variações nas concentrações dos macronutrientes, não se deve alterar a concentração dos micronutrientes.

No **estágio 4**, assim como no **estágio 3**, as pulverizações, em sua grande maioria, são preventivas. Normalmente são efetuadas duas aplicações semanais com alternância de princípio ativo. O objetivo das pulverizações preventivas, com a alternância de princípio ativo, é evitar o aparecimento de pragas e doenças que podem afetar a qualidade das mudas.

As principais pragas na produção de mudas de tomate para processamento industrial são: lagarta-rosca (*Agrotis ipsilon*), tripes (*Frankliniella* spp), mosca-branca (*Bemisia tabaci*), pulgão (*Myzus percicae*), lagarta-das-folhas (*Spodoptera eridania*), traça (*Tuta absoluta*) e larva-minadora (*Lyriomyza trifolii*). Para mais detalhes, ver capítulo 12.

Grande parte dessas pragas é evitada com o uso da tela anti-afídica e de antecâmara no acesso das estufas. Entretanto, podem ocorrer infestações da forma adulta dessas pragas,

no momento do carregamento dos lotes para a lavoura, quando a abertura das portas é mais frequente. A desinfecção das estufas, antes de receber novas semeaduras, é de extrema importância para eliminar a forma adulta dessas pragas.

Quanto às doenças, as mais importantes, neste estágio, são: mancha-de-estenfílio (*Stemphyllium* spp), pinta-preta (*Alternaria solani*), septoriose (*Septoria lycopersici*), requeima (*Phytophthora infestans*), mancha-bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*) e pinta-bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*). Para mais detalhes, ver capítulos 8 e 9.

Essas doenças podem acontecer se as condições climáticas e de manejo forem satisfatórias e o inóculo estiver presente. O uso de bandejas desinfetadas, instalação de rodolúvio na entrada do viveiro, pedilúvio na entrada das estufas e o controle na entrada de pessoas na área de produção são medidas muito eficazes na prevenção dessas doenças.

As pulverizações preventivas não garantem a sanidade, apenas contribuem para ela. Portanto, a observação diária dos lotes em produção é a melhor forma de antecipar-se aos problemas.

Ao final do **estágio 4** a muda deverá estar apta ao transplantio, e alguns cuidados no dia do carregamento são essenciais para garantir um bom pegamento no campo.

A irrigação de saída, ou última irrigação no lote, deverá ser suficiente para manter a umidade até o destino. O volume de água a aplicar nas bandejas será o máximo da capacidade de absorção do substrato, tomando cuidado com o excesso. Normalmente esse ponto é atingido quando é observado o início dos pingos d'água mais frequentes embaixo das bandejas.

Outro cuidado importante é a pulverização com defensivos na ocasião da saída. A indústria tem adotado nos últimos 4 anos um tratamento com defensivos em doses específicas, chamado de tratamento de bandejas**.** Esse tratamento tem como objetivo evitar pragas e doenças, no momento da descarga das bandejas no campo até os primeiros dias após o transplantio.

Após a irrigação de saída e o tratamento fitossanitário indicado, as bandejas são acondicionadas em veículos próprios para o transporte até as lavouras. Um dos pontos mais importantes na operação de carregamento é o cuidado para não provocar lesões nas mudas, tanto na retirada das bandejas das estufas, quanto no acondicionamento nas grades de transporte.

As grades devem estar inseridas em baú de alumínio ou lonado tipo "sider" para evitar a desidratação das mudas pela incidência direta do sol e a ação do vento. O veículo que transporta as mudas, depois de carregado e não estando em movimento, não poderá ficar sob o sol direto, deverá sempre estar protegido por sombra. O aquecimento do teto ou da lateral do baú poderá causar danos às mudas. O sistema atual de transporte de mudas, utilizando baú de alumínio ou lonado, com sistema de grades, pode alcançar um raio de até 1.000 km de distância do viveiro ao destino. Preferencialmente a viagem se dá, em grande parte, no período noturno. Em condições de movimento e estacionamento em sombra, com esse sistema de transporte, uma carga de mudas de tomate pode permanecer até três dias no baú, sem nenhum problema quanto à qualidade.

O descarregamento das bandejas no campo é de responsabilidade do produtor. Um cuidado importante, porém difícil, seria não descarregar as bandejas diretamente no solo e sim sobre

um suporte para evitar a penetração de raízes no solo. Esse procedimento auxilia na prevenção de doenças e evita contaminações com produtos químicos, principalmente herbicidas. Outros pontos a serem considerados são: facilidade para transporte interno e cuidados pós-descarga, como irrigações e pulverizações. A forma como são retiradas as bandejas é uma indicação do viveiro, dada pelo motorista, que orienta a descarga de baixo para cima, nas grades. Dessa forma, evitam-se danos nas folhas ao retirar as bandejas das gavetas.

O produtor deverá proceder à contagem de falhas (células sem mudas) e mudas de baixo vigor (plantas imaturas) nas bandejas. O viveiro fornece esses dados em boletim próprio, no entanto é muito importante o produtor conferi-los ao descarregar as mudas. As perdas na operação de transplantio só podem ser mensuradas tendo-se em mãos dados como a área a ser transplantada e a contagem de mudas viáveis. A sanidade das mudas deverá ser atestada neste momento.

O ideal seria transplantar as mudas no mesmo dia da chegada à lavoura, porém nem sempre isso é possível. O risco de contaminações em ambiente aberto é maior com o adensamento das bandejas; assim o produtor deve ter em mente que a prevenção de pragas e doenças se faz necessária, caso as bandejas permaneçam por mais tempo sem serem transplantadas. Devem ser feitas irrigações para manter o nível de umidade satisfatório e pulverizações específicas para prevenir pragas e doenças.

4.5 Dicas importantes para o transplantio

O aproveitamento máximo das mudas é um fator de economia para o produtor e os cuidados dispensados na operação de transplantio contribuem para a formação de uma lavoura com ótimo potencial de produção. São relacionados abaixo alguns pontos importantes que, se observados, ajudam o produtor a alcançar os resultados esperados na condução de sua lavoura.

- Escolha um local seguro para a descarga das bandejas, se possível evite o contato direto com o solo;

- Certifique-se da sanidade e da qualidade das mudas recebidas, observando a firmeza, a coloração, ausência de pragas e doenças nas folhas, enraizamento do tubete, uniformidade no desenvolvimento e integridade das plantas;

- Faça a contagem de falhas e baixo vigor na chegada das mudas e confronte os resultados com as informações do viveiro;

- Irrigue e pulverize as mudas se houver necessidade de estocagem. Ao utilizar pulverizadores para irrigar ou pulverizar, lave-os e certifique se não há resíduos de herbicidas ou algum produto que possa afetar as mudas;

- Evite danos às mudas, ao transportar as bandejas para o local de transplantio. O transporte com veículos rápidos pode queimar as mudas pela ação dos ventos;

- Irrigue as bandejas e certifique-se de que há umidade suficiente no solo imediatamente antes do transplantio;

- Na adubação de plantio, observe a uniformidade na profundidade e na distribuição do fertilizante ao longo da linha de plantio. Quando possível, distribua o fertilizante em dois pontos;

- No transplantio, evite o contato das raízes das mudas com o adubo, pode ocorrer queima por salinização;

- Não deixe as raízes descobertas, pois caso contrário, as mudas poderão morrer por desidratação;

- Faça a contagem do *stand* nos locais já transplantados, confronte os dados com o gasto de mudas e calcule a eficiência do transplantio;

- Após o transplantio, proceda à irrigação da porção transplantada no final da tarde ou à noite;

- Faça o replantio onde houver falhas o mais rápido possível, inclusive substituindo mudas que foram pisoteadas ou queimadas (desidratação ou salinidade);

- Na primeira semana do transplantio, observe se há ataque de pragas e doenças. Faça pulverizações específicas, se houver necessidade.

4.6 Referências

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

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, P. R.; FERRAREZI, R. S.; MEDINA, C. L. **Padrão nutricional de mudas de citros**. Araraquara: Vivecitrus: Conplant. 2008. 40 p. Boletim Técnico

BEYTES, C. **Ball redbook**: **greenhouses and equipment**. Batavia: Ball Publishing. 2003. 260 p. v. 1.

BLANCARD, D. **Enfermedades del tomate**: **Observar, Identificar, Luchar**. Madrid: Mundi-Prensa. 1996. 212 p.

BORNE, H. R. **Produção de mudas de hortaliças**. Guaíba: Editora Agropecuária, 1999. 189p.

CADAHIA LOPEZ, C. **Fertirrigación**: **Cultivos hortícolas y ornamentales**. Madrid: Mundi-Prensa. 1997. 475 p.

FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação**: **do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 323 p.

FERRI, M. G. **Fisiologia Vegetal**. 2. ed. rev. atual. São Paulo: EPU. 1985. 362p.

FOLEGATTI, M. V.; CASARINI, E.; BLANCO, F. F.; BRASIL, R. C.; SOUZA, R. S. **Fertigação**: **citrus, flores, hortaliças**. Guaíba: Editora Agropecuária. 2001. 336 p. v. 2.

FURLANI, P. R.; BOLONHEZI, D.; SILVEIRA, L. C. P.; FAQUIN, V. Nutrição mineral de hortaliças, preparo e manejo de soluções nutritivas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 20, n. 200/201, p. 90-98, 1999.

GAVILÁN, M.U. **Tratado de cultivo sin suelo**. Madrid: Mundi-Prensa, 2004. 914 P.

HAMRICK, D. **Ball redbook**: **Crop Production**. Batavia: Ball Publishing. 2003. 724 p. v. 2.

JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. **Biologia celular e molecular**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan. 2000. 339 p.

MAGEROWICZ, N.; FRANÇA, M. G. C.; PERES, L. E. P.; MÉDICI, L. O.; FIGUEREDO, S. A. **Fisiologia vegetal: curso prático**. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural Edições. 2003. 138 p.

MINAMI, K. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: T. A. Queiroz, 1995. 128 p.

NASCIMENTO, A. D. **Ação de produtos químicos in vitro, em mudas e em campo sobre a mancha-bacteriana (*Xanthomonas perforans* e *X. gardneri)* em tomate para processamento industrial.** 2009. 135 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiânia.

NELSON, P. V. **Greenhouse operation & management**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2003. 692 P.

NUEZ, F. **El cultivo del tomate**. Madrid: Mundi-Prensa. 1999. 793 p.

QUEZADO-DUVAL, A. M. **Diversidade de *Xanthomonas* spp. associadas à mancha-bacteriana em tomateiro para processamento industrial no Brasil**. 2003 111 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz , Piracicaba.

RESH, H. M. **Cultivos hidropônicos: nuevas técnicas de producción.** Madrid: Mundi-Prensa. 1997. 559 p.

SARDELLA, A. **Química.** São Paulo: Editora Ática. 416 p.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. (ORG.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília, DF: Embrapa, 2000. 168 p.

STYER, R. C.; KORANSKI, D. S. **Plug & transplant production: a grower's guide.** Batavia: Ball Publishing. 1997. 374 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed. 2004.719 p.

TAVEIRA, J. A. M. O manejo de substratos na produção de hortaliças e flores. In: Seminário internacional de cultivo protegido em hortaliças e flores, 2000, Holambra. [**Trabalhos apresentados...].**Holambra: Flortec. 2000. p. 1-10.

TESI, R. **Colture protette-ortoflorovivaismo**. Bologna: Calderini Edagricole, 2001. 503 p.

TRANI, P. E.; CARRIJO, O. A. **Fertigação em hortaliças**. Campinas: IAC. 2004. 53 p.

Capítulo 05
ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO

5.1 Introdução 105
5.2 Fatores associados à nutrição do tomateiro 105
5.3 Elementos requeridos na nutrição do tomateiro 108
5.3.1 Nitrogênio (N) 108
5.3.2 Fósforo (P) 109
5.3.3 Potássio (K) 110
5.3.4 Cálcio (Ca) 111
5.3.5 Magnésio (Mg) 112
5.3.6 Enxofre (S) 112
5.3.7 Boro (B) 113
5.3.8 Cobre (Cu) 114
5.3.9 Ferro (Fe) e Manganês (Mn) 114
5.3.10 Molibdênio (Mo) 115
5.3.11 Zinco (Zn) 115
5.4 Correção do solo 115
5.4.1 Calagem 116
5.4.1.1 Método de neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} 116
5.4.1.2 Método da saturação por bases 117
5.5 Adubação 118
5.6 Matéria orgânica do solo (MOS) 121
5.7 Absorção de nutrientes 121
5.8 Interação entre nutrientes na planta 123
5.9 Níveis de nutrientes nas folhas 124
5.10 Referências 126

Capítulo 05
ADUBAÇÃO E NUTRIÇÃO

Juscimar da Silva
Ítalo Moraes Rocha Guedes
Carlos Eduardo Pacheco Lima

5.1 Introdução

A produtividade do tomateiro para processamento industrial tem atingido em algumas regiões produtoras, em especial no Estado de Goiás, a expressiva marca de 110 a 140 $t.ha^{-1}$. Para se chegar a essa produtividade a planta demanda, entre outros fatores, uma grande quantidade de nutrientes que não são fornecidos, na sua totalidade, pela maioria dos solos, devido às suas baixas reservas naturais. Assim, para que essa produtividade seja atingida e aumentada ao longo do tempo, torna-se necessário conhecer e controlar os fatores que afetam direta ou indiretamente o desenvolvimento do tomateiro, como os vários atributos do solo, da planta, do clima e dos sistemas de manejo. Em razão da necessidade de restituição dos elementos químicos ao solo por meio do uso de corretivos e fertilizantes, é importante conhecer as funções e sintomas de deficiência nutricional da planta. Da mesma forma, também é necessário determinar o comportamento dos nutrientes no solo e na planta, bem como os fatores que governam a interação dos nutrientes no sistema solo-planta.

5.2 Fatores associados à nutrição do tomateiro

Os fatores de solo podem ser de natureza física, química e biológica. Entre os fatores de natureza física, a estrutura e a textura dos solos podem ser consideradas as mais relevantes no desenvolvimento do tomateiro.

Os solos são na verdade, de natureza extremamente complexa, originados da decomposição (ou intemperismo) das rochas. Este intemperismo é causado pela água, pelas mudanças de temperatura e pelos organismos. Pode-se assim dizer que é resultado da interação de litosfera (rocha), atmosfera (água e temperatura) e biosfera (organismos). Depois de formado, o solo pode ser subdividido em uma fração sólida, uma líquida e uma gasosa.

A parte sólida divide-se em fração mineral (minerais do solo) e fração orgânica (matéria orgânica do solo, composta de material de origem predominantemente vegetal em vários estágios de decomposição). A fração mineral divide-se em três subfrações de acordo com o tamanho das partículas: a maior é chamada de areia, a intermediária de silte e a menor

recebe a denominação de argila. A argila é possivelmente a mais importante em termos de manutenção da produção vegetal: devido a seu tamanho minúsculo (partículas menores que 2 micrômetros, considerando-se que um micrômetro é um metro dividido um milhão de vezes), possui propriedades específicas, como a exposição de cargas elétricas. Estas cargas são responsáveis pela retenção dos nutrientes no solo.

Além de impedir que os nutrientes minerais das plantas sejam lavados pela água, as cargas das argilas permitem que o solo aja como um filtro para o meio ambiente: quase todos os elementos e compostos químicos que chegam ao solo possuem carga elétrica e são passíveis de serem retidos pelo mesmo. Assim, é possível que uma boa parte dos agroquímicos (inseticidas, herbicidas, fungicidas e outros biocidas) fiquem retidos nos solos e não alcancem os corpos d'água (rios, lagos, represas e o mar). Vale ressaltar que quando há a erosão do solo por causa da remoção da cobertura vegetal, entre outras causas, as primeiras partículas a serem levadas embora, por serem as menores, são as argilas, o que diminui a capacidade de retenção de nutrientes e de "filtragem" do solo e contribui com o assoreamento de rios e represas. Esses problemas, tão comuns hoje no Brasil e em outras regiões, têm ocorrido devido à inexistência de políticas consistentes de conservação dos solos.

As frações minerais mais grosseiras, areia e silte, não expõem cargas elétricas em quantidades consideráveis. Por outro lado, a presença destas partículas mais grossas é imprescindível para que haja infiltração da água no solo, por aumentarem sua porosidade. As argilas também formam partículas de tamanhos maiores, os agregados, quando se juntam em grande número com o auxílio da matéria orgânica. O conjunto dos agregados em associação com os poros do mesmo, constitui a estrutura do solo. A passagem excessiva de máquinas agrícolas, a diminuição dos teores de matéria orgânica e outros fatores de agressão ao solo causam destruição de sua estrutura, tornando-o compactado, o que impede não só a infiltração da água, mas também o crescimento das raízes, limitando a capacidade das culturas em adquirir água e nutrientes e afetando negativamente a produção.

O solo é resultado não só da decomposição física da rocha, mas também da alteração química dos minerais que a compõem e da formação de outros minerais, ditos secundários, em equilíbrio termodinâmico com as condições amenas da superfície terrestre. No entanto, o intemperismo não cessa com a formação do solo. Os solos também envelhecem, principalmente em regiões onde chove muito, notadamente nos trópicos, como ocorre em boa parte do Brasil.

As principais variáveis químicas a interferir no comportamento dos nutrientes são: a composição mineralógica do solo, a disponibilidade de nutrientes, a presença de elementos tóxicos, o teor de matéria orgânica, as reações de sorção e precipitação e a salinidade. Esses fatores não devem ser considerados isoladamente porque atuam de maneira simultânea, interagindo entre si.

A composição mineralógica é uma herança, na maioria dos casos, da rocha matriz que deu origem ao solo, o que explica em parte a menor ou maior reserva de nutrientes do mesmo. Os solos originados de rochas ricas em nutrientes poderão, ao longo do tempo, perder sua reserva natural de nutrientes.

O empobrecimento químico do solo, ou seja, a perda de elementos minerais nutrientes, em geral ocorre de duas formas: o empobrecimento natural pelo intemperismo químico

em regiões tropicais úmidas, ou, em solos agrícolas, pela retirada de boa parte da biomassa produzida pelas plantas. Nesse processo, há aumento da quantidade de óxidos, principalmente de alumínio e de ferro, e perda de nutrientes por lixiviação, tornando os solos empobrecidos quimicamente. À medida que o intemperismo progride, há perda gradual de elementos químicos importantes para a nutrição vegetal, como cálcio, magnésio e potássio, em geral retidos mais fracamente pelos solos. Nas regiões de alta pluviosidade, a grande disponibilidade de água permite que haja muito crescimento vegetal. As plantas, mesmo as que crescem em solos pobres, conseguem adquirir nutrientes produzindo raízes profundas que exploram camadas subsuperficiais, um pouco mais ricas em termos de elementos nutrientes.

Um solo pode apresentar caráter ácido, neutro ou básico e a forma de se determinar isto é pela medida de seu pH, o qual tem um papel muito importante na disponibilidade de nutrientes às plantas. As plantas cultivadas, entre as quais o tomateiro, tendem a se desenvolver e produzir melhor quando o pH da solução do solo se encontra na faixa entre 5,5 e 6,5. Em geral, os solos das regiões tropicais são ácidos, sendo necessário corrigir-se a acidez, ou seja, aumentar-se o pH aplicando-se calcário ou outro tipo de corretivo aos mesmos.

Os macronutrientes nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S) estão mais disponíveis para as plantas exatamente na faixa de pH entre 5,5 e 6,5. Em valores de pH inferiores a 5,5 podem ocorrer danos ao desenvolvimento da cultura, devido à elevada concentração de elementos potencialmente tóxicos, como alumínio e manganês. O P, macronutriente essencial ao desenvolvimento das plantas na maioria dos solos brasileiros, é muito pouco disponível em condições de solos ácidos, em razão da forte retenção do fosfato pelos óxidos de ferro e alumínio, o que também pode ocorrer com o sulfato e o molibdato. Os micronutrientes, com exceção do molibdênio, têm sua disponibilidade aumentada em condições de pH mais ácido, podendo atingir níveis tóxicos. Por outro lado, em solos com pH acima de 7,0 – chamados de solos básicos – pode ocorrer deficiência de micronutrientes metálicos, como ferro e manganês, em decorrência de calagens excessivas, por exemplo.

A salinidade também afeta a química do solo e cuidados devem ser tomados para se evitar o acúmulo de sais, principalmente em regiões onde a água de irrigação os apresenta em altas concentrações. O solo é considerado salino quando apresenta condutividade elétrica superior a 4 $dS.m^{-1}$. O excesso de sais prejudica o desenvolvimento do tomateiro, devido aos efeitos diretos sobre o potencial osmótico da solução do solo e pelos íons potencialmente tóxicos presentes em elevadas concentrações. O excesso de sais apresenta efeitos prejudiciais aos solos também pela degradação de algumas de suas propriedades físicas, como a redução da infiltração da água, das trocas gasosas, do crescimento de raízes, dificultando, com isso, o crescimento do tomateiro.

O manejo adequado da irrigação, utilizando águas com baixo teor de sais e adubação equilibrada, reduz a ocorrência de acúmulo de sais. A correção do solo salino limita-se, no entanto, à lixiviação dos sais associada a um sistema de drenagem adequado, aplicando-se uma lâmina adicional de água, além do uso continuado de culturas para promover a retirada destes sais do perfil. Para solos de textura arenosa recomenda-se a lavagem do mesmo durante dez dias e 100 dias para solos de textura argilosa.

5.3 Elementos requeridos na nutrição do tomateiro

Os nutrientes minerais têm, por definição, funções especificas e essenciais no metabolismo da planta, participando como constituintes de estruturas orgânicas, ativadores enzimáticos ou reguladores osmóticos. Dependendo da exigência de um dado nutriente para o desenvolvimento vegetal, o mesmo pode ser considerado macronutriente ou micronutriente. Dezessete elementos são considerados essenciais para o desenvolvimento da planta: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn). Há também os elementos classificados como benéficos para algumas plantas como, por exemplo, o sódio (Na), o silício (Si), o selênio (Se) e o cobalto (Co). Dentre estes, apenas para o Si tem sido relatada ação benéfica para o tomateiro; no entanto, os resultados obtidos não são totalmente conclusivos.

O K e o Cl são os únicos nutrientes que não são componentes de estruturas orgânicas. Suas funções estão associadas à regulação osmótica (dentro do vacúolo, por exemplo), manutenção do equilíbrio eletroquímico no interior das células e seus compartimentos e regulação de atividades enzimáticas.

É necessário que haja disponibilidade e absorção dos nutrientes em proporções adequadas, via solução do solo ou, como suplementação, via foliar. Cada um desses nutrientes tem uma função específica no metabolismo das plantas. Desequilíbrios em suas proporções podem causar deficiência ou excesso de nutrientes no interior da planta, gerando limitações ao crescimento ou até mesmo a morte da cultura.

5.3.1 Nitrogênio (N)

O N faz parte da molécula de clorofila, estando envolvido diretamente no processo da fotossíntese. A deficiência de N proporciona menor síntese de clorofila, menor desenvolvimento foliar e consequentemente, menor capacidade de realizar fotossíntese. Esta situação impossibilita a planta de realizar funções essenciais, como, por exemplo, absorver nutrientes, resultando na queda de produtividade.

O N também é um dos componentes das vitaminas, dos aminoácidos que formam as proteínas, das enzimas e dos sistemas energéticos da planta.

Os teores de N no solo na forma mineral são pequenos, variando desde traços até 5g.kg^{-1} nas camadas superficiais do solo, diminuindo com a profundidade. O teor de N depende também do tipo de solo, da temperatura e da pluviosidade. O N disponível no solo encontra-se, principalmente, na forma de nitrato (NO_3^-) com teores variando de 2 a 60 mg.kg^{-1} na camada arável do solo. Dependendo da condição climática, em solos de textura arenosa ou média o teor de N se aproxima do limite inferior do intervalo, em razão da alta mobilidade do NO_3^-, permitindo que o mesmo seja lixiviado facilmente pelas águas das chuvas e de irrigação.

As plantas absorvem a maior parte do N na forma de íons amônio (NH_4^+) ou nitrato (NO_3). Uma pequena porção de uréia também pode ser absorvida diretamente pelas folhas, bem como pequenas quantidades de N podem ser obtidas de materiais como aminoácidos

solúveis em água. Depois de absorvido, o N incorpora-se na planta na forma de aminoácidos e na medida em que aumenta o seu fornecimento, as proteínas sintetizadas a partir dos aminoácidos promovem o crescimento das folhas, aumentando a superfície fotossintética.

Rendimentos mais altos observados em plantas que absorvem parte do N como NH_4^+ estão associados com a assimilação direta desse cátion para formação de aminoácidos. Já o ânion nitrato deve ser inicialmente reduzido a NH_4^+ para assimilação do N pela planta. Esse processo, no entanto, consome energia da planta, que é proporcionada por carboidratos que deveriam ser utilizados para o crescimento ou formação de frutos.

O N é um elemento bastante móvel no interior da planta, por isso os sintomas de deficiência são observados nas folhas mais velhas. O tomateiro, quando desenvolvido em condições com baixo teor de N, apresenta folhas com coloração verde-clara, caracterizada por clorose generalizada. Pode apresentar também coloração purpúrea do caule e colmo, pecíolo e parte basal das folhas, resultante da concentração de antocianina.

As condições que predispõem o tomateiro à deficiência de N são: suprimento insuficiente de fertilizantes nitrogenados no plantio, baixo teor de matéria orgânica no solo, deficiência de molibdênio, compactação do solo, lixiviação intensa e seca prolongada.

O excesso de N acarreta crescimento excessivo da parte aérea e, em alguns casos, redução na qualidade e maturação tardia dos frutos. Além disso, a aplicação de NH_4^+, como única fonte de nitrogênio, em condições de baixa nitrificação, baixa temperatura, solos ácidos ou baixo teor de umidade pode trazer danos severos ao tomate. Desordens fisiológicas e morfológicas resultando em clorose, necrose, enrolamento das folhas, inibição da síntese do trifosfato de adenosina (ATP) e redução de nocotinamida adenina dinucleótido fosfato (NADP), síntese reduzida de amido, dentre outros aspectos, são exemplos destes danos.

5.3.2 Fósforo (P)

O P participa de processos importantes na planta, como fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão e crescimento celular. Embora o P seja extraído do solo em menor quantidade pelo tomateiro em relação ao N e K, a correção dos teores de P promove a rápida formação e crescimento das raízes, melhora a qualidade dos frutos, sendo vital à formação de sementes e está envolvido na transferência de características hereditárias (DNA e RNA); além disso, contribui para aumento do peso médio do fruto.

O teor de P no solo, em especial nos solos do cerrado, é muito baixo, variando de 0,2 a 1,0 $g.kg^{-1}$ de P. As plantas absorvem o P preferencialmente na forma do ânion monovalente $H_2PO_4^-$ e em menor proporção o ânion bivalente HPO_4^{2-}. Outras formas de P também são absorvidas pela planta, mas em proporções muito inferiores do que o ortofosfato. O pH do solo controla a disponibilidade das formas iônicas de fosfato para as plantas. Em valores de pH variando de 5,5 a 7,0 o $H_2PO_4^-$ tem sua disponibilidade aumentada frente ao HPO_4^{2-}, que passa a predominar em valores de pH acima de 7,0. Em solos com pH muito ácido e alta atividade de Al e Fe na solução, pode ocorrer a precipitação do P na forma de fosfatos de Al e de Fe, afetando sua disponibilidade para o tomateiro. Em solos alcalinos, o P está na forma de PO_4^{3-} que não é absorvido pela planta ou está presente na forma de fosfato de cálcio.

Em razão da alta mobilidade na planta, o P se transloca rapidamente dos tecidos mais velhos para os mais jovens, com os sintomas de deficiências aparecendo na parte inferior da planta (folhas velhas). Redução na taxa de crescimento, logo após a emergência das plantas ou transplantio das mudas, muitas das vezes sem mostrar outros sintomas visíveis, é o primeiro sinal de deficiência de P. As folhas com sintomas apresentam-se com coloração púrpura ou avermelhada (arroxeamento) relacionada com o acúmulo de antocianina. A deficiência de P reduz a floração e retarda a maturação dos frutos.

Os fatores limitantes para a absorção de P pelo tomateiro estão associados com o nível de P na solução do solo; com a acidez ou a alcalinidade; com a capacidade tampão de P do solo, que está diretamente relacionada com a textura, teor de umidade e modo de aplicação dos fertilizantes: com a compactação do solo e com temperaturas baixas na época da emergência das plantas.

São raros os sintomas de excesso de P; no entanto, a deficiência em Zn, em solos ricos em P, pode provocar a absorção e acúmulo de P em excesso, promovendo sintomas semelhantes aos da deficiência de Zn.

5.3.3 Potássio (K)

O K é o elemento extraído em maior quantidade pelo tomateiro, participando de importantes processos no interior da planta, como ativação de muitas enzimas do metabolismo de carboidratos e proteínas. Dentre as mais importantes, está a piruvato-quinase, principal enzima da glicose e respiração.

O K pode ser encontrado no solo como constituinte de minerais primários e secundários, nas formas trocável, não trocável e solúvel em água. Em razão do elevado grau de intemperismo da maioria dos solos brasileiros, a reserva de K é muito baixa e sua disponibilidade é dependente da mineralogia do solo. Solos com argilas de atividade alta, como a ilita e a montmorilonita, requerem maiores doses de potássio, devido à fixação do K nas entrecamadas dos minerais de argila 2:1, quando comparados aos solos com predomínio de argilas de atividade baixa, como caulinita, presente em maior proporção na maioria dos solos brasileiros. Entretanto, a fixação de K é inexistente ou pouco expressiva em decorrência da pequena presença de minerais 2:1 nos nossos solos e da presença de polímeros de Al que limitam a aproximação das entrecamadas desses minerais.

O tomateiro absorve o K da solução do solo na forma do íon K^+ que, distintamente da maioria dos outros nutrientes essenciais, não faz parte de compostos orgânicos na planta. O íon K^+ parece estar associado a várias funções fisiológicas, tais como transporte no floema, turgescência das células estomáticas e crescimento celular, bem como na síntese de licopeno e outros carotenoides. O suprimento adequado de K evita também a queda de frutos, devido ao fortalecimento da área de fixação do fruto à planta.

Semelhante ao N e o P, o K também é bastante móvel no interior da planta e sua deficiência se expressa nas folhas mais velhas. A deficiência é caracterizada por amarelecimento internerval e necrose das pontas e margens das folhas. Plantas deficientes exibem crescimento lento, com sistema radicular mal desenvolvido, e as sementes e os frutos são pequenos e

desuniformes. Além disso, o fornecimento inadequado de K pode inibir a síntese de açucares, ácidos orgânicos e vitamina C, além de reduzir a porcentagem de sólidos solúveis, reduzindo o valor nutricional do fruto.

Solos arenosos passíveis de intensa taxa de lixiviação, calagem excessiva e altos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis e NH_4^+, reduzem a disponibilidade de K e interferem negativamente na absorção do íon K^+ pelo tomateiro.

Também é muito raro o aparecimento de sintomas causados pelo excesso de K no solo; entretanto, o acúmulo excessivo nas folhas mais velhas pode causar desidratação nas células vizinhas e o rompimento de membrana nas células, provocando o aparecimento de manchas necróticas nas folhas. Doses elevadas de K podem induzir deficiência de Ca.

5.3.4 Cálcio (Ca)

O Ca é constituinte da parede celular e, portanto, tem papel estrutural na célula da planta. Está associado diretamente com o crescimento de meristemas, com o desenvolvimento apropriado dos ápices radiculares e na fosforilação fotossintética. Há indícios de que o Ca atue como modulador da função de alguns hormônios vegetais, regulando o crescimento e senescência. Além disso, atua também como ativador de algumas enzimas associadas com o metabolismo de P.

O teor trocável de Ca no solo é muito baixo e a planta o absorve na forma de cátion Ca^{2+}. Na planta, é transportado parte no xilema e parte no floema; estando dentro da folha torna-se imóvel, e no tecido vegetal forma compostos insolúveis, como os pectatos de cálcio e sais cálcicos de baixa solubilidade, como carbonatos, sulfatos, silicatos, fosfatos, citrato, malato e oxalato.

Em razão da baixa mobilidade do Ca no floema, sua distribuição na planta é muito limitada e, portanto, os sintomas de sua falta são visíveis nas folhas mais jovens do tomateiro. Os tecidos novos necessitam do Ca para formação da parede celular; portanto, a deficiência de Ca caracteriza-se em plantas com nervuras das folhas e pontos de crescimento de aspecto gelatinoso. Efeitos de diluição resultantes do crescimento do fruto e da precipitação do Ca no floema, na forma de oxalato, estão relacionados com o baixo conteúdo deste nutriente no fruto. Em situações onde ocorre rápido crescimento do fruto, esta diluição pode resultar em concentrações de Ca abaixo do nível crítico necessário, fazendo com que ocorram sintomas de deficiência nos frutos caracterizados pelo aparecimento da podridão apical ou estilar dos frutos (Figura 1). Além disso, em casos mais severos, pode ocorrer necrose das pontas e margens, crescimento limitado das raízes e morte dos pontos de crescimento.

Os fatores que condicionam o aparecimento dos sintomas de deficiência de Ca são: irregularidade no fornecimento de água, salinidade, uso de cultivares sensíveis, altos teores de N, K, S, Mg, Cl e Na na solução do solo, altas doses de fertilizantes nitrogenados e potássicos, principalmente as formas amoniacais, pH baixo e altas taxas de crescimento e transpiração.

Foto: Juscimar da Silva



Figura 1 - Podridão apical em frutos de tomate devido à deficiência de Ca.

5.3.5 Magnésio (Mg)

O Mg tem papel estrutural como componente da molécula da clorofila, estando relacionado diretamente com a fotossíntese. É requerido para manter a integridade dos ribossomos e contribuir para a manutenção da estabilidade estrutural dos ácidos nucleicos e membranas. Além disso, atua como ativador enzimático, influencia o movimento de carboidratos das folhas para outras partes das plantas e estimula a absorção e transporte de P na planta.

Semelhante ao Ca, o teor de Mg trocável no solo é muito baixo e a planta o absorve da solução do solo na forma de cátion Mg^{2+}. A absorção de Mg^{2+} pode ser limitada na presença de altos teores de K^{+}, Ca^{2+}, NH_4^{+} e Mn^{2+}.

O Mg é transportado na planta tanto no xilema quanto no floema; portanto, sua redistribuição ocorre das folhas velhas para as mais jovens. Assim, os sintomas de deficiência são observados nas folhas mais baixas e caracterizados pela ocorrência de clorose entre as nervuras. As folhas deficientes apresentam também consistência quebradiça, com tendência de se curvarem para cima. Em estádios mais avançados de deficiência ocorre a senescência das folhas.

Vários aspectos podem contribuir para o aparecimento de deficiência de Mg no solo, como solos ácidos, arenosos e com altos índices de lixiviação.

5.3.6 Enxofre (S)

O S está relacionado com a síntese de proteínas, sendo componente de alguns aminoácidos, vitaminas e hormônios. Auxilia no desenvolvimento de raízes, aumentando

vigor e robustez das plantas. No solo, o S está presente nas formas orgânica e inorgânica. Na solução do solo, apresenta-se como ânion sulfato (SO_4^{2-}), principal forma absorvida pelas plantas. Depois de absorvido, o SO_4^{2-} é reduzido e incorporado a compostos orgânicos.

Os sintomas de deficiência de S se confundem com os de N, porém ocorrem nas folhas mais jovens, devido à baixa mobilidade do elemento no interior da planta. Em geral, as lâminas inferiores das folhas apresentam-se uniformemente amareladas ou cloróticas. As condições que predispõem o tomateiro à deficiência de S estão relacionadas ao uso de formulações concentradas de fertilizantes N, P e K que não contêm S, baixos teores de matéria orgânica no solo e seca prolongada.

5.3.7 Boro (B)

Dentre os micronutrientes, o B talvez seja o elemento mais importante na nutrição do tomate. O B participa ativamente no metabolismo de ácidos nucleicos, desempenha papel importante no florescimento, crescimento do tubo polínico, nos processos de frutificação, no metabolismo de N e na atividade de hormônios. Além disso, esse micronutriente participa também na absorção e metabolismo do Ca, na formação da pectina das membranas celulares, na absorção de água, no metabolismo de glicídios e transporte de carboidratos.

O teor de B no solo é variável, e sua disponibilidade para as plantas depende da sua interação com os argilominerais, matéria orgânica e óxidos de Fe e Al. A absorção do B pelo tomateiro pode ser tanto como ácido bórico (H_3BO_3), quanto como ânion borato ($B(OH)_4^-$). A atividade dessas espécies químicas na solução do solo depende do pH e, em condições de pH ácido domina o H_3BO_3, alterando para o $B(OH_4)^-$ na medida em que o pH aumenta, até sua precipitação, que ocorre a valores de pH entre 8 e 9.

O B é considerado imóvel na planta e, por esse motivo, os sintomas de deficiência de B se manifestam nos pontos de crescimento, área de diferenciação e órgãos com maior expansão celular. Caracterizam-se pela redução do crescimento meristemático e deformação nas zonas de crescimento devido à não diferenciação celular, raízes curtas, diminuição da superfície foliar, folhas jovens deformadas, espessas e quebradiças, seguidas de manchas cloróticas ou até mesmo coloração verde mais intensa. Além disso, pode apresentar também abortamento floral, lóculo aberto e escurecimento no interior dos frutos (Figura 2).



Fotos: Juscimar da Silva

Figura 2 - Deficiência de B.

Os fatores que condicionam o aparecimento dos sintomas de deficiência de B são: calagem excessiva, índice de precipitação elevado e irrigação em excesso. A textura do solo influencia também no comportamento do B, já que, em solos de textura arenosa, o B pode ser facilmente lixiviado, enquanto que para solos de textura argilosa, sua mobilidade é pequena.

5.3.8 Cobre (Cu)

O cobre faz parte de algumas enzimas, incluindo a oxidase do ácido ascórbico (vitamina C), citocromo-oxidase e a plastocianina, que se encontram nos cloroplastos. Participa também de processos fisiológicos como a fotossíntese, redistribuição de carboidrato na planta e no mecanismo de resistência às doenças fúngicas na planta.

O teor total de cobre no solo varia de 1 a 80 $mg.kg^{-1}$ e, na solução do solo, o nutriente se encontra na forma iônica Cu^{2+}, formando complexos solúveis com ácidos orgânicos. As plantas absorvem o Cu^{2+} na forma iônica e de quelatos orgânicos. A alta afinidade do cobre com os átomos de N do grupo amino parece explicar o transporte de Cu na planta.

Os sintomas de deficiência de Cu aparecem nas folhas mais jovens da planta, manifestando murcha, clorose marginal e internerval e necrose nas nervuras das folhas inferiores, muito semelhante às ocasionadas por virose. É raro o aparecimento de deficiência de Cu, já que este elemento se encontra disponível em quantidades adequadas na maioria dos solos. Entretanto, a absorção de Cu é afetada negativamente em solos com altos teores de matéria orgânica, pH elevado e altas concentrações de Zn, Fe e P na solução do solo.

Em geral, para o tomateiro rasteiro, a toxidez por Cu pode ser observada com teores a partir de 300 $mg.kg^{-1}$ e as alterações se manifestam nas raízes, que perdem seu vigor, adquirem coloração escura, apresentam engrossamento e paralisam seu crescimento. Sintomas de deficiência de Fe e P podem se manifestar na planta uma vez que o Cu, em excesso, interfere na absorção destes nutrientes.

5.3.9 Ferro (Fe) e Manganês (Mn)

Os teores de Fe e Mn se apresentam disponíveis em quantidades adequadas na maioria dos solos brasileiros. O Fe participa de reações fundamentais de oxirredução, tanto em hemoproteinas como em proteínas não-hémicas com ligação Fe-S, como ferrodoxina e enzimas redutase, nitrogenase e sulfato redutase. O Fe também catalisa a biossíntese de clorofila, uma vez que é parte constituinte de enzimas responsáveis pela sua formação. Já o Mn, além de ser necessário à síntese de clorofila, tem como função principal a ativação de enzimas. Participa no funcionamento do fotossistema II da fotossíntese e é responsável pela fotólise da água.

As plantas absorvem o Fe e o Mn presentes na solução do solo nas formas iônicas Fe^{2+} e Mn^{3+}, respectivamente. O Fe pode ser absorvido também como Fe-quelato. Ambos os nutrientes são bastante imóveis na planta, portanto suas deficiências surgem nas partes novas da mesma. Deficiência de Fe caracteriza-se pela clorose internerval ou coloração amarela uniforme na folha e redução do crescimento da planta. Para o Mn raramente são observadas sintomas de deficiência no tomateiro, em razão da aplicação de agroquímicos que contêm esse nutriente. No entanto, os sintomas de deficiência são muito parecidos com os do Fe, podendo ocasionar

um diagnóstico equivocado. Calagem excessiva, solos mal drenados, solos turfosos e presença de outros metais são condições que predispõem ao aparecimento de deficiência de Fe e Mn.

5.3.10 Molibdênio (Mo)

O Mo está intimamente associado com o metabolismo do nitrogênio, em razão da sua presença em grande quantidade na enzima nitrato-redutase, a qual catalisa a reação de redução do NO_3^- a NO_2^-. No solo, o teor de Mo é muito baixo e sua absorção pela planta na forma aniônica MoO_4^{2-} é estimulada pelo pH e pela presença de P. A alteração do pH em uma unidade, por exemplo, pode aumentar em até 500% o conteúdo foliar de Mo. Já a absorção radicular do Mo é altamente favorecida a partir da interação do nutriente com o ânion $H_2PO_4^-$.

A deficiência de Mo ocorre em condições de pH ácido, por ter sua disponibilidade afetada devido à interação do nutriente com as superfícies carregadas positivamente dos colóides do solo, e também na presença do íon SO_4^{2-}, que limita sua absorção pelas raízes da planta. Os sintomas de deficiência de Mo, em geral, se assemelham com os de deficiência de N, mostrando clorose nas folhas mais velhas, com possíveis necroses marginais devido ao acúmulo de nitrato.

5.3.11 Zinco (Zn)

Em relação ao Zn, esse nutriente atua ativamente como cofator enzimático de vários processos metabólicos, como a ativação da trifosfato-desidrogenase, enzima essencial para a glicose, e síntese de auxinas, hormônios vegetais relacionados ao crescimento, em razão da sua participação na síntese de triptofano, aminoácido precursor do ácido indol acético.

Nos solos, os teores totais de Zn variam entre 10 e 300 $mg.kg^{-1}$; entretanto, essa quantidade não está prontamente disponível para as plantas. Semelhante aos demais micronutrientes, a atividade do Zn na solução do solo é governada pelo pH, sendo maior em condição de pH baixo (solos ácidos). A absorção de Zn pelo tomateiro pode ser via radicular ou foliar, na forma iônica Zn^{2+}. A redistribuição do Zn na planta é baixa, de forma que se concentra na raiz da planta e o conteúdo no fruto é pequeno.

Em razão da baixa mobilidade e da associação com hormônios de crescimento, a deficiência de Zn se expressa nas folhas jovens. Caracteriza-se pelo encurtamento dos entrenós, deformação e clorose das folhas e, quando é intensa, redução no tamanho das folhas. Ressalta-se também que plantas com deficiência em Zn apresentam folhas com conteúdos elevados de Fe, Mn, nitrato e fosfato, enquanto os conteúdos de amido são baixos.

5.4 Correção do solo

O tomateiro é uma cultura muito exigente em nutrientes, por isso, a adição ou restituição ao solo dos nutrientes exportados pela cultura por meio de técnicas agrícolas usuais, como calagem e uso de fertilizantes, é de fundamental importância para obter altas produtividades. A correção do solo deve ser realizada de maneira equilibrada visando atender a demanda da planta, evitando-se excessos, já que esses insumos podem representar até 50% do custo de produção.

A análise química do solo, portanto, é uma ferramenta-chave para conhecer o estado nutricional do solo a ser cultivado. A análise auxilia na tomada de decisão referente às

quantidades de nutrientes a serem adicionadas e corrigir os desequilíbrios nutricionais causados pelo uso excessivo de fertilizantes, muito comum em áreas de cultivo de hortaliças. Conhecer os atributos físicos do solo é também de fundamental importância para o manejo adequado da adubação, evitando perdas dos nutrientes por lixiviação que podem causar passivos ambientais.

Ressalta-se que para uma correta avaliação da fertilidade do solo deve-se ter cuidado com a amostragem, procurando realizá-la da forma que melhor represente a fertilidade média da área amostrada, porque os laboratórios não conseguem minimizar ou corrigir os erros cometidos nessa etapa. A unidade de amostragem deve ser uniforme em relação à vegetação, à posição topográfica, às características perceptíveis do solo e o histórico da área.

5.4.1 Calagem

A correção da acidez do solo, pela calagem, faz-se necessária para ajustar o pH, reduzir a atividade do Al trocável do solo, promover maior eficiência de absorção de água pela planta e, principalmente, para atingir o suprimento de Ca e Mg para a máxima eficiência econômica do tomateiro.

Os métodos mais utilizados para estimar a quantidade de corretivo que deverá ser aplicada no solo são: "Neutralização do Al trocável e Elevação dos teores de (Ca^{2+} + Mg^{2+})" e "Saturação por Bases". Não obstante a determinação da quantidade de corretivos, para obter os efeitos desejáveis da calagem deve-se ainda levar em consideração a época de aplicação, o tipo e a forma de incorporação do calcário.

5.4.1.1 Método de neutralização do Al^{3+} e elevação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+}

Neste método utiliza-se uma equação matemática composta por duas semi-equações que se somam para definir a necessidade de calcário (NC) para um determinado solo. Na primeira parte da equação é considerada a acidez do solo ocasionada pela presença de Al^{3+} na solução do solo, bem como as características do solo e a saturação de alumínio tolerada pelo tomateiro, cerca de 5%. A segunda parte da equação procura atender a exigência em Ca e Mg da cultura. Assim, a NC por esse método pode ser obtido a partir da seguinte fórmula:

$$\mathbf{NC = Y \times [Al^{3+} - (m_t \times t/100)] + [X - (Ca^{2+} + Mg^{2+})]}, \text{ onde:}$$

NC = Necessidade de calcário, em $t.ha^{-1}$;
Y = variável relacionada à capacidade tampão do solo e que pode ser definida de acordo com a textura do solo (Tabela 1);
Al^{3+} = acidez trocável, em $cmol_c\ dm^{-3}$;
m_t = saturação máxima por Al tolerada, m = 5%;
t = capacidade de troca catiônica efetiva (CTCefetiva), em $cmol_c\ dm^{-3}$;
X = disponibilidade de Ca e Mg requerida pelo tomateiro, X = 3;
Ca^{2+} + Mg^{2+} = teores trocáveis de Ca e Mg, em $cmol_c\ dm^{-3}$.

O resultado negativo nos colchetes deve ser substituído por zero para dar continuidade ao cálculo.

Considerando que o tomateiro é sensível à toxidez por Al^{3+} e responde muito bem à adubação com Ca e Mg, pode-se adotar os valores m = 0 e X = 3. Assim, a fórmula poderá ser escrita da seguinte maneira:

$NC = Y \times Al^{3+} + [3 - (Ca + Mg)]$

5.4.1.2 Método da saturação por bases

Esse método fundamenta-se na relação existente entre o pH e a saturação por bases, sendo utilizado principalmente no Estado de São Paulo. Procura-se elevar a saturação por bases (V) a valores recomendados para cada cultura, que para o tomate é de 70% do valor da CTC a pH 7,0, a partir da seguinte fórmula:

$NC = [T \times (V_2 - V_1)] / 100$, onde:

NC = Necessidade de calcário, em $t.ha^{-1}$;
T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0, estimada pela soma de bases e acidez potencial [SB + (H+Al)], determinadas pela análise do solo, em $cmol_c\ dm^{-3}$;
V_2 = porcentagem de saturação por bases recomendada, para tomateiro V_2 = 70%;
V_1 = saturação por bases atual do solo, em %, estimado por: $V_1 = (100 \times SB/T)$; sendo SB = $Ca^{2+} + Mg^{2+} + K + Na$, em $cmol_c\ dm^{-3}$

A forma mais simples para estimar a NC por este método é:

$NC = (V_2/100) \times T - SB$

Sendo V_2 = 70% para o tomateiro a fórmula fica:

$NC = 0,7 \times T - SB$

Independente do método utilizado para estimar a NC, o resultado obtido refere-se à quantidade de materiais corretivos, carbonato de cálcio ($CaCO_3$) ou calcário com poder relativo de neutralização (PRNT) de 100%, a serem incorporados por hectare de solo, na camada de 0 a 20 cm de profundidade. Nesse sentido, em razão da grande variação de fontes de materiais corretivos da acidez, na escolha do corretivo deve ser levado em conta o PRNT, que deve ser de no mínimo 45% conforme a legislação vigente, o preço do transporte e o tipo de equipamento disponível de aplicação.

Em geral, deve-se optar por calcários com teores mais elevados de Mg, como os dolomíticos, uma vez que a relação Ca:Mg ótima para o tomateiro deve estar entre 3:1 e 4:1, na CTC do solo. Em situações favoráveis ao uso de calcário calcítico, o Mg pode ser

complementado por outras fontes, como sulfatos, carbonatos e óxidos. Para solos com teores baixos apenas de Mg (Mg^{2+} < 1,0 $cmol_c.dm^{-3}$), recomenda-se aplicar de 100 a 120 $kg.ha^{-1}$ de sulfato de Mg, no sulco, junto aos outros fertilizantes.

O calcário deve ser aplicado a lanço, cerca de 90 dias antes do plantio para permitir que as reações de solubilização se processem e o propósito da calagem seja atingido. Depois de aplicado, o calcário deve ser incorporado por meio de aração ou gradagem para o sistema de cultivo convencional e superficialmente no sistema plantio direto. Para melhor efeito da calagem, o solo deve estar com umidade superior a 80% da capacidade de campo.

Tabela 1
Valores de Y em função da textura e porcentagem de argila do solo.

Textura do solo	Teor de Argila (%)	Y
Arenosa	0 – 15	0,0 – 1,0
Média	15 – 35	1,0 – 2,0
Argilosa	35 – 60	2,0 – 3,0
Muito argilosa	> 60	3,0 – 4,0

Fonte: Adaptado de Alvarez V. e Ribeiro (1999)

5.5 Adubação

O conhecimento do estado nutricional do solo pela análise química, juntamente com a textura do solo e o potencial de produção da cultivar a ser plantada, é fundamental para a definição das quantidades de fertilizantes a serem utilizadas. Da mesma forma, o conhecimento do histórico da área também deve ser considerado, uma vez que os resíduos das adubações anteriores podem atingir níveis de toxidez, em especial para micronutrientes.

A partir dos resultados da análise química do solo, comparam-se os teores aos das tabelas regionais de adubação para identificar a classe de fertilidade do solo. Deve-se ter atenção, no entanto, quanto ao método de análise a utilizado, que altera a interpretação dos níveis de fertilidade do solo. No Estado de São Paulo, por exemplo, a resina de troca aniônica é o método adotado para determinar o teor de P disponível no solo, enquanto que em Minas Gerais e demais regiões produtoras utiliza-se o Mehlich-1. A partir da definição da classe de fertilidade do solo, recorre-se às tabelas de recomendação de adubação química de plantio para tomateiro rasteiro (industrial).

Em geral, os estados ou as regiões produtoras, como Goiás e Pernambuco, já apresentam tabelas com recomendação de adubação; portanto, neste capítulo serão abordados apenas dois exemplos: o Estado de São Paulo e a região do Cerrado (Tabela 2).

Tabela 2
Valores de Y em função da textura e porcentagem de argila do solo.

Nutriente	Resultado de análise		Recomendação	
	São Paulo[1/]	Cerrado[2/]	São Paulo	Cerrado
	--------- mg dm^{-3} -------		--------- kg ha^{-1} ---------	
	< 25	< 10	400	600
Fósforo (P) P_2O_5	25 – 60	10 – 20	200	500
	> 60	21 – 30	100	400
		> 30		300
	0,0 – 1,5[3/]	< 30	180	250
Potássio (K) K_2O	1,6 – 3,0	30 – 60	120	200
	> 3,0	61 – 100	60	150
		> 100		50

1/extrator resina de troca aniônica/catiônica; **2/**extrator Mehlich-1; **3/**valores em $mmol_c$ dm^{-3}.
Fonte: Adaptado de Raij et al. (1996); Fontes (2000); Cantarutti et al. (2007).

No Estado de São Paulo, para o espaçamento de 0,8 a 1,2 x 0,3 a 0,4 m, em geral são utilizados de 80 a 120 kg.ha^{-1} de N, de 300 a 450 kg.ha^{-1} de P_2O_5 e de 50 a 100 kg.ha^{-1} de K_2O. A dose de N é variável em função do teor de matéria orgânica do solo podendo ser utilizada a quantidade mínima de 80 kg.ha^{-1} de N em solos mais ricos. É muito comum o uso de 500 kg.ha^{-1} da formulação 4-30-10 em pré-plantio, seguida da mistura de 500 kg.ha^{-1} de 1-30-10 com 250 kg.ha^{-1} de sulfato de amônio, aplicados em cobertura entre 30 e 35 dias após a emergência ou 20 a 25 dias após o transplantio.

Já na região do Cerrado, em geral, os cultivos têm sido conduzidos no espaçamento de 0,60 x 1,10 a 1,20 m, em fileira simples ou dupla. Para os nutrientes P e K é recomendada a aplicação das quantidades especificadas na Tabela 2, estabelecidas para solos de textura média, com teor de argila de 400 g.kg^{-1}. A adubação nitrogenada é realizada com 120 kg.ha^{-1} de N, dos quais metade é aplicada no plantio juntamente com P e K. O restante é aplicado em cobertura entre 20 e 30 dias após a semeadura ou de 15 a 20 dias após o transplantio. Em algumas regiões, principalmente no Estado de Goiás, para uma produtividade aproximada de 110 t.ha^{-1} têm sido aplicados de 1.300 a 1.500 kg.ha^{-1} da formulação 4-30-16 juntamente com 0,2 % de B em pré-plantio. A adubação de cobertura é realizada aplicando-se 150 kg.ha^{-1} de nitrato de amônio juntamente com 200 kg.ha^{-1} de cloreto de potássio, 15 a 20 dias após o transplantio.

É importante enfatizar que o uso de fontes concentradas de nutrientes (N, P e K) nas formulações tem sido apontado como principal responsável pelo aparecimento de sintomas de deficiência de enxofre nos solos. De maneira geral, teor de S menor que 5,0 mg.dm^{-3} é considerado baixo, portanto sua correção se faz necessária. A restituição do S exportado pelas culturas pode ser feita pela aplicação de gesso agrícola ou outras fontes com contenham o nutriente, como o sulfato de magnésio. Recomenda-se aplicar no plantio 60 kg.ha^{-1} de S.

Em razão das dificuldades de realizar, em condições de campo, ensaios de calibração da análise do solo, a interpretação dos resultados dos teores de micronutrientes ainda é

muito discordante e necessita de melhor padronização. Cabe ressaltar, entretanto, que em alguns estados já existem tabelas de interpretação dos resultados da análise do solo para micronutrientes, definidas por órgãos oficiais (Tabela 3).

Tabela 3
Classes de interpretação da disponibilidade para alguns micronutrientes.

Micronutriente	Classificação	Resultado da Análise		
		São Paulo	Cerrado	Minas Gerais
		---------- mg dm^{-3} ----------		
Boro (B)	Muito Baixo			≤ 0,15
	Baixo	< 0,20	< 0,20	0,16 – 0,35
	Médio	0,20 – 0,60	0,30 – 0,60	0,36 – 0,60
	Alto	> 0,60	> 0,50	0,61 – 0,90
	Muito Alto			> 0,90
Cobre (Cu)	Muito Baixo			≤ 0,30
	Baixo	< 0,20	< 0,40	0,40 – 0,70
	Médio	0,30 – 0,80	0,50 – 0,80	0,71 – 1,20
	Alto	> 0,80	> 0,80	1,21 – 1,80
	Muito Alto			> 1,80
Manganês (Mn)	Muito Baixo			≤ 2,0
	Baixo	< 1,2	< 1,9	2,1 – 5,0
	Médio	1,3 – 5,0	2,0 – 5,0	6,0 – 8,0
	Alto	> 5,0	> 5,0	9,0 – 12,0
	Muito Alto			> 12,0
Zinco (Zn)	Muito Baixo			≤ 0,40
	Baixo	< 0,5	< 1,0	0,41 – 0,90
	Médio	0,5 – 1,2	1,1 – 1,6	0,91 – 1,50
	Alto	> 1,2	> 1,6	1,51 – 2,20
	Muito Alto			> 2,20

Fonte: Adaptado de Raij et al. (1996); Fontes (2000); Cantarutti et al. (2007).

A adubação com B e Zn tem mostrado respostas satisfatórias e é recomendada quando os teores no solo apresentam-se inferiores a 0,4 e 0,6 mg.dm^{-3}, respectivamente. Quando a aplicação de micronutriente for realizada na ocasião do plantio, devem ser utilizadas fontes mais solúveis nas doses de 2 a 3 kg.ha^{-1} de B e 4 kg.ha^{-1} de Zn.

Por fim, ressalta-se que o manejo adequado da adubação passa também pela identificação da textura do solo, em razão da interação dos nutrientes com a fase sólida. Nos solos de textura arenosa ou média, teor de argila menor que 400 g.kg^{-1} e de baixa CTC, a adubação com N e K deve ser parcelada em duas ou até três vezes, para evitar perdas por lixiviação.

Para solos de textura mais argilosa, a localização dos nutrientes na linha de plantio é outra prática recomendada, principalmente para os fertilizantes que contêm fontes solúveis de P em sua formulação, como o nitrofosfato ou o superfosfato triplo. Esta prática baseia-se no princípio do posicionamento do fertilizante próximo ao sistema radicular, favorecendo sua disponibilidade para a cultura, a redução de sua adsorção pelos colóides do solo e favorecimento

de seu transporte pelo espaço poroso, em razão do maior gradiente de concentração entre a rizosfera e a região fertilizada. Deve-se ter cuidado, entretanto, com os riscos de efeito salino, os quais em muitos casos têm sido responsáveis pela diminuição da população de plantas.

5.6 Matéria orgânica do solo (MOS)

A matéria orgânica do solo é produzida a partir da decomposição dos resíduos vegetais e animais, sendo formada por compostos de carbono em vários graus de decomposição. Além de ser fonte de nutrientes, também apresenta cargas de superfície que contribuem para a retenção de nutrientes no solo, regula a disponibilidade de vários micronutrientes bem como a atividade de elementos tóxicos, como Al^{3+} e Mn^{2+} e metais pesados em solos ácidos.

A MOS é composta basicamente dos seguintes elementos: carbono (52 a 58%), oxigênio (34 a 35%), nitrogênio e hidrogênio (3,3 a 7%), além de enxofre e fósforo que se apresentam em torno de 2%. Dentre as características da MOS que contribuem para a melhoria e manutenção da fertilidade do solo, o aumento da CTC é a mais importante, porque influencia diretamente na retenção de nutrientes e de umidade, e na manutenção da biodiversidade, além de contribuir para a redução da fixação do P no solo. A presença da MOS pode também, até certo ponto, limitar variações repentinas no pH do solo, mantendo-o próximo à neutralidade e reduzindo a aplicação de doses elevadas de calcário para correção da acidez.

Semelhante às características químicas do solo, as propriedades físicas também são alteradas positivamente pela MOS. De maneira geral, solos com teores mais altos de matéria orgânica apresentam melhor estrutura, com maior porosidade, o que facilita aeração, infiltração de água e desenvolvimento de raízes, favorecendo a exploração do solo pelas raízes e a obtenção de água e nutrientes.

As diferentes práticas de cultivo conservacionistas, em especial o plantio direto, têm se mostrado eficientes na manutenção e no aumento das quantidades de matéria orgânica nos solos. A manutenção da palhada, o não revolvimento dos solos, a rotação de culturas utilizando plantas cuja palhada é rica em carbono (milho, por exemplo), são exemplos de estratégias para aumentar a concentração de material orgânico. O uso de leguminosas (crotalária, mucuna, etc.) na rotação é também uma alternativa a ser pensada, no entanto deve-se evitar plantas hospedeiras de doenças e, principalmente, pragas que afetem o tomateiro, como a mosca branca, comum em lavouras de soja e feijão.

5.7 Absorção de nutrientes

O tomateiro é, entre as hortaliças, uma das culturas mais exigentes em nutrientes. Portanto, identificar suas demandas nutricionais, seus principais sintomas de deficiências e conhecer a função de cada elemento na nutrição da planta, são ferramentas importantíssimas para o bom manejo da cultura.

A quantidade de nutrientes absorvidos pelo tomateiro e a sua compartimentalização em geral, associados ao desenvolvimento da planta, dependem de fatores bióticos e abióticos, dentre eles o sistema de plantio, as fontes e as doses dos fertilizantes.

Em um ensaio conduzido na Embrapa Hortaliças observou-se que a produção de matéria seca da cultivar H-9494, no final do ciclo de cultivo, cerca de 110 dias após o transplantio (DAT), foi de 8.000 kg.ha^{-1}, com acúmulo de nutrientes em torno de 170,4 kg.ha^{-1} de N; 34,03 kg.ha^{-1} de P e 310,45 kg.ha^{-1} de K (Tabela 4). A extração de nutrientes apresentou a seguinte ordem decrescente: K, N, Ca, Mg, P, S, Cu, Zn e B.

Tabela 4
Acúmulo de nutrientes pelo tomateiro, cv. H9494, durante o ciclo de cultivo. Condição de cultivo: transplante aos 22 dias após semeio em bandeja; população 30 mil plantas.ha^{-1}; adubação 1.500 kg.ha^{-1} de 4-30-16 e 400 kg.ha^{-1} de Yoorin.

DAT[1/] -- dia --	Órgão da planta	Elemento								
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Cu
		kg ha^{-1}						mg ha^{-1}		
35	Folha	17,02	1,98	19,67	8,34	3,94	0,37	16,87	21,89	87,97
	Caule	2,53	0,51	5,79	0,69	0,50	0,17	2,18	6,57	2,28
	Fruto	0,14	0,04	0,24	0,01	0,01	0,01	0,11	0,11	0,11
	Total	19,69	2,53	25,70	9,04	4,45	0,55	19,16	28,57	90,36
	Absorvido (%) [2/]	11,60	7,40	8,30	18,70	11,7	5,90	10,10	10,00	9,40
55	Folha	26,98	7,40	57,34	27,66	16,19	1,67	67,40	52,14	304,81
	Caule	16,04	5,28	44,08	5,20	3,75	0,42	19,59	32,65	31,30
	Fruto	28,80	5,98	47,27	2,73	1,87	0,08	24,20	21,54	21,73
	Total	71,82	18,66	148,69	35,59	21,81	2,17	111,19	106,33	357,84
	Absorvido (%)	42,20	54,80	47,90	73,70	57,10	23,40	58,60	37,20	37,30
70	Folha	35,45	4,26	37,75	27,21	16,32	1,88	40,97	54,91	301,72
	Caule	14,95	4,20	24,63	7,04	4,28	1,26	17,01	63,55	35,83
	Fruto	28,14	9,79	74,90	4,69	3,56	2,74	41,04	34,93	33,09
	Total	78,54	18,25	137,28	38,94	24,16	5,88	99,02	153,39	370,64
	Absorvido (%)	46,10	53,60	44,22	80,70	63,3	63,50	52,20	53,70	38,60
90	Folha	15,78	6,17	37,51	23,92	16,63	1,81	50,51	33,44	571,81
	Caule	15,93	4,05	32,80	7,71	6,60	0,96	18,27	75,13	34,35
	Fruto	108,32	16,44	194,67	11,33	9,06	9,80	81,12	47,87	81,66
	Total	140,03	26,66	264,98	42,96	32,29	12,57	149,90	156,44	687,82
	Absorvido (%)	82,20	78,30	85,40	89,00	84,5	135,50	79,10	54,8	71,70
110	Folha	23,55	2,83	29,14	22,33	16,46	1,72	63,11	34,44	805,14
	Caule	14,85	2,78	46,68	9,80	9,22	1,32	23,10	131,03	52,23
	Fruto	132,00	28,42	234,62	16,14	12,52	6,24	103,41	120,22	102,47
	Total	170,40	34,03	310,45	48,27	38,20	9,28	189,62	285,69	959,84
	Absorvido (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100

1/DAT, Dias após o transplante; **2/**porcentagem de nutriente absorvido em relação à extração total da planta.
Fonte: adaptado de Fontes (2000).

A eficiência de utilização de nutrientes pelo tomateiro é baixa nos primeiros 30 a 40 DAT, dispensando o uso de quantidades elevadas de fertilizantes no pré-plantio. Embora isto possa induzir à aplicação dos fertilizantes N, P e K em maior quantidade após esse período, essa prática não é recomendada em razão da importância, principalmente do P, para o bom desenvolvimento inicial de raízes.

O acúmulo de matéria seca e de nutrientes aumentou consideravelmente a partir do 55º até o 90º DAT, período que corresponde à fase de pegamento e de crescimento dos frutos (entre 40 e 70 dias após o semeio ou de 20 a 50 DAT). Os teores de nutrientes nos diversos compartimentos (folha, caule e fruto) apresentaram grande variação, em função das atividades metabólicas e fisiológicas da planta. Na medida em que os frutos começaram a se desenvolver, houve incremento na absorção de nutrientes pelas plantas. As folhas foram, até este estádio, o órgão da planta com maior concentração de nutrientes e massa seca. A partir de então, alguns nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio passaram gradativamente a se acumular em maior quantidade nos frutos. Dessa forma os frutos figuraram como grandes drenos de nutrientes e fotoassimilados, sendo estes nutrientes exportados juntamente com os frutos.

É importante observar também que aos 55 DAT o tomateiro já havia acumulado boa parte da sua demanda em Ca, B, Mg e P, cerca de 73,7%; 58,6%; 57,1% e 54,8% do total requerido ao longo do ciclo da cultura. Essa informação corrobora a necessidade de aplicar o P na adubação de base para estimular a formação de raízes e, consequentemente, aumentar eficiência de absorção de nutrientes, bem como evidencia a importância da aplicação do calcário previamente ao plantio. Como os carbonatos apresentam baixa solubilidade, deve-se procurar coincidir os maiores teores de Ca e Mg no solo com o período de maior demanda da planta. Da mesma forma, o B, cuja absorção está intimamente associada com a absorção e metabolismo do Ca, sendo ambos muito importantes na fase de formação de frutos.

5.8 Interação entre nutrientes na planta

Muitos agricultores, e mesmo técnicos, cometem um erro perigoso na adubação de culturas agrícolas, principalmente das hortaliças – confundir uma cultura bem nutrida com uma cultura nutrida em excesso. O uso excessivo de fertilizantes, sem levar em consideração o que está disponível no solo e o que a cultura realmente necessita, tem se tornado um problema recorrente e danoso em cultivos olerícolas, inclusive de tomate, em todas as regiões do Brasil.

Muitos dos elementos químicos essenciais para as plantas são absorvidos na forma de íons, ou seja, na forma de elementos químicos com carga elétrica, como se pode observar na Tabela 5. Aqueles com carga elétrica negativa são chamados ânions, os que possuem carga positiva são os cátions. No interior das células, que é para onde vão os nutrientes, deve ser mantido um equilíbrio eletroquímico, ou seja, um equilíbrio entre a concentração de ânions e cátions.

Existem interações, favoráveis ou complementares e desfavoráveis ou indesejáveis, entre alguns nutrientes. No primeiro caso, a absorção de determinado elemento pode favorecer a absorção de outro, como tem sido observado entre K^+ e Cl^- em algumas espécies. Por outro lado, nas interações desfavoráveis, a absorção de determinada forma de um nutriente pode dificultar a absorção de outro. Muito conhecida entre os técnicos que lidam com tomate é a interação indesejada que existe entre a forma amoniacal do nitrogênio (NH_4^+) e o cálcio (Ca^{2+}). Como se pode observar, ambas as formas se comportam com íons de carga positiva, ou seja, são catiônicas.

Tabela 5
Formas químicas dos nutrientes absorvidas pelas plantas.

Nutriente	Forma química	
	Iônicas	Gasosas
Nitrogênio (N)	NO_3^- e NH_4^+	N_2
Fósforo (P)	$H_2PO_4^-$ e HPO_4^{2-}	
Potássio (K)	K^+	
Cálcio (Ca)	Ca^{2+}	
Magnésio (Mg)	Mg^{2+}	
Enxofre (S)	SO_4^{2-}	SO_2
Boro (B)	$H_3BO_3^{(0)}$e $B(OH)_4^-$	
Cloro (Cl)	Cl^-	
Cobre (Cu)	Cu^{2+}	
Ferro (Fe)	Fe^{2+}	
Manganês (Mn)	Mn^{2+}	
Molibdênio (Mo)	MoO_4^{2-}	
Níquel (Ni)	Ni^{2+}	
Zinco (Zn)	Zn^{2+}	

Fonte: Adaptado de Barber (1984); Mengel & Kirkby (1987); Marschner (1995)

Em geral, o uso exclusivo ou excessivo da forma amoniacal de nitrogênio leva ao surgimento de sintomas de deficiência em cálcio, como a podridão apical dos frutos (fundo preto). Apesar de o cálcio estar presente no solo em formas disponíveis, a planta não o aproveita porque a célula necessita manter o equilíbrio eletroquímico – o excesso de um determinado cátion impede a absorção (ou causa a saída) de outro cátion. Por outro lado, a aplicação demasiada de formas nítricas de N (NO_3^-), além de poder afetar a absorção de outros nutrientes na forma aniônica, íons ou moléculas com carga negativa, pode promover a elevação excessiva do pH do solo, afetando negativamente a absorção de micronutrientes metálicos, como Fe, Cu, Zn e Ni, os quais podem se tornar indisponíveis em valores mais altos de pH. As calagens excessivas têm o mesmo efeito.

Outro nutriente que pode afetar a absorção de micronutrientes metálicos, se aplicado em excesso, é o P. Não é raro se observar, no campo, sintomas de deficiência em zinco, apesar da aplicação do nutriente. A análise do solo em geral mostra teores muito altos de P. Neste caso, a interação negativa não se dá pela manutenção do balanço eletroquímico nas células, mas provavelmente pela formação de compostos de baixa solubilidade no solo.

5.9 Níveis de nutrientes nas folhas

A diagnose nutricional do tomateiro pode ser realizada pela avaliação dos resultados da análise química foliar, que, semelhante à análise de solo, figura como ferramenta importante para o bom manejo da adubação, pois possibilita planejar, avaliar e calibrar a recomendação de adubação das lavouras. Portanto, a diagnose foliar é um complemento da análise de solo para a recomendação de fertilizantes, realizando de forma holística a avaliação dos fatores de solo, clima e manejo da cultura que poderiam estar limitando o desenvolvimento e a produtividade do tomateiro.

A análise foliar ajuda a distinguir a nutrição inadequada de alguns padrões característicos de deficiência ou excesso, que se confundem com fatores inerentes à presença de determinado nutriente, os chamados fatores bióticos e abióticos. Dentre os principais fatores associados estão: a falta ou excesso de água, drenagem inadequada do solo, incidência de pragas e doenças, temperaturas baixas ou elevadas, fitotoxidez ocasionada por defensivos, dentre outros. A ação individual ou combinada destes fatores pode causar deficiência em determinado nutriente, quando interfere na sua absorção e/ou translocação, ou pode simplesmente provocar sintomas semelhantes aos de deficiência.

Os critérios de amostragem das folhas para realizar a análise foliar são variáveis e, em alguns casos, discordantes. Para tomateiro rasteiro (industrial) recomenda-se, em geral, fazer amostragem na lavoura aos 40 dias após a semeadura ou entre 25 e 30 dias após o transplantio das mudas, coincidindo com o período de florescimento. Para grandes áreas deve-se, inicialmente, dividi-las em talhões e, em seguida, coletar a 4ª folha e seu respectivo pecíolo a partir do ápice da planta, num total de 15 folhas por talhão.

As folhas devem ser armazenadas em sacos de papel, devidamente identificados e colocados para secar em estufa com circulação forçada de ar, a temperatura de 65 a 70 °C, até o peso permanecer constante.

Na Tabela 6 encontram-se dados de produtividade e conteúdos de nutrientes em folhas do tomateiro, no estádio de florescimento, de diferentes áreas produtoras do Estado de Goiás em comparação com outros dados da literatura.

A diferença entre os valores de macro e micronutrientes observados no campo e os das faixas consideradas adequadas na literatura são atribuídas a vários fatores, tais como época de cultivo, idade da planta ou do órgão amostrado e preparo da amostra. Deve-se ressaltar ainda que esses conteúdos não dependem apenas do elemento em si, mas da sua interação com outros nutrientes, do manejo, da tolerância de cada cultivar, da diversidade dos atributos químicos, físicos e mineralógicos de cada solo, das condições climáticas de cultivo e outros.

A recomendação de adubação e a aplicação de corretivos devem ser fundamentadas na análise química do solo, a qual informa ao técnico a quantidade de nutrientes que o solo oferece. Se esta quantidade for menor do que a necessidade da cultura, faz-se o uso de fertilizantes. No entanto, quando o solo apresentar a quantidade necessária de nutrientes para a cultura não se deve adicionar adubo ou adicionar apenas a quantidade suficiente para manutenção da sustentabilidade. Assim, enfatiza-se que a aplicação de fertilizantes sem levar em conta os resultados da análise de solo e a real necessidade da cultura é mera adivinhação, e uma prática impensável na agricultura moderna.

O uso excessivo de fertilizantes não é danoso por causa apenas dos problemas ambientais e do desperdício de recursos. Da mesma forma que ocorre em seres humanos, o excesso de nutrientes é danoso ao bom desenvolvimento do tomateiro e pode comprometer a produção da mesma forma que a sua falta.

Tabela 6
Valores médios, medianos, mínimos e máximos para produtividade e conteúdo de nutrientes em folhas do tomateiro industrial, cultivado sob pivô central.

Produtividade		Nutriente											
		N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Mn	Zn	B	Mo
--- $t.ha^{-1}$ ---		--- $dag.kg^{-1}$ ---						--- $mg.kg^{-1}$ ---					
Média	110,2	3,6	0,6	3,4	2,6	0,6	0,4	313,3	514,6	153,5	32,9		
Mediana	108,6	3,7	0,6	3,8	2,5	0,6	0,4	270,0	559,0	151,0	32,1		
Mínimo	90,2	2,6	0,2	2,0	1,6	0,2	0,3	115,0	216,0	9,0	14,4		
Máximo	142,4	4,1	1,1	6,2	3,8	0,8	0,6	730,0	833,0	389,0	51,6		
Fontes (2000)		4–6	0,3–0,6	3–5	1–3	0,4–0,6	0,5–1	5–15	40–200	40–250	20–50	30–100	0,3–0,5
Malavolta et al. (1997)		4–6	0,4–0,8	3–5	1,4–4	0,4–0,8	0,3–1	5 –15	100–300	50–250	30–100	30–100	

Fonte: Adaptado de Barber (1984); Mengel & Kirkby (1987); Marschner (1995)

5.10 Referências

ALVAREZ, V. V. H.; RIBEIRO, A. C. Calagem. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G., ALVAREZ, V. V. H. Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. aproximação. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 43-60.

ALVAREZ, V. F. C.; DUETEL, R. R. C.; MURAOKA, T.; DUETE, W. L. C.; DUETE, L. C.; ABREU JUNIOR, C. H. Utilização de fósforo do solo e do fertilizante por tomateiro. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 167-172, mar. 2002.

BARBOSA, V. Nutrição e adubação de tomate rasteiro. In: FERREIRA, M. E.; CASTELLANE, P. D.; CRUZ, M. C. (Ed.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: Potafos, 1993. p. 323-339.

CARVALHO, J. G.; BASTOS, A. R. R.; ALVARENGA, M. A. R. Nutrição mineral de adubação. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Tomate**: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004. p. 63-120.

CAVALCANTI, F. J. A. C. (Coord.). **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco**: 2ª aproximação. Recife: IPA, 1998. 198 p.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DE SOLOS DE GOIÁS. **Recomendações de corretivos e fertilizantes para Goiás**. Goiânia: UFG: EMGOPA, 1988. 101 p. (UFG- EMGOPA. Informativo Técnico, 1).

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 92-132.

FERREIRA, M. M. M.; FERREIRA, G. B.; FONTES, P. C. R.; DANTAS, J. P. Qualidade do tomate em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas estações. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 2, p. 141-145, abr./jun. 2006.

FERREIRA, M. V.; CRUZ, M. C. P.; RAIJ, B. van.; ABREU, C. A. **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq: FAPESP: PATAFOS, 2001. 600 p.

FERREIRA, R. B. **Aspectos nutricionais e tecnológicos da cultura do tomate industrial na região de Goiânia, Goiás.** 2007. 131 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos. Goiânia.

FONTES, P. C. R.; FONTES, R. R. Absorção de P e desenvolvimento do tomateiro rasteiro plantado em fileiras simples e duplas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 9, n. 2, p. 77-79, nov. 1991.

FONTES, P. C. R.; FONTES, R. R. Absorção de P e crescimento do tomateiro influenciado por fontes, níveis e posicionamento do fertilizante. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 10, n. 1, p. 11-13, 1992.

FONTES, P. C. R. **Olericultura**: teoria e prática. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 486 p.

FONTES, R. R. Solo e nutrição da planta. In: SILVA, J. B. C; GIORDANO, L. B. (Org.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia: Embrapa Hortaliças, 2000. p. 22-35.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2nd ed. Londres: Academic Press, 2005. 889 p.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; Neves, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 1017 p.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399 p.

RESENDE, G. M.; COSTA, N. D. Produtividade de tomate industrial no Vale do São Francisco. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 2, p.126-129, 2000.

Capítulo 06
IRRIGAÇÃO E FERTIGAÇÃO

6.1 Introdução 131
6.2 Sistemas de irrigação 132
6.2.1 Irrigação por Aspersão 133
6.2.2 Irrigação por Gotejamento 134
6.2.3 Irrigação por Sulco 136
6.3 Necessidade de água do tomateiro 137
6.3.1 Estádio de Formação de Mudas 139
6.3.2 Estádio de Estabelecimento Inicial 139
6.3.3 Estádio Vegetativo 140
6.3.4 Estádio de Frutificação 140
6.3.5 Estádio de Maturação 141
6.4 Métodos para manejo da água de irrigação 141
6.5 Fertigação 148
6.6 Referências 152

Capítulo 06
IRRIGAÇÃO E FERTIGAÇÃO

Waldir Aparecido Marouellli
Washington Luiz de Carvalho e Silva
Henoque Ribeiro da Silva
Marcos Brandão Braga

6.1 Introdução

A produção de tomate para processamento industrial no Brasil é realizada, em grande parte, durante a estação seca, sendo a técnica da irrigação prática fundamental para suprir a demanda hídrica das plantas e garantir o sucesso da cultura. Mesmo quando o cultivo é parcialmente realizado durante a estação chuvosa (plantios de fevereiro a abril nas regiões Centro Oeste e Sudeste), a irrigação deve ser usada de forma suplementar, pois a ocorrência de veranicos e de déficits hídricos, principalmente a partir de maio, pode comprometer a produção.

Apesar de ser uma prática incorporada ao sistema produtivo do tomateiro, a irrigação é um fator que pode limitar o desenvolvimento das plantas, a produtividade e a qualidade de frutos e favorecer a ocorrência de doenças; isso por que a irrigação é, muitas vezes, realizada de forma inadequada.

Tanto quanto a falta de água, o excesso tem efeito prejudicial sobre a produtividade e a qualidade de frutos. Em geral, é possível aumentar a produtividade, reduzir o uso de água e o custo de energia, em até 30 %, e melhorar a qualidade de frutos irrigando-se de forma adequada. Assim, o manejo correto da água de irrigação durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura é de grande importância na produção de tomate.

Dentre as variáveis associadas à qualidade de frutos, o teor de sólidos solúveis totais (SST) é a mais importante na produção de tomate para processamento. Tal variável, que depende da genética da planta, de fatores ambientais e do estádio de maturação do fruto, é também afetada por algumas práticas agrícolas, com destaque para a irrigação. A alta disponibilidade de água no solo durante os estádios de frutificação e maturação afeta negativamente o SST, aumentando o gasto, principalmente com energia, para a concentração da polpa.

Quanto aos sistemas de irrigação, a aspersão favorece a ocorrência de doenças da parte aérea, com exceção do oídio, enquanto os sistemas por sulco e por gotejamento favorecem as doenças de solo e alguns insetos-pragas.

No Brasil, mais de 90% do tomateiro para processamento é irrigado por aspersão, com predominância do pivô central. Embora seja um sistema que possibilita maiores produtividades com menor uso de água, o gotejamento é ainda pouco utilizado, porém mais do que o sistema por sulco.

Especialmente no sistema por gotejamento, a aplicação de fertilizantes via água de irrigação (fertigação) é fundamental na produção de tomates. Irrigar por gotejamento sem o uso da fertigação é pouco eficiente e, em regra, não traz ganhos econômicos compensadores. Mesmo na irrigação por aspersão, sobretudo via pivô central, a fertigação vem sendo utilizada por muitos produtores.

6.2 Sistemas de irrigação

Vários são os sistemas que podem ser utilizados na irrigação do tomateiro. Cada sistema apresenta características próprias, com custos variáveis, vantagens e desvantagens que devem ser considerados. Na Tabela 1 são apresentados valores médios para custo inicial de aquisição e instalação, eficiência de irrigação, demanda de energia e de mão de obra para diferentes sistemas. Esses valores são dependentes do nível de automação, da qualidade do equipamento, do tamanho da área, da eficiência gerencial, dentre outros fatores.

Tabela 1
Valores médios para custo inicial, eficiência da irrigação, consumo de energia e demanda de mão de obra para diferentes sistemas de irrigação utilizados na produção de tomateiro para processamento.

Sistema	Custo inicial[1] (R$ ha^{-1})	Eficiência (%)	Energia[2] (kWh mm^{-1} ha^{-1})	Mão de obra[3] (h ha^{-1} irrig^{-1})
Sulco	1.500 - 4.000	40 - 70	0,3 - 3,0	1,0 - 5,0
Convencional portátil	2.000 - 4.000	60 - 75	3,0 - 6,0	1,5 - 3,5
Convencional semiportátil	3.000 - 5.000	60 - 75	3,0 - 6,0	0,7 - 2,5
Convencional fixo	7.000 - 13.000	70 - 85	3,0 - 6,0	0,2 - 0,5
Autopropelido	4.000 - 6.000	60 - 70	6,0 - 9,0	0,5 - 1,0
Pivô central	4.500 - 7.500	75 - 90	2,0 - 6,0	0,1 - 0,5
Gotejamento	7.000 - 14.000	80 - 95	1,0 - 4,0	0,2 -- 1,0

1 Valores referentes à 2010/2011. Depende do nível de automação, qualidade de equipamento, tamanho da área, dentre outros. Inclui-se os custos de bombeamento/condução de água, adequação/sistematização do terreno e/ou aquisição/instalação do sistema.
2 Estimado para uma altura de recalque entre 0-50 m. Dividir kWh mm-1 ha-1 por 3,2 para estimar litros de diesel por mm ha.
3 Depende do nível de automação do sistema, eficiência gerencial, tamanho de setores, dentre outros fatores.

Fonte: adaptado de Marouelli et al. (2010)

A escolha do sistema de irrigação mais adequado deve ser fundamentada numa criteriosa análise de viabilidade técnico-econômica. Estudos realizados pela Embrapa Hortaliças têm indicado que, para as condições predominantes de produção de tomate para processamento no Estado de Goiás, o sistema por gotejamento apresenta desempenho econômico líquido ligeiramente superior ao pivô central, sobretudo para produtores que possuem maior capacidade de investimento. No entanto, o sistema por gotejamento, na configuração utilizada para irrigação do tomateiro, apresenta limitações para ser empregado em outras culturas de rotação, seja na entressafra do tomate ou em substituição ao cultivo do tomateiro. Nesses estudos, os desempenhos econômicos dos sistemas de irrigação por sulco e por aspersão convencional têm se mostrado positivos, porém muito inferiores ao pivô central e gotejamento.

6.2.1 Irrigação por Aspersão

Os principais sistemas de irrigação por aspersão são os do tipo convencional (Figura 1), pivô central (Figura 2), autopropelido e deslocamento linear. No Estado de Goiás, principal produtor de tomate para processamento no Brasil, praticamente toda a irrigação do tomateiro é feita utilizando-se o pivô central, enquanto no Estado de São Paulo os produtores utilizam principalmente os sistemas de aspersão convencional e pivô central. Os demais sistemas por aspersão são praticamente desconhecidos entre os produtores nacionais de tomate.



Foto: Antônio Regis de Oliveira

Figura 1 - Sistema de irrigação por aspersão convencional com aspersores do tipo canhão hidráulico.



Foto: Nuno Rodrigo Madeira

Figura 2 - Sistema de irrigação por aspersão do tipo pivô central.

O custo de implantação dos sistemas por aspersão varia entre R$ 2.500,00 e R$13.000,00 por hectare, sendo o menor valor para sistema convencional portátil, o maior para convencional fixo e valores intermediários para pivô central (Tabela 1).

A principal vantagem da aspersão é sua flexibilidade de uso nos mais diversos tipos de solo, topografia e cultura. Já a principal limitação está relacionada ao aumento de doenças da parte aérea, favorecido pelo molhamento da folhagem, elevação da umidade no interior do dossel vegetativo e pela lavagem dos defensivos aplicados. As principais doenças foliares e podridões dos frutos são a mancha-bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*), pinta-bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*), talo-oco (espécies de *Pectobacterium* e *Dickeya*), pinta-preta (*Alternaria solani*) e requeima (*Phytophtora infestans*).

O uso do pivô central, comparativamente a outros sistemas de irrigação, tem como vantagens o menor uso de mão de obra, a boa distribuição de água sobre o solo (Tabela 1) e a possibilidade de fornecer parte dos nutrientes juntamente com a água de irrigação. Entretanto, por ser o pivô central um sistema difícil de ser movido de área, o manejo impróprio do solo, da irrigação e a rotação inadequada de culturas favorecem maior incidência e acúmulo de patógenos no solo.

Mesmo apresentando algumas limitações de ordem fitossanitária, o pivô central é sistema mais utilizado no Brasil para cultivo do tomate para processamento. Isso se deve, principalmente, às facilidades operacionais, vantagens econômicas do sistema e praticidade de ser utilizado para irrigar grandes áreas de tomate, assim como de várias outras culturas. A possibilidade de poder adotar intervalos entre irrigações a cada 5 a 10 dias e a baixa umidade relativa do ar, nas principais regiões produtoras, contribuem para minimizar a ocorrência de doenças da parte aérea.

6.2.2 Irrigação por Gotejamento

A irrigação por gotejamento em tomateiro (Figura 3) associada à prática de fertigação pode proporcionar incrementos de produtividade entre 15 e 30% e economia de água da ordem de 20 a 30%, comparativamente à irrigação por aspersão.

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Figura 3 - Sistema de irrigação por gotejamento.

Maior produtividade com menor quantidade de água é possível em razão de o sistema possibilitar a aplicação de água e de fertilizantes de forma parcelada e na medida certa junto às raízes. Ademais, por ser a água aplicada diretamente ao solo, contribui para diminuir a ocorrência de doenças da parte aérea e o apodrecimento de frutos, podendo reduzir o uso de fungicidas em até 50%.

Os sistemas por gotejamento, quando bem dimensionados e manejados, apresentam alta eficiência de aplicação de água e requerem menor volume de água em relação aos sistemas por aspersão e, principalmente, por sulco. Possibilitam a aplicação mais uniforme de fertilizantes via fertigação e o uso de água e de solos salinos devido a manter maior diluição de sais na zona radicular quando as irrigações são realizadas em regime de alta frequência.

Apesar da maior produtividade de tomate e de ser um dos sistemas mais utilizados na produção de tomate de mesa, o gotejamento ainda é pouco utilizado no Brasil na cultura de tomate para processamento. Estima-se que a área irrigada por gotejamento seja inferior a 10% da área total. Os principais problemas que têm limitado o uso do gotejamento na cultura são: **(a)** alto custo de implantação do sistema (R$ 7.000,00 a R$ 14.000,00 por hectare); **(b)** alto custo de manutenção; **(c)** limitação para irrigação de outras culturas em rotação, na entressafra do tomate ou em substituição ao tomateiro; **(d)** falta de garantia na renovação de contratos de produção para safras futuras de tomate; **(e)** fim da política de financiamento de sistemas de gotejamento por indústrias de processamento de tomate; **(f)** grande demanda de mão de obra especializada para a instalação e a retirada do sistema da área de cultivo; e **(g)** problemas de entupimento.

Mesmo sendo um sistema fixo, o gotejamento demanda maior uso de mão de obra que o sistema de pivô central. Principalmente na instalação e na retirada das tubulações da área de produção, há uma grande demanda por mão de obra especializada, muitas vezes não disponível nas regiões produtoras de tomate. A operação de instalação e de retirada do sistema a cada safra reduz a vida útil das tubulações e gotejadores, o que eleva o custo de manutenção do sistema.

Diferentemente das principais doenças foliares, favorecidas pela irrigação por aspersão, o gotejamento pode favorecer a propagação de doenças de solo, como a murcha-bacteriana, pois cria uma área de saturação temporária e mantém a umidade no solo bem mais alta entre irrigações, principalmente no volume de solo imediatamente abaixo do gotejador.

O espaçamento entre linhas laterais de gotejadores depende do sistema de plantio a ser utilizado, que pode ser em fileiras simples (120 a 150 cm), com uma lateral de gotejadores por linha de plantio, ou em fileiras duplas (140 x 40 cm a 160 x 50 cm), com uma lateral por dupla de fileiras.

Estudos realizados pela Embrapa Hortaliças, nas condições de Cerrado do Brasil Central, indicaram que, comparativamente ao sistema de fileiras duplas, o sistema em fileiras simples possibilita cerca de 10 % de incremento de produtividade de frutos, o que é suficiente para viabilizar economicamente o custo mais elevado do sistema. Para maior produtividade, deve existir uma faixa molhada contínua e uniforme ao longo da linha de plantio. Como regra geral, sugere-se espaçar os gotejadores entre 50 e 70 % do diâmetro do bulbo molhado formado pelo emissor. Para as condições brasileiras, o espaçamento pode variar entre 10 e 40 cm,

sendo dependente da vazão do gotejador, da frequência de irrigação e, principalmente, do tipo de solo. Estudos realizados em Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, fase cerrado e textura argilosa, indicaram um aumento de 10 % na produtividade de tomate apenas reduzindo o espaçamento entre gotejadores de 30 para 10 cm.

No Brasil, as linhas laterais de gotejadores são, em geral, instaladas na superfície do solo próximo à fileira de plantas. Para minimizar danos mecânicos à tubulação e os causados por roedores, bem como facilitar as práticas culturais e a colheita, as linhas laterais de gotejadores podem ser instalados entre 3 e 7 cm de profundidade (Figura 4).

Para solos de cerrado, a instalação dos gotejadores entre 10 e 20 cm de profundidade também possibilita alta produtividade, mas requerer o uso de um sistema de irrigação por aspersão durante a fase de estabelecimento inicial das plantas (15 a 25 dias). Profundidades superiores a 20 cm não devem ser utilizadas, pois o suprimento de água às plantas é deficiente e a produtividade diminui substancialmente.

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Figura 4 - Sistema de irrigação por gotejamento com linhas laterais enterradas para evitar o ataque de roedores.

6.2.3 Irrigação por Sulco

Apesar de apresentar o menor custo de implantação (R$ 1.500,00 a R$ 4.000,00 por hectare) e de ser um dos mais utilizados no Brasil para tomate de mesa, o sistema por sulco (Figura 5) é muito pouco utilizado pelos produtores brasileiros de tomate para processamento. Tem sido utilizado basicamente em algumas áreas de produção de tomate rasteiro destinado ao mercado *in natura* na região Nordeste. É, no entanto, o sistema mais utilizado na produção de tomate para processamento nos Estados Unidos.



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 5 - Sistema de irrigação por sulco.

Uma das razões para o baixo uso da irrigação por sulco no Brasil é que os solos, nas principais regiões produtoras, são de média a alta permeabilidade. Desta forma, os terrenos requerem sistematização, o que impede a utilização de sulcos longos (acima de 100m), condição essencial para viabilizar o uso deste sistema em grandes áreas de produção.

De um modo geral, o sistema por sulco, comparativamente aos demais sistemas, apresenta baixa eficiência de irrigação (< 50%), requer grande quantidade de água e de mão de obra e apresenta maior dificuldade para o manejo racional da irrigação devido às características inerentes ao próprio sistema. O sistema é ainda ineficaz para a aplicação de fertilizantes via água de irrigação.

A irrigação por sulco favorece maior propagação de doenças de solo que a aspersão, dentre as quais destacam as murchas bacteriana (*Ralstonia solanacearum*), de esclerócio (*Sclerotium rolfsii*), de fusário (*Fusarium oxysporum*) e de verticílio (*Verticillium dahliae*) e a podridão-de-esclerotínia (*Sclerotinia sclerotiorum*).

6.3 Necessidade de água do tomateiro

A quantidade total de água necessária para a irrigação do tomateiro, que depende principalmente das condições climáticas, do sistema de irrigação e da cultivar, varia de 300 a 650 mm. O consumo diário de água, denominado de evapotranspiração da cultura (ETc), geralmente expresso em milímetros por dia, engloba a água transpirada pela planta e a evaporada das superfícies úmidas do solo e da planta.

O sistema de cultivo do tomateiro apresenta cinco estádios distintos de desenvolvimento com relação às necessidades hídricas: formação de mudas, estabelecimento inicial da cultura, vegetativo, frutificação e maturação. A duração de cada estádio depende principalmente da cultivar e das condições climáticas predominantes. Nas condições brasileiras, a duração do ciclo do tomateiro para processamento, do transplantio de mudas até a colheita, varia de 95 a 125 dias.

Para fins de manejo da água de irrigação, a ETc do tomateiro é determinada indiretamente a partir da evapotranspiração de referência (ETo), que pode ser estimada por diversos métodos disponíveis na literatura, com destaque para o "FAO Penman-Monteith", considerado padrão para a determinação diária de ETo. A ETc, em cada estádio de desenvolvimento da cultura, é obtida indiretamente multiplicando-se a ETo por um coeficiente "Kc", que incorpora as características do tomateiro associadas à sua demanda hídrica.

Na ausência das informações climáticas necessárias para a utilização da equação "FAO Penman-Monteith", os dados de evaporação de tanque Classe A, por exemplo, podem ser utilizados para estimar ETo, pois aos mesmos integram-se os efeitos dos fatores climáticos que afetam a evapotranspiração.

Os valores de Kc podem ser afetados por diferentes fatores, como sistema de cultivo e de irrigação, condições edafoclimáticas, nutricionais e fitossanitárias da cultura, umidade do solo e cultivar. Valores de Kc, para os diferentes estádios de desenvolvimento do tomateiro, são apresentados na Tabela 2 para as condições de irrigação por aspersão, gotejamento e sulco, incluindo cultivo em sistema de plantio direto na palhada.

Tabela 2
Coeficientes de cultura[1] (Kc) para a estimativa da evapotranspiração do tomateiro para processamento irrigado por aspersão, gotejamento e sulco, em sistemas de plantio convencional e direto na palhada, conforme o estádio de desenvolvimento.

Sistema	Estádio da cultura				
	Formação de mudas	Estabelecimento (inicial)	Vegetativo	Frutificação	Maturação
Aspersão	1,05 - 1,15	0,80 - 0,90	0,55 - 0,65	1,00 - 1,10	0,25 - 0,35
Aspersão palhada	---	0,35 - 0,45	0,40 - 0,50	0,95 - 1,05	0,25 - 0,35
Gotejamento	---	0,45 - 0,55	0,35 - 0,45	0,95 - 1,05	0,25 - 0,35
Gotejamento palhada	---	0,25 - 0,35	0,30 - 0,40	0,95 - 1,00	0,25 - 0,30
Sulco	---	0,70 - 0,80	0,55 - 0,65	0,95 - 1,05	0,25 - 0,35

1 Valores para ajuste da curva de Kc conforme Allen et al. (1998).
Obs.: menores valores são para condições de alta umidade relativa do ar (< 70 %), vento fraco (> 1 m. s^{-1}) e/ou plantas submetidas a algum tipo de estresse hídrico, nutricional ou ataque de pragas.
Fonte: adaptado de Allen et al. (1998), Marouelli & Silva (2002), Marouelli et al. (2008) e Marouelli & Silva (2009).

Resultados de trabalhos desenvolvidos na Embrapa Hortaliças mostraram que a necessidade de água ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento do tomateiro cultivado em sistema de plantio direto na palhada é cerca de 10% menor que em plantio convencional (sem palhada). A redução na ETc durante os estádios inicial e vegetativo é da ordem de 30%, enquanto que a ETc durante os estádios de frutificação e de maturação praticamente não difere. A maior economia de água no sistema de plantio direto até o início da frutificação deve-se à pequena fração de cobertura do solo pelas plantas e ao fato de a evaporação representar a maior parte da ETc.

6.3.1 Estádio de Formação de Mudas

O cultivo do tomateiro no Brasil é realizado por meio do transplantio de mudas, que são produzidas em bandejas (200 a 450 células) por empresas especializadas. Durante a formação de mudas a irrigação é realizada por aspersão.

Da semeadura até o transplantio das mudas, período de 25 a 30 dias, as irrigações devem ser leves (lâminas pequenas) e frequentes, a fim de garantir a formação de mudas de boa qualidade. Em geral, são requeridas de uma a quatro irrigações diárias, as quais devem ser realizadas, de preferência, nas horas de temperatura mais amena. Deve-se irrigar antes que as mudas apresentem qualquer sintoma de deficiência hídrica. As regas serão mais frequentes quanto maior a temperatura e menor a umidade relativa do ar, menor a capacidade de armazenamento de água pelo substrato e maior o tamanho das mudas.

A quantidade de água por irrigação depende do tipo e da quantidade de substrato em cada célula da bandeja e deve ser suficiente para dar início ao escoamento de água na parte inferior da bandeja. Devido ao reduzido volume de substrato disponível para cada plântula, principalmente em bandejas com 450 células, o controle de irrigação é muito mais delicado que em qualquer outro estádio da cultura.

6.3.2 Estádio de Estabelecimento Inicial

O estádio de estabelecimento inicial da cultura no campo compreende o período que vai do transplantio até o pleno pegamento das mudas. A falta de água, principalmente durante os três primeiros dias do transplantio, prejudica o estabelecimento da cultura e pode provocar a morte de muitas mudas. Por outro lado, irrigações em excesso favorecem a maior incidência de doenças e também causam a morte de mudas.

O transplantio deve ser realizado em solo previamente irrigado (Figura 6). A lâmina de água a ser aplicada antes do transplantio deve ser suficiente para elevar a umidade do solo, na camada até 30 cm, até a capacidade de campo. Dependendo do tipo e da umidade inicial do solo, aplica-se, de maneira geral, uma lâmina líquida de água entre 10 e 20 mm para solos de textura grossa e entre 20 e 50 mm para os solos de texturas média e fina.

Após o transplantio, as irrigações devem ser frequentes (1-3 dias), procurando-se manter a umidade na camada superficial do solo (até 20 cm) próxima à capacidade de campo até o pleno estabelecimento das mudas (7 a 10 dias após o transplantio). Como referência, pode-se utilizar o seguinte critério para determinar o momento das irrigações: para solos de textura grossa (arenosos), irrigar quando a tensão de água no solo atingir entre 5 e 10 kPa; para solos de textura média (franco argiloso ou franco arenoso) entre 10 e 15 kPa; e para solos de textura fina (argilosos) entre 15 e 20 kPa, considerando o limite inferior para períodos de alta evapotranspiração. Nesse caso, os sensores de tensão (tensiômetro ou Irrigas®, por exemplo) devem ser instalados a não mais de 5 cm da muda e de profundidade.

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Figura 6 - Transplante de mudas em solo previamente irrigado (úmido) por gotejamento.

6.3.3 Estádio Vegetativo

O estádio vegetativo compreende o período entre o pleno estabelecimento das mudas e o início da frutificação. É, juntamente com o estádio de maturação, o menos sensível ao déficit hídrico. A deficiência moderada de água, quando as condições físicas e químicas do solo não são limitantes, favorece o aprofundamento do sistema radicular, permitindo maior eficiência na absorção de água e de nutrientes pelas raízes.

As limitações no crescimento das plantas, resultantes da ocorrência de déficits hídricos moderados, têm pequeno efeito na produção desde que o suprimento de água no estádio de frutificação seja adequado. Irrigações em excesso, tanto nesse quanto nos estádios seguintes, favorecem maior ocorrência de doenças e lixiviação de nutrientes, especialmente de nitratos. Durante o estádio vegetativo a tensão de água no solo pode ser mantida em níveis mais elevados, de 100 a 200 kPa, o que possibilita turnos de rega entre 5 e 10 dias, para as condições de Brasil Central. Especificamente para gotejamento, deve-se irrigar considerando uma tensão crítica entre 30 e 70 kPa, a cada 3 a 7 dias.

6.3.4 Estádio de Frutificação

O estádio de frutificação, que se prolonga até o início da maturação, é o mais crítico quanto à deficiência de água. A ocorrência de déficit hídrico reduz a viabilidade do pólen e o tamanho de frutos, comprometendo a produtividade. Já o excesso pode promover crescimento "luxuriante" das plantas e favorecer a ocorrência de doenças de solo e da parte aérea. É o estádio de desenvolvimento em que o tomateiro atinge a máxima demanda de água.

Para fins de manejo da água de irrigação, a umidade do solo, neste estádio, deve permanecer próxima à capacidade de campo na irrigação por gotejamento, ou seja, deve-se irrigar quando a

tensão matricial atingir entre 10 e 15 kPa (turno de rega entre 1 e 2 dias). Já nos sistemas por sulco e por aspersão, as irrigações devem ser mais espaçadas, ou seja, irrigar quando a tensão atingir entre 25 e 50 kPa. Além dos prejuízos já citados, períodos prolongados de deficiência hídrica durante esse estádio podem causar danos fisiológicos, como podridão apical (fundo preto) de frutos.

Para condições de alta infestação de patógenos de solo e visando diminuir a severidade de doenças, recomenda-se irrigar de forma menos frequente, mantendo a superfície do solo mais seca. Para tais condições, sugere-se irrigar considerando tensões-críticas entre 25 e 40 kPa para solos arenosos, entre 40 e 50 kPa para solos francos e entre 50 e 100 kPa para solos argilosos, sendo os maiores valores para sistemas por aspersão e por sulco. Tal estratégia, entretanto, somente irá minimizar a ocorrência da doença quando praticada ao se observar os primeiros sintomas ou, de preferência, ainda antes, quando se sabe o histórico da área.

6.3.5 Estádio de Maturação

O estádio de maturação vai do início da maturação até a colheita de frutos. Nesse estádio há uma sensível redução do uso de água pelas plantas (20 a 50 %). As irrigações podem ser realizadas considerando uma tensão-crítica de água no solo entre 100 e 200 kPa para irrigação por aspersão e sulco e entre 15 e 30 kPa para gotejamento.

Irrigações em excesso prejudicam a coloração de fruto, reduzem o SST e a acidez, e, principalmente no caso da aspersão, aumentam a incidência de frutos podres. Para uniformizar a maturação e aumentar o SST dos frutos, as irrigações devem ser realizadas adotando-se um turno de rega maior do que aquele adotado no estádio de frutificação e ser paralisadas vários dias antes da colheita.

Quando se pretende obter frutos com valores altos de SST, permitindo uma pequena redução de produtividade, deve-se irrigar apenas quando a tensão de água no solo atingir entre 200 e 400 kPa para sistemas por aspersão e entre 40 e 50 kPa para gotejamento.

Para irrigação por aspersão nas condições edafoclimáticas do Brasil Central, o máximo rendimento de polpa pode ser obtido realizando-se a última irrigação quando 20 a 50% das plantas estiverem com pelo menos um fruto maduro (4 a 5 semanas antes da colheita). Para obtenção da máxima produtividade de frutos deve-se irrigar até que se tenha entre 10 a 30 % dos frutos maduros, ou seja, cerca de duas a três semanas antes da colheita.

Em cultivos irrigados por gotejamento as irrigações devem ser realizadas até mais próximo da colheita, pois somente parte do solo é irrigada. Nas condições edafoclimáticas do Brasil Central, maior rendimento de polpa pode ser obtido paralisando as irrigações quando a cultura apresentar entre 40 e 50% de frutos maduros (10 a 15 dias antes da colheita). Já a máxima produtividade de frutos somente é atingida irrigando-se até mais próximo à colheita, com 60 a 90% de frutos maduros (5 a 10 dias antes da colheita)

6.4 Métodos para manejo da água de irrigação

Embora a agricultura irrigada seja, geralmente, associada a um elevado nível tecnológico, é notório que a irrigação no Brasil é ainda realizada de forma inadequada, com grande desperdício de água.

As questões sobre o momento de irrigar e a quantidade de água a aplicar são básicas no manejo da água de irrigação. O manejo deve ser feito visando fornecer água às plantas em quantidade suficiente para prevenir o estresse hídrico, dando a elas condições de umidade adequadas ao desenvolvimento e à produção e minimizando o desperdício de água, a lixiviação de nutrientes e a degradação do meio ambiente. Isso envolve a decisão de irrigar em quantidades que possam ser armazenadas no solo, na camada correspondente à zona radicular, e em intervalos suficientes para atender à evapotranspiração do tomateiro.

A decisão sobre o momento de se irrigar ocorre a partir da avaliação de sintomas de deficiência de água na planta e/ou, mais comumente, no solo. Muitas vezes, no entanto, a decisão deve ser ajustada a situações ou estratégias específicas de manejo da cultura. Por exemplo, deve-se irrigar antes da aplicação de agrotóxicos foliares e após as adubações de cobertura.

A quantidade de água a cada irrigação é, em regra, a necessária para que o solo retorne à sua condição de capacidade de campo na camada de solo correspondente à profundidade radicular efetiva do tomateiro. Pode ser determinada com base na avaliação da disponibilidade de água no solo ou na quantidade de água evapotranspirada pela cultura entre duas irrigações consecutivas. Havendo risco de salinidade, o que pode ocorrer em regiões áridas e semiáridas, deve-se aplicar uma fração de água adicional para manter o adequado balanço de sais no extrato do solo.

Vários são os métodos para o controle da irrigação na cultura do tomate. Vão desde aqueles mais simples, tendo como base observações visuais do solo e da planta, até os mais sofisticados, que utilizam sensores, programas computacionais e transmissão de dados via satélite.

Apesar do custo, a adoção de estratégias apropriadas para o manejo da água de irrigação é normalmente viável do ponto de vista econômico, especialmente no caso de tomateiro para processamento, que é cultivado em grandes áreas. Isso porque tais métodos possibilitam incrementos de produtividade, melhoria na qualidade dos frutos, redução no uso de água, de energia e de agroquímicos, e contribuem para a mitigação de problemas de redução e contaminação gradual de fontes de água.

Dada a dinâmica da necessidade diária de água das plantas e os inúmeros fatores que a afetam, os métodos mais indicados para estabelecer o manejo de irrigação em lavouras comerciais de tomate são aqueles com base na estimativa da ETc em tempo real (balanço de água) e/ou no uso de sensores para avaliação diária da tensão de água ou da umidade do solo.

O método do balanço de água no solo consiste na realização de um controle diário da ETc, da precipitação, da lâmina de irrigação, da ascensão capilar da água, além das perdas de água por percolação profunda e por escoamento superficial. Sob condições de irrigação controlada, onde as perdas de água por percolação e por escoamento superficial são mínimas e o fluxo capilar ascendente desprezível, a determinação diária da ETc e da precipitação efetiva permite definir quando e quanto irrigar.

O manejo de água pelo método do balanço de água, que normalmente é feito com base em turno de rega variável, em função da variação da ETc, também pode ser realizado a partir de um turno de rega prefixado. No caso do tomateiro, que requer aplicações semanais de agrotóxicos, o conhecimento antecipado das datas das irrigações permite ao produtor programar as pulverizações após as irrigações.

O valor da ETc deve ser determinado em tempo real, ou seja, usando um método que permita o seu cálculo diário, como o de Penman-Monteith (padrão FAO) ou do tanque Classe A (Figura 7).



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 7 - Tanque de evaporação do tipo classe A para determinação de evapotranspiração.

Outro método que possibilita um bom manejo de água na cultura do tomate é o da tensão de água no solo. Para se irrigar no momento oportuno é necessário o monitoramento contínuo e no local de cultivo da tensão ou do teor de água no solo. Isso pode ser feito por meio de sensores que medem a tensão de água, como o tensiômetro (Figura 8) e o Irrigas® (Figura 9), ou a umidade do solo, como sensores do tipo capacitivo e TDR (reflectometria no domínio do tempo).

O Irrigas® é um sensor de tensão desenvolvido pela Embrapa, que apresenta custo reduzido, baixa manutenção e é de fácil utilização. O sensor está disponível para as tensões de referência de 15, 25 e 40 kPa. Tem como desvantagem o fato de não indicar, de forma quantitativa, a tensão atual no solo, mas apenas se a tensão encontra-se abaixo ou acima do valor de referência do sensor.

Foto: Waldir Aparecido Marouelli

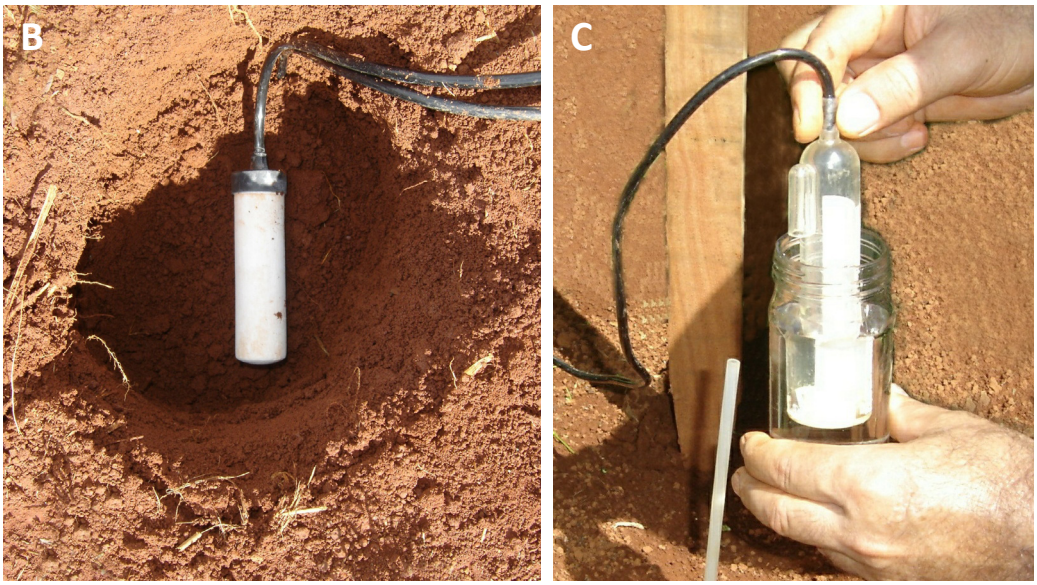


Figura 8 - Tensiômetros, instalados a 50 % e 100 % da profundidade efetiva radicular, para leitura da tensão de água no solo com tensímetro.

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Figura 9 - Sensor de tensão de água no solo tipo Irrigas® para manejo da água de irrigação. (A).



Fotos: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 9 - Detalhes da instalação do sensor tipo Irrigas®: (B) capsula porosa; (C) leitura do sensor.

A decisão sobre quando irrigar deve ser feita com base em avaliações da tensão ou da umidade do solo entre 40 e 50 % da profundidade radicular efetiva, em pelo menos três locais representativos da área. Estabelecido o momento de irrigar, a quantidade de água a ser reposta pode ser calculada a partir da curva de retenção de água no solo. Essa curva relaciona o teor de água no solo com a tensão com que a água está retida pelo mesmo.

Os métodos do balanço e da tensão de água no solo podem ser utilizados de forma combinada, melhorando a precisão do manejo. Nesse caso, o momento de irrigar é determinado a partir da medição da tensão (sensor) e a quantidade de água é calculada com base na ETc acumulada entre duas irrigações. Esse método combinado possibilita inclusive ajustes nos valores de coeficientes de cultura (Kc) e uma determinação mais precisa da ETc nas safras seguintes.

O grande avanço tecnológico e a redução de custos nas áreas de informática, estações agrometeorológicas automáticas (Figura 10) e transmissão de dados via satélite, rádio ou celular, têm permitido uma expansão da utilização de dados climáticos em tempo real para fins de manejo da água de irrigação. Existem atualmente no mercado brasileiro empresas que oferecem serviços e programas computacionais para a realização do manejo de irrigação, em tempo real, pelo método do balanço diário de água no solo. A limitação, por questões econômicas, é que algumas dessas empresas somente possuem interesse quando a área irrigada ultrapassa 100 hectares. Em algumas regiões já se pode encontrar técnicos autônomos que prestam serviços de “aconselhamento” de irrigação em áreas menores.

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Figura 10 - Estação agroclimatologia automática para determinação de evapotranspiração.

O método do calendário de irrigação apresenta menor precisão que os anteriores, mas é bastante prático. O método consiste no estabelecimento de turnos de regas prefixados, para os diferentes estádios da cultura, e no pré-estabelecimento das lâminas de irrigação a partir de dados históricos de ETc. A menor precisão desse método decorre das condições meteorológicas serem dinâmicas e afetarem a ETc. Deve ser usado somente quando não se dispõe de um método mais preciso. No calendário de irrigação, a ETc é determinada com base em uma série histórica de ETo, utilizando-se métodos como os de Penman-Monteith, tanque Classe A, Blaney-Criddle-FAO, Hargreaves-Samani, Jensen-Haise, Priestley-Taylor e Radiação-FAO, conforme a disponibilidade de dados climatológicos na região.

Visando o auxilio a produtores com menor experiência, e que não adotam critérios e/ou equipamentos necessários para manejar a irrigação de forma consistente, a Embrapa Hortaliças desenvolveu e disponibilizou tabelas que permitem estabelecer antecipadamente calendários de irrigação por aspersão para tomateiro. Essas tabelas são elaboradas a partir de dados históricos de temperatura e umidade relativa do ar, tipo de solo e profundidade efetiva de raízes. Nesse procedimento, a ETc é estimada na Tabela 3 e o turno de rega é determinado na Tabela 4. A lâmina de água aplicada por irrigação é obtida multiplicando o turno de rega pela ETc, levando-se em conta a eficiência de irrigação do sistema.

Tabela 3
Evapotranspiração da cultura do tomate para processamento (mm. dia^{-1}) irrigada por aspersão, conforme a umidade relativa (URm) e temperatura (Tm) média do ar e o estádio da cultura.

URm (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Estádio inicial[1]														
40	3,3	3,7	4,2	4,7	5,1	5,7	6,2	6,8	7,3	8,0	8,6	9,3	9,9	10,7
50	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,6	6,1	6,6	7,2	7,7	8,3	8,9
60	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2	6,6	7,1
70	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	5,0	5,3
80	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,4	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6
90	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8
Estádio vegetativo														
40	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
50	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
60	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
70	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
80	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
90	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
Estádio de frutificação														
40	3,9	4,4	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	8,0	8,6	9,4	10,1	10,9	11,7	12,5
50	3,3	3,7	4,1	4,6	5,0	5,5	6,1	6,6	7,2	7,8	8,4	9,1	9,7	10,4
60	2,6	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4
70	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
80	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
90	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1
Estádio de maturação														
40	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
50	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,9	5,2
60	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
70	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
80	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1
90	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0

1. No caso de regas diárias, a ETc durante o estádio inicial deverá ser multiplicada por 1,25.
Fonte: adaptado de Marouelli et al. (2008)

Tabela 4
Turno de rega (dia) para a cultura de tomate para processamento irrigada por aspersão, conforme a evapotranspiração da cultura (ETc), estádio da cultura, profundidade efetiva de raízes e textura do solo.

ETc (mm dia^{-1})	Textura	Profundidade de raízes (cm)								
		10			30			50		
		Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
Estádio inicial e de frutificação										
1		2	5	8	8	16	20	12	20	20
2		1	2	4	4	8	12	6	12	20
3		1	2	2	3	5	8	4	9	12
4		1	1	2	2	4	6	3	6	10
5		2 x dia	1	1	1	3	4	2	5	8
6		2 x dia	1	1	1	2	4	2	4	6
7		2 x dia	1	1	1	2	3	2	4	5
8		--	--	--	1	2	3	1	3	5
9		--	--	--	1	1	2	1	3	4
10		--	--	--	1	1	2	1	2	4
11		--	--	--	1	1	2	1	2	3
12		--	--	--	1	1	2	1	2	3
Estádio vegetativo e de maturação										
1		--	--	--	12	20	20	20	20	20
2		--	--	--	6	12	18	10	20	20
3		--	--	--	4	8	12	5	15	20
4		--	--	--	3	6	9	5	10	15
5		--	--	--	2	5	7	4	8	12
6		--	--	--	2	4	6	3	7	10
7		--	--	--	1	3	5	2	6	8
8		--	--	--	1	3	4	2	5	7

Fonte: adaptado de Marouelli et al. (2008)

6.5 Fertigação

A fertigação, prática do fornecimento de fertilizantes às plantas via água de irrigação, é apropriada para uso em sistemas por aspersão e, principalmente, por gotejamento. Para melhor eficiência, deve ser realizada somente quando o sistema de irrigação apresentar uniformidade de aplicação de água acima de 80%.

Pela facilidade de aplicação, os fertilizantes podem ser fornecidos de forma parcelada, para atender as necessidades das plantas. O parcelamento permite manter a fertilidade no solo próxima ao nível ótimo durante todo o ciclo do tomateiro, possibilitando incrementos de produtividade e minimizando a lixiviação de nutrientes.

Os principais dispositivos para a aplicação de fertilizantes na tubulação de irrigação são os do tipo “venturi” (Figura 11), tanque de diferencial de pressão (Figura 12) e bombas injetoras com diafragma ou pistão (Figura 13). Todos os dispositivos podem ser utilizados em sistemas por gotejamento, sendo a bomba de pistão a melhor opção para pivô central. Em todos os casos, o fertilizante deve ser previamente solubilizado antes de ser injetado na tubulação.

Foto: Waldir Aparecido Marouelli

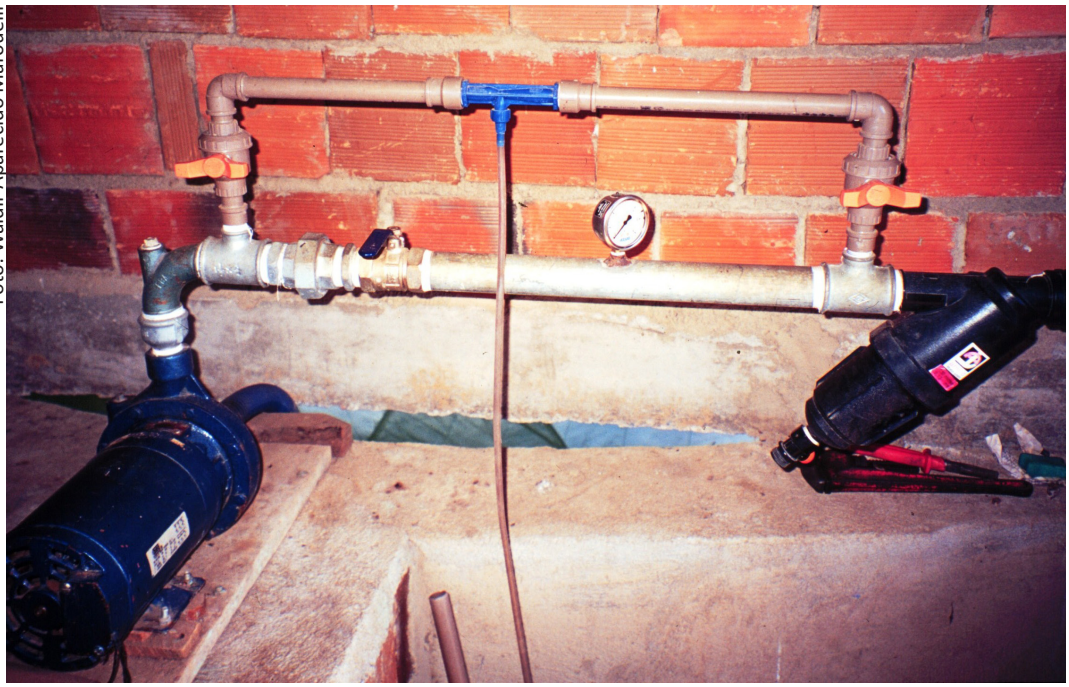


Figura 11 - Dispositivo de injeção tipo Venturi para fertigação em sistema de irrigação por gotejamento, instalado entre a moto-bomba e o filtro de disco.



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 12 - Dispositivo de injeção tipo tanque diferencial de pressão para fertigação em sistemas de irrigação por gotejamento e aspersão convencional, instalado antes do filtro de disco.

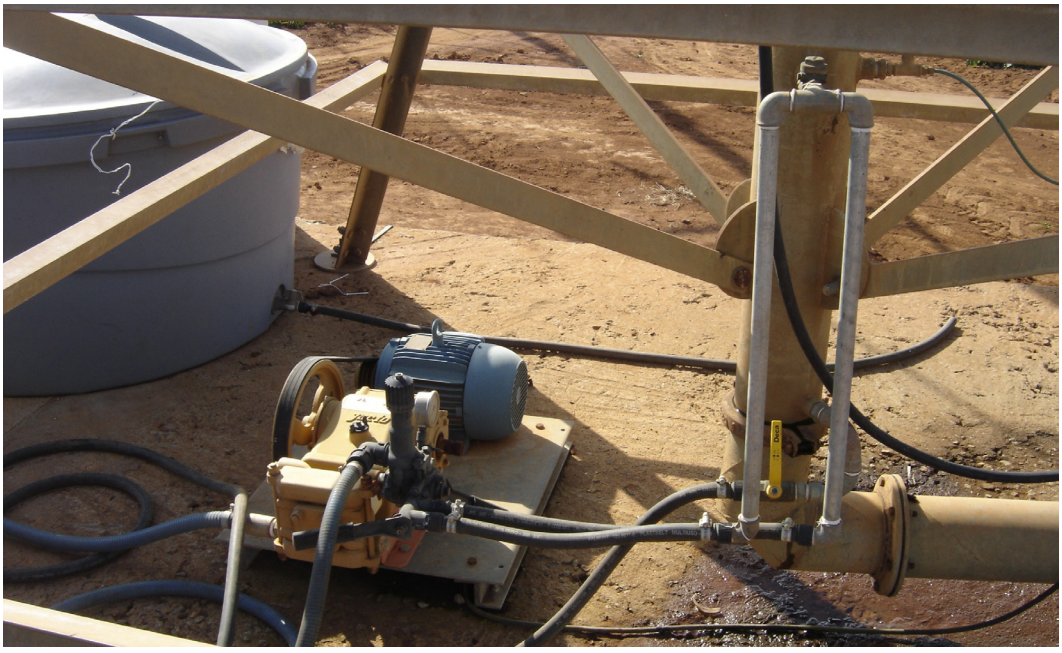


Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 13 - Bomba injetora elétrica com pistão para fertigação, instalada em um pivô central.

Os nutrientes mais aplicados por meio da fertigação são aqueles de maior mobilidade no solo, como o nitrogênio e o potássio. No entanto, a fertigação com fósforo e cálcio via gotejamento em solos com baixos a médios teores desses nutrientes pode propiciar melhor rendimento do tomateiro.

A dosagem total de nitrogênio a ser fornecido à cultura é normalmente calculada a partir da produtividade esperada do tomateiro, considerando que para cada tonelada de fruto a ser produzida deve-se aplicar entre 2,0 e 2,2 kg de N por hectare. As quantidades de potássio, de fósforo e de cálcio devem ser determinadas com base na análise química do solo, levando-se em consideração as necessidades totais da planta, a produtividade almejada e a manutenção da fertilidade natural do solo.

Para irrigação por gotejamento sugere-se aplicar de 10 a 20% da recomendação total de nitrogênio e de potássio diretamente ao solo em pré-plantio, de forma a se criar uma reserva no solo suficiente para o desenvolvimento inicial das plantas. Para solos de baixa fertilidade, recomenda-se aumentar a quantidade de fertilizantes em pré-plantio para até 30%.

O fósforo, por ser um elemento de baixa mobilidade no solo e que pode precipitar e provocar o entupimento dos gotejadores, especialmente em água salobra, deve ser aplicado preferencialmente em pré-plantio. Todavia, resultados de pesquisas têm demonstrado que, principalmente em solos de cerrado com baixa disponibilidade de fósforo ($P < 20$ mg.dm^{-3}), a aplicação de 40 a 60 % do fósforo em pré-plantio, na forma de superfosfato simples e o restante em fertigação, na forma solúvel, pode aumentar significativamente a produtividade do tomateiro. Caso a aplicação seja necessária, o fósforo deve ser injetado separadamente de outros fertilizantes, podendo ser indicado acidificar a água (pH 4,0 a 5,0) para mantê-lo em solução. Os ácidos fosfórico e ortofosfórico, além de muito solúveis, têm a vantagem de reduzir o pH da água.

O fornecimento de cálcio e de magnésio às plantas é, normalmente, feito via calagem ou por ocasião do transplantio das mudas, usando fertilizantes contendo tais elementos. A fertigação com cálcio, a partir do florescimento, tem sido uma prática usada na irrigação por gotejamento de tomateiro para diminuir a ocorrência de podridão apical e a necessidade de pulverizações foliares de cálcio. Cálcio não deve ser aplicado em água contendo bicarbonatos (> 400 mg.L^{-1}) ou ser injetado simultaneamente com fertilizantes à base de sulfatos ou fosfatos, sob o risco de precipitar e causar entupimento de gotejadores.

Quanto à frequência da fertigação, esta pode ser feita tantas vezes quanto as aplicações de água, muito embora isso não seja prático ou econômico. Normalmente, apenas uma aplicação semanal é suficiente. Apenas em solos arenosos com alto potencial de lixiviação é recomendado realizar duas ou mais fertigações semanais.

Para pivô central, deve-se aplicar em torno de um terço do nitrogênio em pré-plantio e parcelar o restante via água, a partir de 30 dias após o transplantio até o início da maturação, a cada duas ou três semanas. O potássio e o cálcio, embora menos utilizados, também podem ser fornecidos via fertigação.

A marcha de absorção de nutrientes é uma ferramenta muito útil para se proceder ao parcelamento das aplicações de fertilizantes ao longo do ciclo da cultura. Existem na literatura várias marchas de absorção de nitrogênio, potássio e fósforo e sugestões de parcelamento

de nutrientes desenvolvidas para tomateiro para processamento. A Tabela 5 apresenta recomendações de quantidades relativas de nitrogênio, potássio, fósforo e cálcio a serem fornecidas em pré-plantio e via fertigação ao longo do ciclo fenológico do tomateiro.

Tabela 5
Turno de rega (dia) para a cultura de tomate para processamento irrigada por aspersão, conforme a evapotranspiração da cultura (ETc), estádio da cultura, profundidade efetiva de raízes e textura do solo.

Aspersão										
Nutriente	Período relativo ao ciclo da cultura (%)[1]									
	Plantio[2]	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	Quantidade relativa de nutriente (%)[3]									
N	20	0	5	10	15	15	15	15	5	0
K	30	0	5	10	15	15	15	10	0	0
P	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca	V=70%[4]	0	5	15	20	20	20	15	5	0
Gotejamento										
Nutriente	Período relativo ao ciclo da cultura (%)[1]									
	Plantio[2]	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	Quantidade relativa de nutriente (%)[3]									
N	10	5	5	10	15	15	15	15	5	5
K	20	5	5	10	15	15	15	10	5	0
P[5]	50	0	5	5	10	10	10	5	5	0
Ca	V=70%[4]	0	5	15	20	20	20	15	5	0

1 % do ciclo total da cultura (Ex.: 30 % equivalem ao 36o dia em um ciclo de 120 dias).
2 % do total recomendado a ser aplicado de forma convencional em pré-plantio.
3 % em relação ao total a ser aplicado via fertigação.
4 Aplicar a quantidade necessária para que a saturação de bases atinja 70 %.
5 Aplicar todo o P em pré-plantio caso a análise de solo indicar P > 20 mg dm^{-3}.
Fonte: adaptado de Scaife & Bar-Yosef (1995), Marouelli & Silva (2002b), Hochmuth & Smajstrla (2003) e Silva et al. (2003)

Os principais fertilizantes utilizados para fertigação são aqueles com alta solubilidade: uréia, cloreto de potássio, nitrato de cálcio, nitrato de potássio, sulfato de amônio, sulfato de potássio, cloreto de cálcio, mono-amônio fosfato (MAP) e di-amônio fosfato (DAP). Na adubação convencional de pré-plantio podem-se aplicar fertilizantes menos solúveis e/ou mais baratos, como o sulfato de amônio, cloreto de potássio comum, superfosfato e termofosfato enriquecido com micronutrientes.

Para a escolha dos fertilizantes devem ser considerados, além do custo, aspectos relacionados à concentração de nutrientes, pureza, solubilidade, qualidade da água de irrigação, potenciais de volatilização e de lixiviação, índice de acidez e presença de elementos prejudiciais às plantas, dentre outros.

6.6 Referências

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 328 p. (Irrigation and Drainage Papers, 56).

BURT, C. M.; O´CONOR, K.; RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: Irrigation Training and Research Center: California Polytechnic State University, 1995. 295 p.

CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C. Gaseous irrigation control system: descriptions and physical tests for performance assessment. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 3, p. 501-510, 2006.

CARLESSO, R. Manejo del riego y asesoramiento al regante. In: REUNIÓN INTERNATIONAL DE RIEGO, 2., 2010, Manfredi. **Sistemas y metodologias para asesoramiento a regantes**. Manfredi: INTA: PROCISUR, 2010. p. 76-91.

CARRIJO, O. A.; HOCHMUTH, G. Tomato response to preplant-incorporated or fertigated phosphorus on soils varying in Mehlich-1 extractable phosporus. **Hortscience,** MOUNT VERNON, V. 35, N. 1, P. 67-72, 2000.

CARRIJO, O. A.; MAKISHIMA, N. TRATOS CULTURAIS. IN: MAKISHIMA, N.; CARRIJO, O. A. (ED.). **Cultivo protegido do tomateiro**. Brasília, DF: Embrapa CNPH, 1998. p. 7-13. (Embrapa-CNPH. Circular Técnica, 13).

CARRIJO, O. A.; MAROUELLI, W. A. Manejo da irrigação na produção de hortaliças em cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 2, 2002. Suplemento.

CARRIJO, O. A.; MAROUELLI, W. A.; SOUZA, R. B.; SILVA, W. L. C. Fertigação da cultura do tomate. In: BOARETTO, A. E.; VILAS BÔAS, R. L.; PARRA, I. R. V., (Ed.). **Fertigação**: teoria e prática. Piracicaba: CENEA: USP, 2006. p. 315-369.

ESPINOZA, W. **Manual de produção de tomate industrial no vale do São Francisco**. Brasília, DF: IICA, 1991. 301 p.

FERNANDES, D. S.; HEINEMANN, A. B.; PAZ, R. L.; AMORIM, A. O. **Evapotranspiração**: uma Rev. sobre os métodos empíricos. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2010. 44 p.

GONÇALVES, F. M.; FEITOSA, H. O.; CARVALHO, C. M.; GOMES FILHO, R. R.; VALNIR JÚNIOR, M. Comparação de métodos da estimativa da evapotranspiração de referência para o município de Sobral-CE. Fortaleza: **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 3, n. 2, p. 71-77, 2009.

GULIK, T. W. van der; EVANS, R. G.; EISENHAUER, D. E. Chemigation. IN: HOFFMAN, G. J.; EVANS, R. G.; JENSEN, M.E.; MARTIN, D. L.; ELLIOTT, R.L. (Ed.) **Design and operation of farm irrigation systems.** 2nd ed. St. Joseph: ASABE, 2007. p. 725-753.

HARTZ, T.; HANSON, B. **Drip irrigation and fertigation management of processing tomato**. Davis: Vegetable Research and Information Center: University of California, 2005. 9 p.

HOCHMUTH, G. J.; SMAJSTRLA, A. G. **Fertilizer application and management for micro (drip)-irrigated vegetables**. Gainesville: University of Florida: Cooperative Extension Service: Institute of Food and Agricultural Sciences, 2003. 33 p. (Circular 1181).

LOPES, C. A.; MAROUELLI, W. A.; CAFÉ FILHO, A. C. Associação da irrigação com doenças de hortaliças. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 14, n. 151-179, 2006.

LOWENGART-AYCICEGI, A.; MANOR, H.; KRIEGER, R.; GERA, G. Effects of irrigation schuling on drip-irrigated processing tomatoes. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 487, p. 513-518, 1999.

MACHADO, R. M. A.; OLIVEIRA, M. R. G. Tomato root distribution, yield and fruit quality under different subsurface drip irrigation regimes and depths. **Irrigation Science**, New York, v. 24, p. 15-24, 2005.

MANTOVANI, E. C.; MOREIRA, H. M. Sistema IRRIGER de gerenciamento de irrigação. In: REUNIÓN INTERNATIONAL DE RIEGO, 2., 2010, Manfredi. **Sistemas y metodologias para asesoramiento a regantes**. Manfredi: INTA: PROCISUR, 2010. p. 29-38.

MAROUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. 15 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 57).

MAROUELLI, W. A.; CALBO, A. G. **Manejo de irrigação em hortaliças com sistema Irrigas®**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. 16 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 69).

MAROUELLI, W. A.; SANT'ANA, R. R.; SILVA, W. L. C.; MORETTI, C. L.; VILELA, N. J. Avaliação técnica e econômica do espaçamento de gotejadores em tomateiro para processamento cultivado em fileiras simples e duplas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 2, p. 202-206, 2003.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R. **Parâmetros para o manejo de irrigação por aspersão em tomateiro para processamento na Região do Cerrado**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2009. 28 p. (Embrapa Hortaliças. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 49).

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C. Avaliação de diferentes manejos de água durante o estádio de maturação de tomateiro para processamento industrial irrigado por gotejamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, Brasília, DF, v. 23, n. 2, p. 432, 2005a. Suplemento.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Adequação da época de paralisação das irrigações em tomate industrial no Brasil Central. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 11, n. 2, p. 218-221, 1993.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Fertigação do tomateiro para processamento: o caso do nitrogênio. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15., 2005, Teresina. **Anais...** Teresina: ABID, 2005.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Profundidade de instalação da linha de gotejadores em tomateiro para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 2, p. 206-210. 2002a.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Tomateiro para processamento industrial**: irrigação e fertigação por gotejamento. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2002b. 31 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 30).

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Water tension thresholds for processing tomatoes under drip irrigation in Central Brazil. **Irrigation Science**, New York, v. 25, p. 411-418, 2007.

MAROUELLI, W. A.; LOPES, C. A.; SILVA, W. L. C. Incidência de murcha-bacteriana em tomate para processamento industrial sob irrigação por gotejamento e aspersão. Horticultura

Brasileira, Brasília, DF, v. 23, n. 2, p. 320-323, 2005b.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; MORETTI, C. L. Production, quality and water use efficiency of processing tomato as affected by the final irrigation timing. Horticultura Brasileira, Brasília, DF, v. 22, n. 2, p. 225-230, 2004.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças**: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. 2. ed. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças, 2008. 150 p.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI: Embrapa-CNPH, 1996. 72 p.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R.; VILELA, N. J. Eficiência econômica do manejo racional da irrigação em tomateiro para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 3, p. 238-243, 2000.

MAROUELLI, W. A.; SOUZA, R. F.; VILELA, N. J.; ALMEIDA, V. E. S. Análise econômica de sistemas de irrigação em tomateiro para processamento, no Estado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 39., 2010, Vitória, ES. **A engenharia agrícola e o desenvolvimento das propriedades familiares**: anais... Jaboticabal: SBEA: ALIA, 2010.

PHENE, C. J., HUTMACKER, R. B, DAVIS, K. R. Two hundred tons per hectare of processing tomatoes - can we reach it?. **HortTechnology**, Alexandria, v. 2, n. 1, p. 16-22. 1992.

PRIETO, M. H.; LÓPEZ, J.; BALLESTEROS, R. Influence of irrigation system and strategy of the agronomic and quality parameters of the processing tomatoes in Extremadura. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 487, p. 575-579, 1999.

PULUPOL, L. U.; BEHBOUDIAN, M. H.; FISHER, K. J. Gowth, yield, and postharvest attributes of glasshouse tomatoes produced under deficit irrigation. **HortScience**, Alexandria, v. 31, n. 6, p. 926-929, 1996.

SANDERS, D. C.; HOWELL, T. A.; HILE, M. M. S.; HODGES, L.; MEEK, D.; PHENE, C. J. Yield and quality of processing tomatoes in response to irrigation rate and schedule. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 114, n. 6, p. 904-908, 1989.

SCAIFE, A.; BAR-YOSEF, B. **Nutrient and fertilizer management in field grown vegetables**. Basel: International Potash Institute, 1995. 104 p. (IPI. Bulletin, 13).

SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C.; MAROUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A. Estratégia de aplicação de fósforo via gotejamento em tomateiro. In: WORKSHOP TOMATE NA UNICAMP, 2003, Campinas. **Anais...**. Campinas: Unicamp: Faculdade de Engenharia Agrícola, 2003.

SILVA, W. L. C; MAROUELLI, W. A. Evaluation of irrigation scheduling techniques for processing tomatoes in Brasil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE, 1996, San Antonio. **Proceedings**... San Antonio: ASAE, 1996. p. 522-526.

WESTHUIZEN, A. J; ANNANDAEL, J. G; BENADÉ, N. **Encouraging irrigation scheduling**: a cost-benefit approach. Rome: FAO. Disponível em: <www.fao.org/docrep/w4367e/w4367e0s.htm>. Acesso em: 26 fev. 2010.

Capítulo 07

MANEJO DE PLANTAS DANINHAS

7.1 Introdução 157

7.2 Interferência biológica e ecológica 157

7.2.1 Perdas na produtividade devido à interferência de plantas daninhas 158

7.2.2 Efeito de semelhanças genéticas e fisiológicas entre tomateiro e plantas daninhas 158

7.2.3 Efeitos de práticas culturais: espaçamento e densidade de plantio 159

7.2.4 Aleloquímicos 159

7.2.5 Plantas daninhas como hospedeiras alternativas de pragas e patógenos 159

7.2.6 Estratégias para minimizar a competição com as plantas daninhas: período crítico de interferência 159

7.3 Métodos de controle de plantas daninhas 161

7.3.1 Controle preventivo 161

7.3.2 Controle cultural 163

7.3.3 Controle mecânico 164

7.3.4 Controle químico 165

7.3.4.1 Fatores para o sucesso do controle químico de plantas daninhas 165

7.3.4.2 Herbicidas registrados para a cultura do tomateiro 165

7.3.5 Manejo integrado 168

7.4 Plantas voluntárias 169

7.5 Fitointoxicações por deriva de pulverização e “carryover” 170

7.6 Registro de produtos 171

7.7 Referências 172

Capítulo 07

MANEJO DE PLANTAS DANINHAS

Sidnei Douglas Cavalieri

7.1 Introdução

Diferentemente das práticas culturais adotadas em grandes culturas, o sistema de produção de tomate com finalidade industrial caracteriza-se pelo intenso uso de insumos e pelo grande aporte de capital. Essa maior necessidade de investimentos aumenta a importância de se manter a cultura livre da interferência de plantas daninhas, de forma que não causem prejuízos significativos. De fato, o controle de plantas daninhas representa um dos principais componentes do custo de produção do tomateiro, sendo sua realização indispensável para que a cultura possa expressar seu potencial produtivo, além de garantir frutos de qualidade. O estudo dos efeitos diretos e indiretos da convivência das plantas daninhas e das práticas que visem o seu manejo, reduzindo ou evitando a interferência, são de extrema importância dentro desse sistema de produção. Dessa forma, no presente capítulo, serão abordados aspectos que englobam desde a mato-interferência e períodos de controle, até o detalhamento dos métodos que caracterizam o chamado "manejo integrado de plantas daninhas".

7.2 Interferência biológica e ecológica

A competição imposta pelas plantas daninhas pode ser considerada como uma apropriação de recursos essenciais ao crescimento e desenvolvimento de uma dada cultura em um ecossistema comum. Vários fatores relacionados à cultura e às plantas daninhas têm influência nessa competição: época de convívio, condições edafoclimáticas e tratos culturais. O grau de interferência das plantas daninhas sobre a cultura agrícola é função de diferentes fatores: **(1)** cultura (espécie cultivada, cultivar ou variedade comercial, espaçamento e densidade de semeadura); **(2)** comunidade de plantas daninhas infestantes (composição específica, densidade e distribuição); **(3)** ambiente (clima, solo e manejo da cultura) e **(4)** período em que elas convivem.

A arquitetura da parte aérea e o espaçamento de cultivo do tomateiro industrial, associados ao seu desenvolvimento lento nas primeiras semanas após o transplantio, favorecem a ocorrência de plantas daninhas durante o seu ciclo. Essa interferência pode alterar significativamente o crescimento e o desenvolvimento da cultura, com redução do tamanho, massa, acumulação de sólidos solúveis e número de frutos. A interferência imposta pelas plantas daninhas pode também causar, dependendo da extensão do período de convivência

com o tomateiro, atraso na maturação dos frutos e aumento na quantidade de frutos podres. Adicionalmente, o intenso revolvimento do solo, devido ao uso de implementos agrícolas, em cultivos sucessivos na mesma área, aliado ao uso de níveis elevados de adubações químicas e orgânicas e irrigações frequentes, podem agravar o problema.

7.2.1 Perdas na produtividade devido à interferência de plantas daninhas

A magnitude da redução na produtividade do tomateiro industrial devido à interferência proporcionada pelas plantas daninhas depende, entre outros fatores, das espécies infestantes presentes na área e do período de convivência.

Perdas na produção de tomate pela interferência de tiriricão (*Cyperus esculentus*) em tomates transplantados foram inferiores àquelas causadas por tiririca (*Cyperus rotundus*). Também foram verificadas perdas na produtividade do tomateiro transplantado na ordem de 50 e 81%, devido à infestação de *C. esculentus* (50 plantas.m^{-2}) e *C. rotundus* (100 plantas.m^{-2}), respectivamente. No entanto, perdas de 10 % foram observadas na densidade de 25 plantas.m^{-2}, para ambas as espécies de tiririca. Nessas condições, a produção de frutos de tamanho médio foi a que sofreu maior redução. A interferência de *C. rotundus* reduziu a produção em 43, 52 e 98%, para frutos de classes extragrande, grande e média, respectivamente, enquanto a espécie *C. esculentus* promoveu quedas de produção de 40, 50 e 75%, para frutos daquelas mesmas classes, respectivamente. Maiores reduções de produção foram observadas para tomateiros oriundos de semeadura (99%), em comparação àquelas observadas para o transplantio de mudas (75%). Em parte, isso pode ser atribuído à maior densidade de plantas daninhas na cultura implantada por semeadura que naquela transplantada. No entanto, outros fatores, como o maior período crítico de interferência das plantas daninhas quando se utiliza a semeadura, também podem justificar sua maior redução na produtividade em comparação ao transplantio.

Relatos de 77% de perdas foram observados sob infestação de ançarinha-branca (*Chenopodium album*), carpineira (*Ambrosia artemisiifolia*), caruru (*Amaranthus* spp.) e capim-colchão (*Digitaria sanguinalis*); 80% em tomatais transplantados em campos de produção infestados por *C. album*, *A. artemisiifolia* e capim-carrapicho (*Cenchrus longispinus*) (aproximadamente 180 plantas.m^{-2}); 84%, média de três anos, sob densa infestação por *C. album*, *Amaranthus* spp., *A. artemisiifolia*, maria-pretinha (*Solanum americanum*), *D. sanguinalis* e raspa-saias (*Setaria viridis*); 76%, média de dois anos, sob infestação de *Amaranthus* spp.; 20 a 50% no primeiro e 11 a 75% no segundo ano de cultivo, sob infestação de capim-arroz (*Echinochloa crusgalli*); 76% sob competição por picão-preto (*Bidens pilosa*), capim-marmelada (*Urochloa plantaginea*), joá-de-capote (*Nicandra physaloides*) e trevo (*Oxalis latifolia*); e 77% sob competição de maria-pretinha, com seis plantas.m^{-2}. Da mesma forma, foram constatadas reduções de produtividade de 39%, em razão dos efeitos de botão-de-ouro (*Galinsoga parviflora*) e de 93%, devido à competição de *U. plantaginea*.

7.2.2 Efeito de semelhanças genéticas e fisiológicas entre tomateiro e plantas daninhas.

Um importante fator a ser considerado é que, quanto maior a semelhança fisiológica e/ou genética entre duas espécies vegetais, mais intensa é a sua competição pelos fatores que

se encontram em quantidades limitadas no ecossistema comum. A solanácea maria-pretinha, por exemplo, é considerada uma das espécies mais agressivas quando em competição com o tomateiro, correspondendo à competição de quase cinco plantas de tomate.

7.2.3 Efeitos de práticas culturais: espaçamento e densidade de plantio.

O espaçamento e a densidade de plantio também são fatores importantes no balanço competitivo, pois influenciam na precocidade e na intensidade do sombreamento promovido pela cultura. Plantios mais densos dificultam o desenvolvimento das plantas daninhas por terem que competir mais intensamente com a cultura na utilização dos fatores do meio. Em plantios menos adensados, a redução na produtividade causada por espécies de *Solanum* (5 a 10 plantas.m^{-2}) foi aproximadamente 23% superior à dos plantios mais densos, para tomate em semeadura, evidenciando que a redução do espaçamento entre fileiras ou o aumento da densidade de plantio na fileira pode alterar o balanço da competição em favor da cultura. Por outro lado, é importante citar que o espaçamento de plantio deve ser adequado para propiciar a realização de tratos culturais, havendo também um limite para o aumento da densidade de plantio na fileira, de modo que não haja competição intraespecífica entre as plantas de tomate.

7.2.4 Aleloquímicos

Outra forma das plantas daninhas interferirem diretamente na cultura é por meio da liberação de substâncias aleloquímicas, as quais podem comprometer a germinação das sementes, o crescimento e a produtividade da cultura. Apesar de provocar redução na produtividade e no tamanho dos frutos, a interferência das plantas daninhas parece não afetar a qualidade dos frutos de tomate, avaliada pela cor, consistência, sabor etc.

7.2.5 Plantas daninhas como hospedeiras alternativas de pragas e patógenos

Além dos prejuízos decorrentes da interferência, as plantas daninhas podem ainda atuar indiretamente como hospedeiras de pragas e de patógenos do tomateiro, podendo até inviabilizar a cultura em determinadas situações. Por exemplo, o joá-de-capote (*N. physaloides*) e o trevo (*O. latifolia*) são hospedeiros naturais de begomovírus. Já a beldroega (*Portulaca oleracea*) e diversas solanáceas são hospedeiras naturais de tospovírus. A murcha-bacteriana do tomateiro, causada por *Ralstonia solanacearum*, infecta espécies de plantas pertencentes a mais de 50 famílias, provocando maiores perdas nas solanáceas. Assim, as plantas daninhas pertencentes a essa família podem manter altas populações da bactéria no solo, o que dificulta o controle da doença no campo.

Além disso, as espécies maria-pretinha (*Solanum americanum*), joá-bravo (*S. sissymbrifolium*) e *N. physaloides* são hospedeiras de nematoides do gênero *Melodoigyne*.

7.2.6 Estratégias para minimizar a competição com as plantas daninhas: período crítico de interferência

O modo correto de intervenção visando reduzir a interferência entre as plantas daninhas e o cultivo comercial seria neutralizá-las apenas nas épocas adequadas. Ou seja, nos períodos

em que elas competem efetivamente e prejudicam a produção. Entretanto, há a possibilidade de convivência entre as mesmas por pelo menos um período, sem que ocorram prejuízos significativos. Nesse contexto, merecem destaque os conhecimentos sobre o período total de prevenção da interferência (**PTPI**), o período anterior à interferência (**PAI**) e o período crítico de prevenção da interferência (**PCPI**) das plantas daninhas. O conhecimento desses períodos de convivência de plantas daninhas com a cultura auxilia a estimar o momento e a época do ciclo da cultura em que se estabelece a competição, permitindo a implementação de práticas de manejo das plantas daninhas. Todavia, a estimativa do período crítico de competição não é simples e requer métodos específicos de pesquisa.

Na prática, o **PCPI** representa o intervalo de tempo compreendido entre dois diferentes componentes: **(1)** a menor extensão de tempo (geralmente medida em dias) que uma cultura deve ser mantida livre da convivência com as plantas daninhas após o transplantio. Após esse período as plantas daninhas emergidas não causam redução na produtividade – **PTPI**; **(2)** a maior extensão de tempo em que as plantas daninhas emergidas após o transplantio podem permanecer em convívio antes de se tornar crítica a competição com a cultura pelos recursos do ambiente – **PAI**. Dessa maneira, plantas daninhas presentes antes ou após o **PCPI** não alteram a produtividade da cultura, ao passo que aquelas presentes durante esse intervalo devem ser controladas.

Esses conceitos são bastante válidos, pois para os mais variados cultivos, normalmente a produtividade não é afetada pela presença de plantas daninhas até um determinado estádio após a emergência (**PAI**), desde que a cultura tenha sido mantida no limpo após essa época. Da mesma forma, mantendo-se a cultura livre de plantas daninhas até um determinado período após a emergência (**PTPI**), as plantas daninhas que emergirem posteriormente não afetarão a produção, momento esse que coincide com o "fechamento" da cultura.

De maneira sucinta, o **PCPI** indica o período em que a cultura deve permanecer livre da interferência das plantas daninhas presentes na área. O seu limite inferior indica o momento para a realização de controle em pós-emergência, o que não significa dizer que esse é o momento ideal para se realizar a operação, visto que muitas vezes esse controle deve ser realizado um pouco antes; isso por causa do tempo necessário para o controle das plantas daninhas, além de possibilitar a redução da dose do herbicida e de danos mecânicos ao sistema radicular das culturas. Outra informação prática que o **PCPI** fornece é de que o seu limite superior refere-se à duração mínima do período em que um herbicida aplicado ao solo deveria apresentar atividade residual.

A Tabela 1 sumariza grande parte dos trabalhos de mato-interferência publicados até o momento para a cultura do tomate industrial, os quais estimaram em diferentes localidades e condições de cultivo os diferentes períodos de interferência de plantas daninhas na cultura (**PAI**, **PTPI** e **PCPI**). Nota-se que a extensão do **PCPI** não é absoluta, pois varia de acordo com os fatores que afetam o sistema de produção (espaçamento de cultivo, espécies e densidades de plantas daninhas, cultivar empregada, regime hídrico etc.). Logo, quando possível, seria ideal que ele fosse definido para cada situação ou propriedade.

Tabela 1
Período anterior à interferência (PAI), período total de prevenção da interferência (PTPI) e período crítico de prevenção da interferência (PCPI) de plantas daninhas em tomate industrial proveniente de semeadura e transplantio.

Implantação	PAI	PTPI (dias)	PCPI	Referência
Semeadura	24	36	24 a 36	Weaver & Tan (1983)
	35	63	35 a 63	Weaver (1984)
	42	49	42 a 49	Weaver & Tan (1987)
	0	60	0 a 60	Camplegia (1991)
	21	97	21 a 97	Nascente (1998) Nascente et al. (1998a)
Transplantio	24	36	24 a 36	Friesen (1979)
	28	42	28 a 42	Sajjapongse (1983)
	28	35	28 a 35	Weaver & Tan (1983) Weaver (1984) Qasem (1992)
	20	60	20 a 60	Campeglia (1991)
	17	78	17 a 78	Nascente et al. (1998b)
	27	46	27 a 46	Hernandez (2002) Hernandez et al. (2007)
	26	46	26 a 46	Hernandez (2004)
	33	76	33 a 76	Nascente et al. (2004)

Dados apresentados em dias após a emergência/transplantio do tomateiro

7.3 Métodos de controle de plantas daninhas

A seguir, serão detalhados os principais métodos de controle de plantas daninhas (preventivo, cultural, mecânico e químico) recomendados para a cultura do tomate industrial.

7.3.1 Controle preventivo

O controle preventivo consiste na utilização de práticas que visem prevenir a introdução, o estabelecimento, a reinfestação e a disseminação de propágulos (sementes, rizomas, tubérculos etc.) de plantas daninhas para novas áreas de plantio de tomate, sendo o homem a chave do processo. As principais medidas preventivas são: a aquisição de sementes de tomate registradas ou certificadas, pois há maior garantia de um produto com menor incidência ou ausência de sementes de plantas daninhas; a produção de mudas em substratos livres de contaminação; a escolha de local para a área de plantio, evitando áreas muito infestadas com plantas daninhas, principalmente aquelas perenes e/ou que se propagam vegetativamente; e o uso de água de irrigação livre da contaminação com sementes de plantas daninhas, pois a maioria delas flutua sobre a água, enquanto outras conseguem sobreviver submersas por um período prolongado.

Na tomaticultura transplantada, que é praticamente 100% da área cultivada, são necessários cuidados no preparo do substrato para enchimento dos recipientes ou mesmo na aquisição de mudas de terceiros. Assim, o uso de substratos comerciais na produção de mudas

pode evitar a introdução de espécies infestantes em áreas que não as possuem, conforme pode ser consultado no Capítulo 4 – Produção de mudas.

Outra prática preventiva é a constante limpeza de máquinas e implementos agrícolas, bem como a utilização de roupas limpas pelas pessoas envolvidas no processo de produção. Algumas plantas daninhas, como picão-preto (*B. pilosa*) e capim-carrapicho (*Cenchrus echinatus*), podem se espalhar por novas áreas, por aderirem com facilidade às roupas dos funcionários de campo.

Existem algumas espécies de plantas daninhas (maria-pretinha – *S. americanum* e joá-de-capote – *N. physaloides*) (Figura 1), pertencentes à mesma família botânica do tomateiro (*Solanaceae*), cuja introdução na área a ser cultivada com tomate deve ser, sempre que possível, evitada. Além de serem hospedeiras de patógenos e de produzirem grande quantidade de sementes de fácil disseminação, possuem hábitos de crescimento e fisiologia semelhantes aos do tomateiro, o que dificulta e/ou impossibilita seu controle com herbicidas seletivos para a cultura.

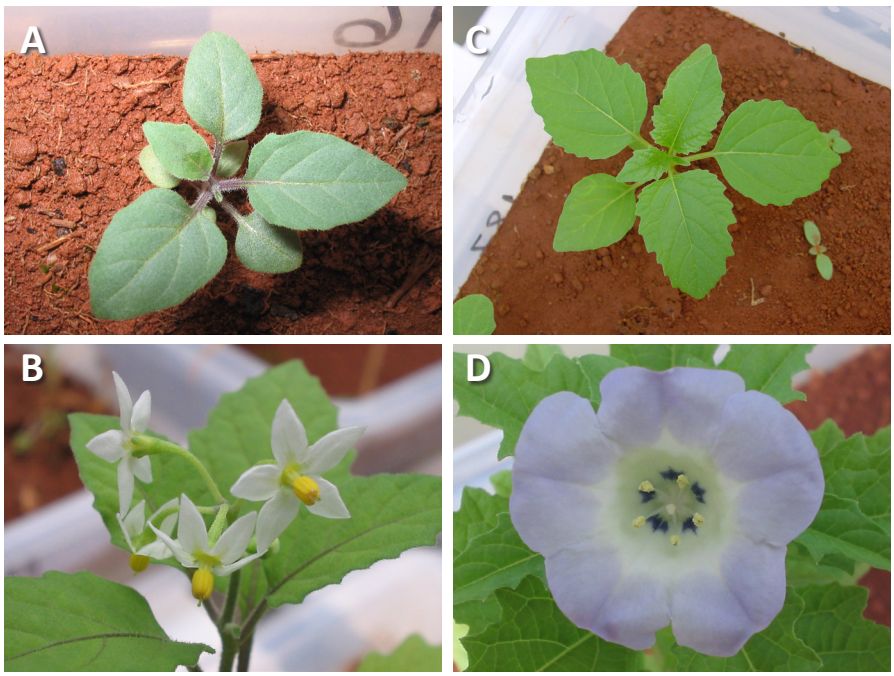


Figura 1 - Principais espécies infestantes da cultura do tomate industrial no Brasil. Maria-pretinha (*Solanum americanum*) (A) Estádio inicial e (B) Estádio reprodutivo Joá-de-capote (*Nicandra physaloides*); (C) Estádio inicial e (D) Estádio reprodutivo

O cuidado em se prevenir a introdução de espécies de plantas daninhas na área é importante especialmente para espécies dicotiledôneas (folhas largas), visto que poucos são os herbicidas disponíveis e eficientes para o uso no tomateiro industrial, sendo a maioria exclusivamente graminicidas. Ademais, o manejo inadequado das áreas cultivadas com hortaliças pode promover a disseminação ou até mesmo a introdução de espécies de plantas daninhas perenes de difícil controle, como a tiririca (*Cyperus* spp.).

7.3.2 Controle cultural

O controle cultural consiste em explorar as características ecológicas da cultura em detrimento das plantas daninhas. Com o uso dessas práticas culturais, é possível reduzir os impactos da interferência das plantas daninhas com o tomateiro. Nesse tipo de controle, utilizam-se as práticas culturais que propiciem que a cultura obtenha vantagem competitiva de desenvolvimento em relação às plantas daninhas.

Dentre essas práticas, destacam-se: o plantio de cultivares adaptadas às condições de clima e solo; uso de sementes tratadas e de boa qualidade; preparo do solo adequado; transplantio de mudas formadas em recipientes adequados, com sistema radicular bem desenvolvido; adubações de base e formação balanceadas; transplantio (ou semeadura) em época recomendada, utilizando arranjos espaciais de plantas adequados para as diferentes cultivares.

A rotação também constitui importante método cultural. Consiste no plantio de diferentes culturas em uma mesma época, para apenas voltar ao plantio da mesma cultura depois de, no mínimo, três períodos de cultivo. As culturas em rotação devem, preferencialmente, pertencer a famílias botânicas distintas das do tomateiro, para que se reduza o banco de sementes do solo e facilite o manejo das plantas daninhas. Dessa forma, não devemos incluir nos sistemas de rotação espécies pertencentes à família botânica do tomateiro (Solanaceae) tais como: a batata, o pimentão, o fumo e a berinjela. Esse procedimento facilitaria o aparecimento de plantas daninhas de difícil controle. Nesse sentido, a rotação cereais de inverno – leguminosas – tomate, seria um bom sistema a ser adotado.

Outro benefício da rotação de culturas é a possibilidade de emprego de herbicidas que tenham reconhecida eficácia no controle de espécies que tradicionalmente infestam o tomateiro durante os cultivos das culturas componentes do sistema de rotação, tornando possível a redução da infestação em seu ciclo de cultivo. Dentro desse contexto, culturas como soja, milho e feijão mostram-se boas alternativas a serem incluídas num programa de rotação de culturas, por apresentarem uma maior gama de herbicidas registrados. A aplicação de herbicidas com atividade residual no início do ciclo dos cultivos em rotação, por exemplo, possibilita o controle de vários fluxos de emergência de plantas daninhas que, por sua vez, poderiam estar infestando o tomateiro em sucessão. Entretanto, dependendo do herbicida utilizado na cultura que antecede o tomateiro, há riscos de intoxicação, devendo o agricultor atentar para esse fato, consultando um profissional da área de agronomia.

Dentre as opções para rotação de culturas, o emprego das chamadas plantas de cobertura destaca-se como alternativa. A palhada depositada sobre o solo por essas plantas pode exercer papel importante no controle das infestantes, seja pelo efeito físico (dificultando a emergência das plântulas) ou pelo efeito de aleloquímicos (que evitam ou reduzem a emergência e o desenvolvimento das plantas daninhas).

O plantio direto é um sistema de preparo do solo que preconiza a rotação de culturas, o não revolvimento do solo e a manutenção dos resíduos vegetais. O não cumprimento de qualquer desses pressupostos descaracteriza o sistema. Trabalhos de pesquisa têm demonstrado que a manutenção da palhada sobre o solo condicionado pelo sistema de

plantio direto melhora o controle das plantas daninhas e a produtividade da cultura. Em estudo realizado com resíduos de parte aérea da cultura do sorgo, por exemplo, a manutenção de 4 $t.ha^{-1}$ sobre o solo foi suficiente para reduzir em 91, 96 e 59% a população de guanxuma (*Sida rhombifolia)*, capim-marmelada (*U. plantaginea)* e picão-preto (*B. pilosa)*, respectivamente. Tem-se constatado também que o rápido estabelecimento e desenvolvimento de crotalária (*Crotalaria juncea*) e milheto (*Pennisetum* spp.) favorecem a diminuição na incidência de plantas daninhas. No plantio direto para a cultura do tomate industrial, o manejo da cultura antecessora ou de plantas de cobertura (fornecedoras da palhada) pode ser feito usando-se rolo-faca, roçado ou por meio da dessecação com herbicidas.

Apesar de todas as vantagens do plantio direto, é válido destacar que nesse sistema ocorrem algumas espécies de plantas daninhas menos observadas no sistema convencional, pois o não revolvimento do solo favorece o desenvolvimento e o aumento da população de espécies de plantas daninhas perenes. Outro problema que recentemente vem causando preocupação aos produtores de tomate, sendo consequencia do plantio direto e da mecanização da colheita, é o aparecimento de plantas voluntárias (tigueras) em cultivos subsequentes de tomate, que será discutido mais adiante.

7.3.3 Controle mecânico

O controle mecânico consiste no uso de práticas de eliminação de plantas daninhas, seja por tração humana, animal ou tratorizada. Nesse método, o preparo do solo promove o controle de plantas daninhas por meio do efeito mecânico de quebra, do arranque e da exposição das estruturas das plantas ao ambiente, fato que promove a redução de propágulos no solo. Tal prática é bastante utilizada para o controle de tiririca (*Cyperus* spp.), uma vez que boa parte dos tubérculos morre por dessecação após exposição ao sol. Entretanto, o revolvimento contínuo do solo pode promover o aumento da infestação de algumas espécies de plantas daninhas que se propagam vegetativamente.

Para ser realizado eficientemente, o método mecânico deve ser realizado em solo com baixa umidade, sendo normalmente complementar a outros métodos de controle devido à baixa capacidade operacional, alto custo e uso de mão de obra. O tomateiro possui sistema radicular muito ramificado, com grande quantidade de raízes situadas próximo à superfície do solo. Dessa forma, as capinas podem prejudicar o tomateiro diretamente, causando danos mecânicos ao caule, ou indiretamente, criando portas de entrada para microrganismos fitopatogênicos ou mesmo estimulando a ocorrência da podridão estilar (deficiência de Ca^{+2}), uma vez que a absorção desse cátion pelas raízes cortadas do tomateiro pode ser prejudicada.

O controle mecânico por meio de cultivadores nas entrelinhas de plantio deve ser feito antes do período crítico de convivência com o tomateiro, prevenindo, assim, a interferência precoce. Esse método é mais eficiente no controle de espécies daninhas anuais e em condições de calor e solo seco, porém apresenta como desvantagem a incapacidade de controlar plantas daninhas na linha de plantio, o que deve ser realizado manualmente.

7.3.4 Controle químico

O controle químico, por meio do uso de herbicidas, é o método mais efetivo no controle de plantas daninhas na cultura de tomate industrial. O controle mecânico exigiria elevada frequência de operações, o que aumentaria consideravelmente o custo de produção e os riscos de infecção por patógenos. Contudo, dependendo da extensão da área de cultivo e do nível de tecnologia adotada pelo agricultor, outros métodos de controle menos tecnificados são mais utilizados.

Nas situações em que o período crítico de prevenção da interferência de plantas daninhas é longo, como no caso de culturas implantas por meio de semeadura, a principal medida de controle é o uso de herbicidas aplicados em área total. A utilização de herbicidas apresenta diversas vantagens em relação a outros métodos de controle: controle em pré-emergência (eliminando as plantas daninhas precocemente); atinge alvos que a enxada ou o cultivador não alcançariam (plantas daninhas na linha de plantio); reduz ou elimina os riscos de danos às raízes de plantas jovens; não modifica a estrutura do solo e, portanto, reduz os riscos de erosão. Além disso, o uso de herbicidas controla mais eficientemente as plantas daninhas perenes; reduz a necessidade de mão de obra; apresenta maior capacidade operacional por unidade de área, apresentando menor custo por área tratada. Outro ponto interessante é que, dependendo da molécula, o herbicida controla as plantas daninhas por um período mais longo, devido à atividade residual no solo; e pode ser usado em períodos chuvosos, quando o controle mecânico é ineficiente e/ou quando a mão de obra é requerida para outras atividades. Contudo, apresenta como desvantagem a necessidade de qualificação de mão de obra, pois, se efetuado inadequadamente, pode intoxicar a cultura, o meio ambiente e o próprio aplicador.

7.3.4.1 Fatores para o sucesso do controle químico de plantas daninhas

Uma série de fatores deve ser considerada para garantir o sucesso do controle químico das plantas daninhas. Os principais fatores ligados às plantas daninhas são: **(1)** correta identificação das principais espécies presentes na área; **(2)** grau de infestação e **(3)** estádio de desenvolvimento da planta daninha no momento da aplicação. Entre os fatores ligados ao herbicida destacam-se: **(1)** eficácia de controle; **(2)** seletividade para a cultura e **(3)** atividade residual para as culturas subsequentes. Em relação à própria cultura pode-se citar **(1)** estádio de desenvolvimento e **(2)** sensibilidade da cultivar. Em relação ao solo é necessário determinar a porcentagem de argila e matéria orgânica para adequação de doses, sendo que quanto maior forem essas porcentagens mais altas deverão ser as doses. Em relação à tecnologia de aplicação deve-se atentar para as condições ambientais (temperatura máxima de 27 °C, umidade relativa do ar mínima de 60% e velocidade do vento de no máximo de 10 $km.h^{-1}$) e para a calibração correta de equipamentos.

7.3.4.2 Herbicidas registrados para a cultura do tomateiro

Devido à baixa tolerância que o tomateiro apresenta aos herbicidas, o controle de plantas daninhas dicotiledôneas (folhas largas) é de difícil execução quando comparado ao controle de gramíneas (folhas estreitas). Exceto metribuzin, flazasulfurom, metam-sodium e trifluralin, os demais herbicidas registrados para a cultura são utilizados exclusivamente no controle de gramíneas. Portanto, é possível inferir maior facilidade no controle de gramíneas pelo método químico, enquanto para as dicotiledôneas esse controle nem sempre é possível, sendo muitas

vezes necessária a integração do método químico ao mecânico para manter a cultura livre da interferência das plantas daninhas. Os herbicidas registrados para a cultura do tomateiro, com suas respectivas modalidades de aplicação e doses recomendadas, encontram-se na Tabela 2**.**

Tabela 2
Herbicidas registrados para a cultura do tomate no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA.

Ação[1/]	Herbicida[2/] Nome comum	Dose (kg ou l ha^{-1}) Ingrediente ativo	Modalidade de aplicação[3/]
Folhas Largas	Metribuzin[4/]	0,48	PÓS
	Metam-sodium	247,5	PRÉ
	Flazasulfuron	0,05 - 0,1	PRÉ & PÓS
Folhas estreitas	Clethodim[4/]	0,084 - 0,108	PÓS
	Fluazifop-p-butyl	0,125 - 1875	PÓS
	Quizalofop-p-ethyl	0,075 - 0,1	PÓS
	Napropamide	2,0 - 3,0	PRÉ & PÓS
	Trifluralin[4/]	0,534 - 2,4	PPI, PRÉ & PÓS

1/ Alguns dos herbicidas têm boa ação em ambos os grupos de plantas;
2/ Ler e seguir as instruções dos rótulos. A inclusão ou exclusão de um produto depende da validade de registro dele junto ao MAPA;
3/ PPI: pré-plantio incorporado entre 5 e 10 cm; PRÉ: pré-emergência; PÓS: pós-emergência.
4/ Ingrediente ativo com duas formulações registradas para o tomateiro.
Fonte: Rodrigues e Almeida (2011) e Agrofit (2011);

Na prática, antes da implantação da cultura de tomate industrial, alguns produtores optam pelo não preparo do solo que, consequentemente, não eliminaria as possíveis espécies infestantes presentes na área antes da semeadura ou transplantio da cultura. Nesse sentido, são aplicados herbicidas dessecantes comumente utilizados para o manejo dessas espécies, os quais não são registrados para a cultura do tomate. Dentre esses, podem ser citados o glyphosate (ação sistêmica), o paraquat e o diquat (ação de contato), que são considerados não seletivos e apresentam amplo espectro de controle. Uma vez em contato com o solo, esses herbicidas são altamente adsorvidos pelos colóides e matéria orgânica, sendo inativados, tornando-se então indisponíveis para absorção pelas plantas. Em outras palavras, não causam prejuízos à cultura que será instalada posteriormente, justificando assim, esforços no sentido de registrar tais moléculas para o tomateiro.

Dentre os herbicidas registrados para a tomaticultura no Brasil, o metribuzin é o mais utilizado, sendo aplicado em pós-transplantio das mudas, após terem recuperado a turgescência (cerca de 10 dias após o transplantio). Esse herbicida atua como inibidor do fotossistema II e é muito dependente das condições edafoclimáticas para seu bom funcionamento, sendo muito adsorvido em solos com alto teor de matéria orgânica e/ou argila. Quando o herbicida é aplicado na superfície do solo seco em que essa condição persiste por sete dias, é desativado por fotodegradação; por isso, para uma ação efetiva, recomenda-se a aplicação de uma lâmina

de irrigação 24 horas após a aplicação. O metribuzin é também facilmente lixiviado no solo, não sendo recomendado seu uso em solo arenoso e/ou com baixo teor de matéria orgânica.

Pesquisadores constataram que o metribuzin promoveu controle eficaz em pós e em pré-emergência das plantas daninhas mesmo sem ocorrência de chuvas após a aplicação. Entretanto, a duração do período de controle após a aplicação variou de acordo com o número de dias sem ocorrência de chuvas e a espécie invasora. Apesar de proporcionar excelente controle de plantas daninhas, o metribuzin pode ser fitotóxico sob determinadas condições ambientais. Por exemplo, o tomateiro tende a tolerar menos o herbicida numa situação em que as plantas de tomate são menos expostas à luz solar (dias nublados) e quando há maior disponibilidade de água às plantas. Nesse caso, acredita-se que a maior retenção de água no solo provoca aumento no período de permanência do produto junto às raízes do tomateiro, potencializando sua absorção pela planta. Também foram observadas algumas diferenças quanto à tolerância entre as cultivares de tomate ao metribuzin, em que cultivares precoces parecem ser mais sensíveis que as tardias.

O metribuzin controla diversas espécies de dicotiledôneas e algumas gramíneas, porém não controla o leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) (Figura 2) e apresenta baixo nível de controle de plantas daninhas da família das solanáceas (maria-pretinha e joá-de-capote, por exemplo), as quais têm sido selecionadas nos campos de produção devido à aplicação repetida desse herbicida. Diante dessa situação, muitos produtores têm utilizado herbicidas não registrados para a cultura, que têm se mostrado eficazes no controle dessas espécies. Na região Centro-Oeste, por exemplo, tradicional na produção de tomate industrial, a mistura de tanque entre metribuzin e s-metalachlor e a aplicação de sub-doses de sulfentrazone, em pré-emergência, tem se revelado como alternativas, principalmente para o controle de maria-pretinha. Além disso, permite prevenir o aparecimento de plantas daninhas resistentes, devido ao emprego de herbicidas com mecanismos de ação diferentes do metribuzin (inibidor do fotossistema II). Entretanto, não há informações quanto ao resíduo desses herbicidas não registrados nos frutos, fato esse que pode estar colocando em risco a saúde dos consumidores.



Foto: Alice Maria Quezado Duval

Figura 2 - Aspecto visual de uma cultura de tomate industrial infestada por leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) após aplicação do herbicida metribuzin em pré-emergência.

Os herbicidas clethodim, fluziafop-p-butyl e quizalofop-p-ethyl, comumente chamados de graminicidas, possuem ação exclusiva em gramíneas, sendo altamente seletivos para dicotiledôneas por inibirem a acetil coenzima-A carboxilase (ACCase), enzima presente apenas em gramíneas. Esses herbicidas devem ser aplicados em pós-emergência, no início do desenvolvimento das plantas daninhas (quatro folhas ou até quatro perfilhos, quando provenientes de sementes). Para se obter maior eficácia na aplicação desses herbicidas, deve-se aplicá-los quando houver alto vigor vegetativo das plantas daninhas.

O trifluralin, inibidor do arranjo de microtúbulos, é um herbicida que apresenta excelente ação sobre gramíneas anuais e perenes oriundas de sementes, devendo ser aplicado imediatamente ou até seis semanas antes do transplantio (ou semeadura). Para tanto, o terreno deve estar livre de torrões, restos culturais, plantas daninhas já estabelecidas e com umidade. Por ser um produto volátil, sensível à luz e de solubilidade em água extremamente baixa, para maior eficácia, recomenda-se sua incorporação ao solo à profundidade de 5 a 10 cm, por meio de grade de arrasto ou capinadeira de dentes, dentro de no máximo oito horas após a aplicação. Uma lâmina de irrigação deve ser aplicada em até sete dias após a aplicação para que o produto não seja inativado. Devido ao seu mecanismo de ação, é importante ressaltar que o trifluralin não controla plantas daninhas suscetíveis após a sua germinação, sendo, portanto, indicado exclusivamente para aplicações em pré-plantio incorporado ou em pré-emergência.

O herbicida flazasulfuron, inibidor da enzima acetolactato sintase, pertence ao grupo das sulfoniluréias, apresenta seletividade ao tomateiro e controle eficiente de algumas plantas daninhas gramíneas e dicotiledôneas anuais e bianuais quando aplicado em pré-emergência. O herbicida napropamide é recomendado para o controle de gramíneas em pré-emergência, com aplicação em pré-plantio incorporado ao solo. Já o metam-sodium é recomendado para o controle pós-emergente de gramíneas e algumas dicotiledôneas. Apesar de possuírem registro para aplicação, esses herbicidas são pouco utilizados na cultura de tomate industrial se comparados aos demais citados anteriormente, seja pela dificuldade de obtenção, pela menor flexibilidade de aplicação, pelo menor espectro de controle, ou pelo custo.

7.3.5 Manejo integrado

O manejo integrado de plantas daninhas visa à integração de vários métodos de controle (preventivo, cultural, mecânico e químico), não considerando cada um de forma isolada. No modelo de agricultura atual, altamente dependente de insumos e energia, há uma tendência de se adotar apenas o controle químico devido à sua praticidade e eficiência; porém, se empregado isoladamente e de maneira inadequada, ele pode trazer uma série de problemas futuros, que certamente resultarão em consequencias indesejáveis. Pode-se citar como exemplo, a seleção de espécies infestantes tolerantes ou resistentes aos herbicidas, o que pode inviabilizar o controle químico de plantas daninhas, ainda mais para o tomate industrial, que apresenta poucos produtos registrados, principalmente para espécies dicotiledôneas.

Diante disso, o maior desafio está em desenvolver sistemas de produção em que métodos preventivos e culturais de controle sejam priorizados, seguidos pelos demais métodos. As medidas preventivas visam evitar o estabelecimento, a produção e a disseminação de propágulos (sementes, rizomas, tubérculos etc.) das plantas daninhas, ao passo que as medidas culturais visam tornar a cultura mais competitiva em relação às infestantes. Nesse último caso, medidas como rotação de culturas, utilização de cultivares mais adaptadas e competitivas, opção pelo transplantio ao invés da semeadura (devido à vantagem competitiva) e uso de plantas de cobertura com potencial alelopático para o controle das plantas daninhas como integrantes do sistema de rotação, têm grande possibilidade de sucesso.

Atentando-se primeiramente para o método preventivo e cultural, o controle químico torna-se mais fácil e o controle mecânico poderá ser usado apenas para complementar eventuais escapes de plantas daninhas, o que certamente é menos oneroso ao agricultor. Além disso, diante da possibilidade da menor utilização de herbicidas, pode-se conseguir menor contaminação ambiental, o que é extremamente favorável para a sustentabilidade do sistema de produção.

7.4 Plantas voluntárias

A colheita mecanizada do tomate industrial é um advento que veio facilitar a vida dos produtores, por tornar a colheita mais dinâmica, ágil, menos dependente de mão de obra e, consequentemente, menos onerosa. No entanto, quando o processo de colheita está em andamento, dependendo da cultivar utilizada, relacionada com a maior ou menor facilidade dos frutos se soltarem da planta mãe, e do grau de maturação dos frutos, parte desses pode ser perdida, e ao se deteriorarem no solo, alimentam o seu banco de sementes, que mais tarde, podem dar origem a plantas de tomate voluntárias, conhecidas popularmente como tigueras.

Dessa forma, em decorrência da mecanização da colheita, as plantas voluntárias vêm se caracterizando como um importante problema, devido à competição com a cultura, por serem fontes de inóculo de doenças como a murcha-bacteriana (*R. solanacearum*) e por possuírem germinação escalonada no tempo, podendo ocorrer durante todo o ciclo da cultura, o que impossibilita o controle por meio do uso de herbicidas seletivos em área total, a não ser que herbicidas não seletivos sejam aplicados de forma dirigida (paraquat, por exemplo). Entretanto, conforme já relatado anteriormente, não há herbicidas não seletivos registrados para a cultura do tomateiro, incluindo essa modalidade de aplicação. Ademais, a aplicação desses produtos acarretaria também maior risco de intoxicação da cultura devido à deriva de aplicação ou por possíveis erros durante a aplicação (como a sobreposição da barra do pulverizador), e não controlaria plantas voluntárias localizadas na linha de plantio. Na prática, capinas manuais são realizadas para a eliminação das plantas voluntárias, sendo necessário mais do que uma capina em algumas situações, procedimento esse bastante oneroso para o produtor (Figura 3).

Foto: Alice Maria Quezado Duval



Figura 3 - Capina manual de plantas voluntárias em cultura de tomate industrial no município de Morrinhos-GO.

Com base no exposto, com vistas a se evitar ou reduzir o problema, é desejável a adoção de um programa de rotação de culturas, retornando o cultivo do tomate na mesma área no mínimo após três cultivos. Adicionalmente, há vários herbicidas utilizados em outras culturas que controlam efetivamente as plantas voluntárias de tomate, que poderiam ser usados durante o ciclo das culturas em rotação, auxiliando no controle das plantas voluntárias e diminuindo o seu banco de sementes no solo.

Outra estratégia promissora, bastante aplicada para o manejo de plantas daninhas, seria a de realizar uma gradagem leve cerca de duas a três semanas antes da instalação da cultura do tomate, para controlar plantas voluntárias remanescentes do cultivo anterior. Essa operação desencadearia a emergência de um novo fluxo de plântulas que poderia ser controlado por herbicidas dessecantes (glyphosate, paraquat ou diquat) poucos dias antes do transplantio (ou semeadura). Entretanto, ressalta-se novamente que esses herbicidas não apresentam registro para o tomateiro.

7.5 Fitointoxicações por deriva de pulverização e “carryover”

Em sistemas agrícolas, os herbicidas podem interagir tanto com plantas daninhas quanto com plantas cultivadas e essa interação pode ser em nível de sub-doses, de doses normais (recomendadas) e de doses acima da tolerável. As fitointoxicações por herbicidas podem ocorrer devido ao efeito de sub-doses resultantes da fração de produtos que atingem as plantas não-alvo pela deriva de pulverização e pela absorção de herbicida presente no solo em final da atividade residual (“carryover”).

Para a deriva de herbicidas, os casos mais comuns relatados para a cultura do tomateiro são decorrentes de pulverizações com os herbicidas glyphosate e 2,4-D em áreas adjacentes. Esses herbicidas, quando em contato com a parte aérea do tomateiro, são absorvidos e causam alterações (anomalias) no crescimento e desenvolvimento das plantas, podendo levá-las à morte.

Citando casos da tomaticultura de mesa como exemplo, doses de glyphosate de 378 até 1.260 g.ha^{-1} foram suficientes para intoxicar e reduzir a altura das plantas, além de reduzir o número de cachos, flores e frutos de tomate cv. Kada Gigante, independentemente do estádio de desenvolvimento da cultura. Já para o 2,4-D, doses variando de 0,42 até 13,44 g.ha^{-1} aplicadas no início do florescimento do tomateiro cv. Débora Plus causaram redução linear de produtividade. Por outro lado, doses menores ou iguais a 13,44 g.ha^{-1} aplicadas após o estádio de quarto racimo completamente desenvolvido, não tiveram efeito sobre o desenvolvimento e produtividade da cultura. Diante disso, concluiu-se que a tolerância do tomateiro ao 2,4-D aumenta significativamente com o avanço do estádio de desenvolvimento.

Todavia, para evitar problemas com deriva, é importante um planejamento prévio das épocas de implantação da cultura de modo que não coincidam com as épocas em que normalmente esses produtos são aplicados nas culturas vizinhas e, se possível, implantá-las em áreas com menor perigo de fitointoxicação.

Com relação às fitointoxicações provenientes de "carryover", essas podem ser um grande problema, caso os produtores não atentem para o histórico da área. Nesse caso, fatores como as características físico-químicas dos herbicidas, precipitações pluviais ocorridas nos meses que antecedem a implantação do tomateiro, granulometria e porcentagem de matéria orgânica do solo devem ser considerados, pois estão relacionados com a maior ou menor duração da atividade residual de herbicidas no solo.

Um exemplo clássico desse problema é a fitointoxicação de culturas sensíveis ao herbicida picloram, comumente utilizado para o controle de plantas daninhas em pastagens, onde há relatos de que a atividade residual do produto possa ultrapassar dois anos. Diante disso, no caso de ocupação de áreas de pastagens para o cultivo de tomate industrial, deve-se levantar o histórico da área a ponto de averiguar se o produto foi usado, evitando, assim, prejuízos econômicos.

7.6 Registro de produtos

Conforme já relatado em vários pontos do presente capítulo, um dos principais entraves para o controle químico de plantas daninhas na cultura do tomateiro é carência de herbicidas registrados para a cultura, em especial os latifolicidas. Isso se deve basicamente ao desinteresse da indústria química que, independentemente de registro, tem comercializado o produto. Nessas condições, diante da reconhecida eficácia de determinados produtos em controlar algumas espécies de plantas daninhas, principalmente as de difícil controle, os produtores acabam por usá-los indiscriminadamente, seja em aplicações isoladas ou em misturas de tanque (o que também é ilegal).

Dessa forma, há a necessidade de esforços por parte do Governo junto às indústrias químicas no sentido de viabilizar o registro de determinadas moléculas, estudando, além da eficácia dos produtos, a presença de resíduos nos frutos. De certa forma, algo já tem sido feito por meio da instrução normativa *minor crops* para as chamadas culturas de suporte fitossanitário insuficiente; porém, nesse caso, os esforços estão concentrados em estender o uso de produtos registrados do tomateiro para outras hortaliças não folhosas. Contudo, mais do que isso, ações também são necessárias para viabilizar o registro para a cultura do tomateiro de herbicidas registrados para outras culturas.

Em resumo, o controle de plantas daninhas é indispensável na cultura do tomate industrial para que essa possa manifestar seu potencial produtivo e produzir frutos de qualidade. Para que isso seja possível, os métodos de controle devem ser empregados em conjunto, sendo os métodos preventivo e cultural os mais importantes, no sentido de se cultivar com sustentabilidade e com o mínimo de impacto ambiental.

Finalmente, trabalhos de pesquisa devem contemplar o manejo da cultura dentro de sistemas de produção, buscando sempre alternativas que tornem a cultura mais competitiva no mercado, aumentando assim a remuneração de quem produz.

7.7 Referências

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 6 jul. 2011.

ARNAUD, L. S. E. P.; SANTOS, C. D. G.; LIMA, J. A. A.; FEITOSA, F. A. A. Predominância de begomovírus em tomateiros na região produtora da Ibiapaba, Ceará, e sua detecção natural em plantas daninhas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 3, p. 241-246, 2007.

BACHEGA, T. F.; HERNANDEZ, D. D.; ALVES, L. C. A. Tomate: tolerância sob medida. **Cultivar HF**, Pelotas, n. 31, p. 10-14, 2005.

BAPTISTA, M. J.; SOUZA, R. B.; PEREIRA, W.; LOPES, C. A.; CARRIJO, O. A. Efeito da solarização e biofumigação na incidência da murcha-bacteriana em tomateiro no campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 24, n. 2, p. 161-165, 2006.

CAMPEGLIA, O. G. Sanidad del cultivo: malezas. IN: GALHARDO, G. **El cultivo de tomate para industria**. Cuyo: INTA, 1991. p. 62-72. (INTA. Agro de Cuyo. Manuales, 1).

CASTRO, P. R. C.; RODRÍGUEZ, J. D.; MORAES, M. A.; CARVALHO, V. L. M. Efeitos alelopáticos de alguns extratos vegetais na germinação do tomateiro (*Lycopersicum esculentum* Mill. cv. Santa Cruz). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 6, n. 2, p. 79-85, 1983.

CORREIA, N. M.; DURIGAN, J. C.; KLINK, U. P. Influência do tipo e da quantidade de resíduos vegetais na emergência de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 2, p. 245-253, 2006.

ELMORE, C. L. Weed control by solarization. In. KATAN, J.; DEVAY, J. E. (Ed.). **Soil solarization**. Boca Raton: CRC Press, 1991. p. 61-72.

FAGLIARI, J. R.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; CONSTANTIN, J. Impact of sublethal doses of 2,4-D, simulating drift, on tomato yield. **Journal of Environmental Science and Health**. Part. B. Pesticides, Food Contaminants, and Agricultural Wastes, New York, v. 40, n. 1, p. 201-206, 2005.

FERREIRA, L. R. **Controle químico de plantas daninhas na cultura do tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill) semeado diretamente no local definitivo.** 1981. 55 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

FIGUEREDO, S. S.; LOECK, A. E.; ROSENTHAL, M. D.; AGOSTINETTO, D.; FONTANA, L. C.; RIGOLI, R. P. Influência de doses reduzidas do Glyphosate no tomateiro (*Lycopersicon esculentum*). **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 3, p. 849-857, 2007.

FRIESEN, G. H. Weed interference in transplanted tomatoes (*Lycopersicon esculentum*). **Weed Science**, Champaign, v. 27, p. 11-13, 1979.

GHINI, R. Alternativas para substituir o brometo de metila na agricultura. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 27, p. 162, 2001.

GODOY, M. C. et al. Efeito da cobertura morta de milheto (*Pennisetum americanum*) sobre a eficácia do herbicida Metribuzin no controle de *Ipomoea grandifolia* e *Sida rhombifolia*. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 79-86, 2007.

GOMES JR., F. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n. 4, p. 789-798, 2008.

HERNANDEZ, D. D. **Efeitos da densidade e dos períodos de convivência de *Solanum americanum* no crescimento e produtividade do tomateiro para processamento industrial.** 2004. 52 f. Dissertação (Mestrado) - UNESP, Jaboticabal.

HERNANDEZ, D. D.; ALVES, P. L. C. A.; SALGADO, T. P. Efeito da densidade e proporção de plantas de tomate industrial e de maria-pretinha em competição. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 20, n. 2, p. 229-236, 2002.

HERNANDEZ, D. D.; ALVES, P. L. C. A.; PAVANI, M. C. M. D.; PARREIRA, M. C. Períodos de interferência de maria-pretinha sobre tomateiro industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 2, p. 199-204, 2007.

JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; AGNES, E. L.; MIRANDA, G. V.; MACHADO, A. F. L. Efeitos de sistemas de manejo sobre a população de tiririca. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 89-95, 2003a.

JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L. R.; SILVA, A. A.; AGNES, E. L.; MIRANDA, G. V.; MACHADO, A. F. L. Dinâmica populacional de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo nas culturas de milho e feijão. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 21, n. 1, p. 71-79, 2003b.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; MADEIRA, N. R. Uso de água e produção de tomateiro para processamento em sistema de plantio direto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 9, p. 1399-1404, 2006.

MELO, P. C. T.; VILELA, N. J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 1, p. 154-157, 2005.

MONQUERO, P. A.; AMARAL, L. R.; INÁCIO, E. M.; BRUNHARA, J. P.; BINHA, D. P.; SILVA, P. V.; SILVA, A. C. Efeitos de adubos verdes na supressão de espécies de plantas daninhas. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p. 85-89, 2009.

NASCENTE, A. S. **Interferência de plantas daninhas na cultura do tomate para processamento e a entomofauna associada**. 1998. 87 f. Tese (Mestrado) – Universidade de Brasília, Brasília.

NASCENTE, A. S.; PEREIRA, W.; MEDEIROS, M. A. FRANCA, F. H. Interferência de plantas daninhas na cultura do tomate para processamento implantada através de semeadura direta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 16, n. 1, 1998a.

NASCENTE, A. S.; PEREIRA, W.; MEDEIROS, M. A. Interferência de plantas daninhas na cultura do tomate para processamento implantada através de transplante de mudas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 16, n. 1, 1998b.

NASCENTE, A. S.; PEREIRA, W.; MEDEIROS, M. A. Interferência das plantas daninhas na cultura do tomate para processamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 3, p. 602-606, 2004.

NORRIS, R. F. et al. Spatial arrangement, density, and competition between barnyardgrass and tomato: I. Crop growth and yield. **Weed Science**, Champaign, v. 49, n. 1, p. 61-68, 2001.

PEREIRA, W. Manejo de plantas daninhas. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. **Tomate para processamento industrial**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia/ Embrapa Hortaliças, 2000. p. 72-87.

PEREIRA, W.; SILVA, W. L. C.; LOPES, C. A.; FONTES, R. R. Avaliação da dinâmica de plantas daninhas sob oito diferentes sistemas de sucessão de culturas no cultivo do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 13, n. 1, p. 104, 1995.

PITELLI, R. H. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. I**nforme** A**gropecuário**, BELO HORIZONTE, V. 11, N. 129, P. 16-27, 1985.

QASEM, J. R. Pigweed (*Amaranthus* spp.) interference in transplanted tomato (*Lycopersicon esculentum*). **Journal Of Horticultural Science**, LONDON, V. 67, N. 3, P. 421-427, 1992.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina: Ed. do Autor, 2011. 697 p.

RONCHI, C. P.; SERRANO, L. A. L.; SILVA, A. A.; GUIMARÃES, O. R. Manejo de plantas daninhas na cultura do tomateiro. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 28, n. 1, p. 215-228, 2010.

RONCHI, C. P.; SILVA, A. A. Effects of weed species competition on the growth of young coffee plants. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 24, n. 3, p. 415-423, 2006.

SAJJAPONGSE, A.; SELLECK, G. W.; ROAN, Y. C. Weed control for transplanted tomato. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 136, n. 1, p. 65-68, 1983.

SILVA, A. A. **Bioatividade do alachor e do metribuzin sob diferentes manejos de água e efeitos do Metribuzin, sob estas condições em soja**. 1989. 138 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 1989.

SILVA, A. A.; SILVA, J. F. **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367 p.

SILVA, A. A. et al. Aspectos fitossociológicos da comunidade de plantas daninhas na cultura do feijão sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 23, n. 1, p. 17-24, 2005.

SILVA, A. C.; HIRATA, E. K.; MONQUERO, P. A. Produção de palha e supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura, no plantio direto do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 44, n. 1, p. 22-28, 2009.

SUZUKI, L. E. A. S.; ALVES, M. C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 121-127, 2006.

TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Potencial de utilização de cobertura vegetal de sorgo e milheto na supressão de plantas daninhas em condição de campo: II – Efeitos na cobertura morta. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 1, p. 1-10, 2004.

VELINI, E. D. Interferência entre plantas daninhas e cultivadas. In: KOGAN, M.; LIRA, V. J. E. **Avances en manejo de malezas en la produccion agricola y florestal**. Santiago do Chile: PUC: ALAM, 1992. p. 41-58.

WEAVER, S. E.; TAN, C. S. Critical period of weed interference in transplanted tomatoes (*Lycopersicon esculentum*): growth analysis. **Weed Science**, Champaign , v. 31, p. 476-481, 1983.

WEAVER, S. E. Critical period of weed interference in three vegetable crops in relation to management practices. **Weed Research**, Oxford, v. 24, p. 317-325, 1984.

WEAVER, S. E.; SMITS, N.; TAN, C. S. Estimating yield losses of tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) caused by nightshade (Solanum spp.) interference. **Weed Science**, Champaign, v. 35, p. 163-168, 1987.

WEAVER, S. E.; TAN, C. S. Critical period of weed interference in field-seeded tomatoes and its relation to water stress and shading. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 67, n. 4, p. 575-583, 1987.

Capítulo 08

DOENÇAS CAUSADAS POR FUNGOS E DISTÚRBIOS FISIOLÓGICOS

8.1 Introdução 179

8.2 Doenças da parte aérea 180

8.2.1 Requeima (*Phythophthora infestans*) 180

8.2.2 Pinta-preta (*Alternaria* spp.) 181

8.2.3 Septoriose (*Septoria lycopersici*) 184

8.2.4 Mancha-de-estenfílio (*Stemphylium* spp.) 185

8.2.5 Oídios (*Oidium neolycopersici* e *Oidiopsis haplophylli*) 186

8.3 Doenças causadas por patógenos de solo 187

8.3.1 Podridão-de-colo e tombamento de mudas (*Pythium* spp. e *Phytophthora* spp.) 187

8.3.2 Rizoctoniose (*Rhizoctonia solani*) 188

8.3.3 Murcha-de-fusário (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) 189

8.3.4 Murcha-de-verticílio (*Verticillium dahliae*) 190

8.3.5 Podridão-de-esclerócio (*Sclerotium rolfsii*) 191

8.3.6 Podridão-de-esclerotínia (*Sclerotinia sclerotiorum*) 192

8.3.7 Podridão olho-de-veado (*Phytophthora nicotianae* e *P. capsici*) 194

8.4 Doenças ou distúrbios de origem fisiológica 195

8.4.1 Podridão-apical ou Fundo-preto 195

8.4.2 Lóculo-aberto 197

8.4.3 Abortamento-de-flores 197

8.4.4 Rachaduras 197

8.4.5 Escaldadura ou Queima-de-sol 199

8.4.6 Ombro-amarelo 199

8.4.7 Fitotoxicidez-de-herbicidas 199

8.5 Referências 201

Capítulo 08

DOENÇAS CAUSADAS POR FUNGOS E DISTÚRBIOS FISIOLÓGICOS

Ailton Reis
Carlos Alberto Lopes

8.1 Introdução

Mais de cem doenças já foram relatadas atacando o tomateiro. Algumas delas são frequentes e destrutivas, podendo provocar níveis significativos de redução de produtividade ou de qualidade do produto comercial. Essas doenças podem ser transmissíveis ou não transmissíveis. A maioria das doenças transmissíveis é causada por fungos, que podem atacar tanto a parte aérea como os órgãos subterrâneos das plantas. As não transmissíveis, também conhecidas como distúrbios fisiológicos, são provocadas pela exposição da planta a condições desfavoráveis ao seu desenvolvimento, tais como: deficiência ou excesso de nutrientes, falta ou excesso de água no solo, fitotoxidez de agrotóxicos (ou outro agente poluidor) e deficiência de luminosidade.

A presença de um agente causador (patógeno), a sensibilidade da cultivar e as condições ambientais são os fatores que determinarão se uma doença irá ou não se desenvolver no tomatal em uma situação específica. Para um controle eficiente das doenças, é mandatório que estes três fatores, bem como as interações entre eles, sejam considerados.

O diagnóstico correto, levando-se em conta o patógeno envolvido, a cultivar ou híbrido utilizado e as condições ambientais na época de cultivo, é fundamental para que se promova o controle eficaz de uma doença. As medidas de controle, tomadas preferencialmente de forma preventiva e dentro dos princípios de manejo integrado, resultam na menor dependência do uso de agrotóxicos, com menores riscos para o aplicador e para o consumidor, além de melhor preservar o meio ambiente.

As principais doenças provocadas por fungos e os distúrbios fisiológicos em tomateiro para processamento industrial são comentadas a seguir, com ênfase na descrição do conjunto de medidas de controle recomendado para cada caso:

8.2 Doenças da parte aérea

8.2.1 Requeima (*Phythophthora infestans*)

A requeima é a doença mais destrutiva do tomateiro. Causa manchas encharcadas, grandes e escuras nas folhas (Figura 1) onde, na sua face inferior e sob alta umidade do ar, observa-se um mofo pulverulento esbranquiçado, que é a esporulação do patógeno. As brotações jovens apresentam podridão encharcada e escura, semelhante aos sintomas nas folhas já desenvolvidas. Na parte superior do caule, onde são observadas com mais frequência, as lesões são pretas e tornam o tecido quebradiço (Figura 2). Nos frutos, a podridão é dura, de coloração marrom-escura. O ataque severo provoca desfolha e podridão dos frutos (Figura 3).

Foto: Carlos A. Lopes



Figura 1 - Manchas caracateristicas causadas pela requeima.

Foto: Ailton Reis



Figura 2 - Lesões no caule causadas pela requeima.



Foto: Carlos A. Lopes

Figura 3 - Podridão no fruto causada pela requeima.

A doença é favorecida por temperaturas amenas (18 a 20 ºC) e alta umidade relativa do ar. Epidemias também podem ocorrer em regiões secas ou em épocas relativamente quentes, desde que a temperatura média do ar permaneça entre 14 e 22 ºC durante os períodos em que a umidade relativa se encontre acima de 90 % e/ou de molhamento foliar acima de 9 horas por dia.

Deve-se evitar a irrigação em excesso e o plantio em local frio e úmido, sujeito a neblina e orvalho. Em épocas e locais com clima favorável à doença e em áreas onde a requeima ocorre de forma endêmica, deve-se pulverizar preventivamente, com base em informações climáticas locais.

8.2.2 Pinta-preta (*Alternaria* spp.)

A doença ocorre tanto na estação chuvosa quanto na seca, sendo favorecida por temperaturas elevadas (acima de 25 ºC) e umidade alta. Ataca toda a parte aérea da planta, iniciando pelas folhas mais velhas e próximas ao solo. Na folha, a doença caracteriza-se pela presença de manchas escuras e com anéis concêntricos (Figura 4). O ataque severo provoca seca das folhas e expõe o fruto à queima de sol. Também é comum o aparecimento de lesões elípticas escuras no caule (Figura 5) que, se ocorrerem logo após o transplantio, levam ao tombamento da muda (Figura 6). Nos frutos, especialmente os maduros, verifica-se uma podridão grande deprimida, circular, localizada próxima ao pedúnculo, recoberta por um mofo preto (Figura 7). A presença de partes de fungos em frutos pode comprometer a qualidade da matéria prima para o processamento.

O fungo pode ser transmitido pela semente e sobrevive em restos culturais, podendo também infectar outras hortaliças como a batata e a berinjela, embora atualmente se reconheça que há certa especialização das espécies envolvidas na doença.

Não existem cultivares comerciais de tomate resistentes à pinta-preta. Para o controle desta doença, deve-se pulverizar preventivamente com os fungicidas registrados, dentro de um programa de manejo integrado de doenças. Recomenda-se também incorporar os restos culturais imediatamente após a última colheita, fazer rotação de cultura com gramíneas e evitar plantios novos nas proximidades de lavouras velhas.

Foto: Ailton Reis



Figura 4 - Manchas foliares com anéis concêntricos causados pela pinta-preta.

Foto: Carlos A. Lopes



Figura 5 - Lesões no caule causadas pela pinta-preta.



Foto: Carlos A. Lopes

Figura 6 - Tombamento de muda causado pela pinta-preta.



Foto: Carlos A. Lopes

Figura 7 - Mofo preto em frutos causado pela pinta-preta.

8.2.3 Septoriose (*Septoria lycopersici*)

Doença caracterizada pela presença de manchas circulares nas folhas, de cor de palha, com pontuações negras (picnídios) no centro (Figura 8). O fungo infecta inicialmente as folhas mais velhas, causando maiores perdas em cultivos feitos durante o período quente (25 a 30 ºC) e chuvoso do ano. Ataques severos, que causam "queima" das folhas (Figura 9) podem ocorrer também no período seco, se a irrigação for por aspersão e em frequência excessiva. Lesões pequenas podem aparecer nas hastes, pedúnculo e cálice (Figura 10), porém os frutos permanecem sadios. O fungo sobrevive nos restos culturais do tomateiro e pode ser transmitido pela semente.

Foto: Carlos A. Lopes



Figura 8 - Pontuações pretas (picnídios) em lesão da septoriose.

Foto: Ailton Reis



Figura 9 - Manchas foliares causadas pela septoriose.



Foto: Carlos A. Lopes

Figura 10 - Lesões de pedúnculo e cálice causadas pela septoriose.

Para o controle da doença, deve-se fazer pulverizações com os fungicidas registrados. É importante fazer o manejo adequado da água, rotação de cultura de preferência com gramíneas e incorporação dos restos culturais imediatamente após a última colheita.

8.2.4 Mancha-de-estenfílio (*Stemphylium* spp.)

É uma doença pouco comum em tomate indústria. Caracteriza-se pela presença de manchas pequenas, escuras e angulares nas folhas, algumas apresentando rachaduras no centro das lesões (Figura 11). Os sintomas começam a surgir nas folhas mais jovens, ao contrário do que ocorre com as manchas causadas por *Alternaria* spp. e por *Septoria lycopersici*. O ataque severo em cultivares muito suscetíveis pode provocar intensa queima das folhas devido ao coalescimento das lesões. Os frutos não apresentam sintomas.



Foto: Ailton Reis

Figura 11 - Lesões foiares com rachaduras causadas pela mancha-de-estenfílio.

Temperatura elevada (acima de 25 ºC), plantas com estresse nutricional e alta umidade do ar favorecem o ataque do fungo. O fungo sobrevive saprofiticamente de um ano para outro nos restos culturais e em hospedeiros alternativos como lobeira (*Solanum lycocarpum*), jiló (*Solanum gilo*) e pimentão (*Capsicum annuum*). O patógeno é transmitido pela semente.

Como medidas de controle, recomenda-se: plantar cultivares resistentes, não deixar que ocorra desequilíbrio nutricional na planta e incorporar os restos culturais imediatamente após o fim da última colheita. Quando são utilizadas cultivares suscetíveis, fazer pulverizações preventivas com fungicidas registrados para tal.

8.2.5 Oídios (*Oidium neolycopersici* e *Oidiopsis haplophylli*)

O mesmo nome, oídio, corresponde a doenças causadas por dois fungos distintos, que também apresentam sintomas diferentes. Na Embrapa Hortaliças propomos chamar de oídio-adaxial (na parte de cima da folha), quando se tratar de *O. neolycopersici* (*Erysiphe* sp.) e oídio-abaxial (na parte de baixo da folha), quando se tratar de *O. haplophylli*. As duas doenças, já que são dois patógenos, podem ocorrer simultaneamente em uma mesma lavoura, sob uma ampla faixa de temperatura, sendo favorecidas pela ausência de molhamento foliar, que acontece em tomate indústria cultivado sob irrigação por gotejamento.

O oídio causado por *O*. *neolycopersici* apresenta como sintoma mais comum lesões cobertas por um crescimento esbranquiçado, que constitui-se de micélio, conidióforos e conídios do fungo. Esse crescimento esbranquiçado ocorre tanto na face inferior como superior das folhas (Figura 12). Com o tempo, as áreas afetadas tornam-se amareladas e, em seguida, necrosadas. Já o oídio causado por *Oidiopsis haplophilli* (*Leveillula taurica*) caracteriza-se pela presença de lesões amarelas na superfície superior das folhas com um crescimento branco na face inferior destas lesões, constituído de estruturas do fungo. As áreas afetadas se transformam em lesões necróticas com o tempo, podendo ser confundidas com lesões da pinta-preta (Figura 13).

Foto: Carlos A. Lopes



Figura 12 - Pó branco do oídio na superfície das folhas.



Foto: Carlos A. Lopes

Figura 13 - Lesões cloróticas e necróticas causadas pelo oídio.

No Brasil não existem cultivares de tomateiro resistentes às duas formas de oídio. A irrigação por aspersão é recomendada como medida auxiliar no controle dos oídios porque, como a chuva, promove o impacto de gotas de água que desalojam significativa quantidade de esporos das folhas. A medida mais eficiente de controle recomendada tem sido o emprego de fungicidas, desde que registrados, aplicados preventivamente ou após o aparecimento dos primeiros sintomas.

8.3 Doenças causadas por patógenos de solo

8.3.1 Podridão-de-colo e tombamento de mudas (*Pythium* spp. e *Phytophthora* spp.)

Estas doenças são mais importantes da fase de produção de mudas até o estabelecimento e "pegamento" das mesmas no campo após o transplantio. Com a prática atual de produção de mudas em substrato e bandejas esterilizados, a doença só ocorre nesta fase devido a uma má condução do sistema, principalmente pelo excesso e pela má qualidade da água de irrigação. As plantas ficam menos sujeitas ao ataque dessa doença à medida que crescem. Geralmente ocorre em reboleiras, inclusive nas bandejas de produção de mudas, irradiando a partir de uma ou poucas plantas infectadas. Está sempre associada a solo ou substrato muito úmido. Mudas afetadas apresentam escurecimento e/ou afilamento na base do caule (Figura 14), normalmente provocando o tombamento da planta. Plantas adultas podem apresentar podridão de raízes e/ou escurecimento da base do caule (canela preta), com consequente murcha da parte aérea.

São doenças de difícil controle e o seu manejo deve ser feito por meio de medidas preventivas tais como: plantar sementes adquiridas de firma idônea e tratadas com fungicidas; produzir as mudas em substrato e bandejas esterilizados; manter as bandejas em suportes que permitam o escorrimento do excesso da água de irrigação; usar água de boa qualidade para irrigação das mudas; fazer o plantio das mudas em terreno bem drenado, evitando aqueles compactados; fazer rotação de culturas com gramíneas; não irrigar excessivamente após o plantio ou transplantio.

Foto: Ailton Reis



Figura 14 - Tombamento de muda causado por oomicetos do solo.

8.3.2 Rizoctoniose (*Rhizoctonia solani*)

A doença se manifesta na produção de mudas ou logo após o transplantio, quando provoca o seu tombamento. Posteriormente, aparece durante a floração, formação e maturação dos frutos, ocasião em que ocorre o fechamento das fileiras, com consequente aumento de umidade no dossel da planta e no solo. Quando infectadas, as folhas e as hastes apresentam podridão mole e aquosa (mela), principalmente nas partes que ficam em contato direto com o solo. Os frutos em contato com o solo desenvolvem podridão marrom e firme, coberta por um mofo marrom-claro, embora possam deteriorar rapidamente pela presença de organismos saprófitas (Figura 15).

Foto: Carlos A. Lopes



Figura 15 - Podridão de fruto causada pela rizoctoniose.

Excesso de irrigação e chuvas após o transplantio e durante a fase de maturação dos frutos favorecem a incidência da doença. O ataque é mais severo em lavouras com alta densidade de plantas, conduzidas em solos orgânicos, argilosos ou compactados e onde há acúmulo de água na superfície do solo. A doença parece se desenvolver melhor em áreas onde os restos da cultura anterior não foram bem incorporados ou sofreram decomposição incompleta.

Para o controle da rizoctoniose, recomenda-se: não plantar em solos compactados ou sujeitos a encharcamentos; não irrigar em excesso; utilizar espaçamento adequado, evitando excesso de plantas por área; plantar preferencialmente cultivares mais eretas; controlar a irrigação de modo a evitar o excesso de água no solo, principalmente durante as fases de floração e frutificação; planejar a data de plantio para evitar a ocorrência de chuvas na fase de frutificação e maturação dos frutos; incorporar os restos culturais imediatamente após a última colheita.

8.3.3 Murcha-de-fusário (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*)

Esta doença não tem ocorrido em tomate indústria no Brasil, pois as cultivares atualmente plantadas são resistentes às raças 1 e 2 do patógeno; a raça 3, já relatada em tomate de mesa na região Sudeste, ainda não foi encontrada nas regiões de plantio de tomate indústria. Plantas com esta doença apresentam murcha das folhas superiores, principalmente nas horas mais quentes do dia, sintoma que pode ser confundido com o da murcha-bacteriana. As folhas mais velhas ficam amareladas e é comum observar-se murcha ou amarelecimento de apenas um lado da planta ou da folha. Os frutos não se desenvolvem, amadurecem ainda pequenos e a produção é reduzida. Ao se cortar o caule próximo às raízes, verifica-se necrose do sistema vascular, caracterizada pelo escurecimento dos tecidos periféricos à região da medula (Figura 16). Não se observa podridão na medula e nem nas raízes, mas estas ficam atrofiadas.



Foto: Ailton Reis

Figura 16 - Escurecimento vascular causado pela mancha-de-fusário.

Temperatura alta (em torno de 28 ^{O}C) e solos arenosos e com pH baixo (inferior a 5,5) favorecem o desenvolvimento da doença. Baixos teores de nitrogênio e fósforo e alto teor de potássio também favorecem a infecção. O ataque de nematoides aumenta a severidade da doença, em função de os ferimentos causados nas raízes servirem de porta de entrada para o patógeno.

O patógeno sobrevive no solo por períodos superiores a sete anos, principalmente através de microescleródios, que são estruturas de resistência do fungo. A doença se dissemina através de mudas infectadas, de implementos agrícolas e da água de irrigação.

Como medidas de controle, recomenda-se: plantar cultivares com resistência às raças do patógeno prevalecentes no local, evitar o plantio em áreas sabidamente infestadas pelo fungo e/ou por nematoides patogênicos ao tomateiro e fazer rotação de cultura com gramíneas.

8.3.4 Murcha-de-verticílio (*Verticillium dahliae*)

O sintoma inicial desta doença é a murcha suave e parcial da planta nas horas mais quentes do dia. As folhas mais velhas ficam amareladas e necrosadas nas bordas, em forma de 'V' invertido (Figura 17). Os frutos permanecem pequenos e mal formados e a produção é reduzida. As plantas afetadas apresentam leve redução de crescimento e têm o sistema radicular atrofiado. Cortando-se o caule na região do colo, verifica-se leve necrose vascular (Figura 18), porém não tão intensa quanto a causada por *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*.

Foto: Ailton Reis



Figura 17 - Lesões em "V" invertido causadas pela mancha-de-verticílio.

Verticillium dahliae é bem adaptado a regiões de solos neutros ou alcalinos e com temperaturas amenas (em torno de 20 ºC). No entanto, já foi relatada a sua ocorrência no Estado de Pernambuco, onde as temperaturas médias são comumente elevadas. O fungo sobrevive no solo por mais de oito anos através de microescleródios e infecta mais de 200 hospedeiras. A disseminação da doença ocorre principalmente através de mudas produzidas em solos infestados pelo fungo. A doença também é disseminada planta a planta através da água de irrigação.

O controle eficiente é obtido através do plantio de cultivares resistentes e rotação da culturas com gramíneas.



Foto: Ailton Reis

Figura 18 - Escurecimento vascular associado à mancha-de-verticílio.

8.3.5 Podridão-de-esclerócio (*Sclerotium rolfsii*)

Plantas doentes apresentam podridão mole e aquosa, principalmente nas folhas, hastes e frutos, que ficam em contato direto com o solo. Em condições de alta umidade, há um crescimento micelial muito vigoroso, de cor branca, semelhante a fios de algodão, na superfície do solo e dos tecidos afetados. É comum também a formação de pequenos grânulos, inicialmente brancos passando a marrom-claro (escleródios), na superfície dos tecidos afetados, inclusive nos frutos (Figura 19).



Foto: Carlos A. Lopes

Figura 19 - Micélio e escleródios associados à podridão-de-esclerócio.

A incidência da doença é maior em períodos quentes (acima de 28 ºC) e chuvosos, em lavouras conduzidas em solos muito argilosos e/ou compactados, com encharcamento do solo. Ferimentos nas raízes e no colo das plantas também favorecem a infecção e agravam o desenvolvimento da doença. O fungo sobrevive no solo por vários anos, na forma de escleródios, e nos restos culturais.

Em locais e épocas favoráveis à doença, o controle pode ser conseguido adotando-se menor densidade de plantio e plantando-se cultivares de porte ereto. Deve-se ainda evitar ferimentos no colo das plantas, evitar excesso de água no solo, principalmente durante a floração e frutificação, e planejar a data de plantio de modo a evitar chuvas na fase de frutificação e maturação dos frutos.

8.3.6 Podridão-de-esclerotínia (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Os sintomas desta doença aparecem normalmente na fase reprodutiva do tomateiro, durante a floração e formação de frutos. É observada em reboleiras, identificada pela secagem prematura e localizada de várias plantas. O fungo causa uma "mela" das folhas e das hastes em contato com o solo. O sintoma inicial da doença geralmente se dá na base do caule (Figura 20), quando provocada por inóculo presente no solo (escleródios). Com o amadurecimento da planta, o caule e as hastes infectadas apresentam uma podridão seca, cor de palha, que geralmente contém no seu interior escleródios em forma de grânulos pretos, semelhantes a fezes de rato (Figura 21), que podem permanecer viáveis por mais de dez anos no solo. Nesse caso, a sua disseminação ocorre por meio de implementos agrícolas e escorrimento de água na lavoura. Infecção iniciando na parte aérea é ocasionada por esporos (ascósporos), que são produzidos pela germinação dos escleródios em ambiente frio e úmido, e que são dispersos na lavoura pelo vento. Os frutos permanecem fixos à planta doente e podem apresentar sintomas de podridão mole, de tonalidade clara (Figura 22).

Foto: Carlos A. Lopes



Figura 20 - Podridão na base da planta causada pela podridão-de-esclerotínia.



Foto: Carlos A. Lopes

Figura 21 - Escleródios de *slerotinia sclerotiorum* no interior do caule do tomateiro.



Foto: Carlos A. Lopes

Figura 22 - Podridão mole de frutos associada à podridão-de-esclerotínia.

O fungo afeta várias famílias botânicas, dentre elas as solanáceas, leguminosas e brássicas, nas quais provoca sérias perdas. O ataque é mais severo em lavouras cultivadas sob condições de clima ameno (em torno de 20 ºC) e umidade alta. A doença é agravada em solos com problemas de compactação, onde há acúmulo de água, e em plantios muito densos com crescimento vegetativo vigoroso e com baixa circulação de ar.

O controle da podridão-de-esclerotínia inclui várias ações integradas tais como: evitar plantar sob condição de clima frio e chuvoso; não plantar em solo compactado sujeito a encharcamento; não fazer cultivos sucessivos de batata, ervilha, feijão, girassol, soja e tomate; adotar maior espaçamento entre plantas, principalmente em locais e épocas favoráveis à doença; plantar preferencialmente cultivares de porte ereto; evitar o excesso de água no solo,

principalmente durante a floração e formação dos frutos; incorporar os restos culturais o mais profundo possível, logo após a colheita, visando provocar o apodrecimento dos escleródios; em áreas novas e ainda não infestadas, fazer rotação da cultura com gramíneas, para evitar a entrada e o aumento da população do fungo no solo.

8.3.7 Podridão-olho-de-veado (*Phytophthora nicotianae* e *P. capsici*)

É provocada por diferentes espécies de *Phytophthora* habitantes de solo, principalmente *P. nicotianae* (Sin. *P. parasitica*) *e P. capsici*. Ocorre com pouca frequência em tomate rasteiro, mas em anos em que a estação de chuvas coincide com o período de colheita ou quando o tomate é plantado muito cedo e inicia a frutificação ainda no período de chuvas, pode causar prejuízos consideráveis. Esses patógenos podem também estar envolvidos em tombamento de mudas e podridão do colo e raiz.

Frutos infectados desenvolvem uma podridão firme, com grandes anéis concêntricos de tonalidades clara e escura de marrom (Figura 23). Os anéis se formam a partir do ponto de infecção, normalmente na parte em contato com o solo, onde ficam partículas aderidas. As espécies de fungo envolvidas com esta podridão podem também infectar a base do caule de plantas jovens, onde causam apodrecimento que provoca a morte da planta. Em solos muito úmidos, normalmente ocorre o crescimento de micélio branco abundante sobre os tecidos afetados (Figura 24).

Foto: Carlos A. Lopes



Figura 23 - Podridão de fruto associada à infecção por *Phytophtora* spp.

O controle da doença se faz com o uso de diferentes estratégias, tais como: evitar irrigações pesadas no final do ciclo; fazer o plantio, preferencialmente, sobre palhada de gramínea (plantio direto); evitar plantios muito precoces e em épocas em que a colheita coincida com período chuvoso; evitar adubações pesadas, principalmente com excesso de nitrogênio; plantar cultivares de porte ereto, que permitam melhor ventilação do solo; evitar o plantio em solos compactados e mal drenados; fazer rotação de culturas, preferencialmente com gramíneas.



Foto: Ailton Reis

Figura 24 - Crescimento micelial de *Phytophtora* spp. em frutos.

8.4 Doenças ou distúrbios de origem fisiológica

8.4.1 Podridão-apical ou Fundo-preto

É provocada pela deficiência de cálcio na extremidade distal do fruto. O cálcio é um nutriente com pouca mobilidade na planta e qualquer condição que dificulte a sua absorção, como salinidade excessiva, uso de nitrogênio na forma amoniacal, excesso ou falta de umidade, ocorrência de doenças radiculares e baixo nível de cálcio no solo, poderá provocar o aparecimento dos sintomas.

Os sintomas de deficiência iniciam-se quando os frutos estão ainda verdes, com o aparecimento de uma área encharcada na região apical do fruto que se torna escura e deprimida à medida que o mesmo cresce (Figura 25). Menos frequentemente, pode ocorrer um escurecimento interno do fruto, conhecido como coração preto (Figura 26). A ocorrência destes sintomas vem sempre acompanhada de um amadurecimento precoce dos frutos.

Fertilização química bem balanceada, calagem com calcário dolomítico três meses antes do plantio, uso de cultivares mais tolerantes, umidade de solo adequada e aplicações de cloreto de cálcio via foliar a 0,6% são as medidas de controle recomendadas.

Foto: Carlos A. Lopes



Figura 25 - Podridão apical, sintoma externo.

Foto: Carlos A. Lopes



Figura 26 - Podridão apical, sintoma interno.

8.4.2 Lóculo-aberto

É causado pela deficiência de boro. O sintoma é bem típico e se apresenta como uma rachadura profunda, bem cicatrizada, que expõe a placenta do fruto (Figura 27). Fertilização química bem balanceada, com adição de micronutrientes, e uso de cultivares mais tolerantes, são as medidas recomendadas para o controle desse distúrbio.



Foto: Carlos A. Lopes

Figura 27 - Lóculo aberto.

8.4.3 Abortamento-de-flores

Ocorre em condições climáticas adversas que prejudicam a polinização e/ou a fertilização, tais como temperatura e umidade elevadas e excesso de vento. O abortamento das flores é também provocado por excesso de adubação nitrogenada.

Há também um forte componente genético influenciando a taxa de abortamento. Cultivares que foram desenvolvidas com resistência ao calor, como “IPA-5” e “Viradoro”, apresentam menor taxa de abortamento de flores quando plantadas em locais com temperaturas elevadas.

8.4.4 Rachaduras

Ocorrem dois tipos de rachaduras da epiderme em frutos de tomate: a radial e a concêntrica. A rachadura radial é resultante da ruptura no sentido longitudinal do fruto (Figura 28), e a concêntrica ocorre de forma circular ao redor da inserção do pedúnculo (Figura 29). Essas rachaduras estão associadas ao desbalanço hídrico e a bruscas variações de temperatura. Seu controle é feito por meio do uso de cultivares menos sensíveis e adubação balanceada, pois excesso de nitrogênio e deficiência de potássio favorecem a ocorrência desses distúrbios.

Foto: Carlos A. Lopes



Figura 28 - Rachadura radial.

Foto: Carlos A. Lopes



Figura 29 - Rachadura concêntrica.

8.4.5 Escaldadura ou Queima-de-sol

Ocorre nos estádios próximos à colheita, quando o fruto é exposto à luz solar direta. Caracteriza-se pela depressão e enrugamento da área afetada, que adquire coloração amarelo-esbranquiçada (Figura 30). Frequentemente, as áreas afetadas dos frutos são invadidas por fungos oportunistas, principalmente *Alternaria alternata*, e apresentam manchas escuras pulverulentas. Esses fungos podem produzir toxinas que afetam negativamente a qualidade do produto processado. Cultivares com boa cobertura foliar dos frutos e mais tolerantes às doenças que causam desfolha da planta são menos sujeitas à queima de sol.



Foto: Ailton Reis

Figura 30 - Escaldadura ou queima-de-sol.

8.4.6 Ombro-amarelo

De causa fisiológica não bem definida, esse distúrbio ocorre com mais frequência quando altas temperaturas coincidem com o período de amadurecimento dos frutos. A região em volta do pedúnculo do fruto apresenta manchas irregulares amarelas (Figura 31). As cultivares com “ombros” verdes são mais sensíveis a esse distúrbio.

8.4.7 Fitotoxicidez-de-herbicidas

Plantas sujeitas ao contato com herbicidas desenvolvem diferentes tipos de distúrbios típicos de fitotoxicidez. Dentre eles, os mais comuns são a clorose de nervuras, causada pelo Metribuzin (Figura 32) e a deformação do limbo foliar, causada pelo 2,4 D (Figura 33). Esses sintomas podem ser confundidos com sintomas de viroses, respectivamente crinivirus e TMV.

Sintomas de fitotoxicidez normalmente apresentam distribuição nas bordas da lavoura, em virtude de deriva de herbicidas aplicados em lavouras vizinhas ou de resíduos de herbicidas em tanques de aplicação de defensivos.

Foto: Carlos A. Lopes



Figura 31 - Ombro amarelo.

Foto: Carlos A. Lopes



Figura 32 - Clorose de nervuras causada por herbicida.



Foto: Carlos A. Lopes

Figura 33 - Deformação de limbo foliar causada por herbicida.

8.5 Referências

BLANCARD, D. **Maladies de la tomate**. Montfavet: INRA/Station de Pathologie Vegetale, 1988. 212p.

BOLKAN, H. Integrated pest management for processing tomatoes: present and future strategies In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON THE PROCESSING TOMATO, 1., 1997, Recife. **Proceedings...** Alexandria: ASHS: IPA, 1997. p. 60-62.

CHUPP, C.; SHERF, A. F. **Vegetable diseases and their control**. New York: Ronald Press, 1960. 693 p.

COSTA, H.; VENTURA, J. A. Doenças do tomateiro no Estado do Espírito Santo: reconhecimento e manejo. In: **Tomate**. Vitória: Incaper, 2010. p. 227- 316.

DIXON, G. R. **Vegetable crop diseases**. Westport: AVI, 1981. 404 p.

Integrated pest management for tomatoes. Berkeley: University of California. 1982. 104 p. (University of California. Publication, 3274).

JONES, J. B.; JONES, J. P.; STALL, R. E.; ZITTER, T. A. **Compendium of tomato diseases**. St. Paul: APS Press, 1991. 73 p.

LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C. (Org.). **Doenças do tomateiro**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2005. 151 p.

LOPES, C. A.; QUEZADO-SOARES, A. M. **Doenças bacterianas das hortaliças**: diagnose e controle. Brasília, DF: EMBRAPA-CNPH / EMBRAPA-SPI, 1997. 70 p.

POLSTON, J. E.; ANDERSON, P. K. The emergence of whitefly-transmitted geminiviruses in tomato in the western hemisphere. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 81, n. 12, p. 1358-1369, 1997.

WALKER, J. C. **Diseases of vegetables crops**. New York: McGraw-Hill, 1952. 529 p.

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; COSTA. H. **Controle integrado das doenças das hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 122 p.

Capítulo 09
DOENÇAS BACTERIANAS

9.1 Introdução 205
9.2 Mancha-bacteriana 205
9.3 Pinta-bacteriana 209
9.4 Murcha-bacteriana ou murchadeira 211
9.5 Cancro-bacteriano 214
9.6 Podridão-mole e talo-oco 216
9.7 Referências 218

Capítulo 09
DOENÇAS BACTERIANAS

Alice Maria Quezado-Duval
Carlos Alberto Lopes

9.1 Introdução

As doenças bacterianas, ou bacterioses, são responsáveis por grandes perdas ao tomateiro para processamento industrial. Seu controle é difícil e requer medidas preventivas, já que poucas são as ferramentas disponíveis para o controle pós-ocorrência e instalação da doença na lavoura.

A seguir, são descritas as principais bacterioses do tomateiro para processamento industrial no Brasil. É dada ênfase em informações sobre o diagnóstico correto e a epidemiologia, essenciais para a decisão sobre a recomendação de estratégias de controle que levem em conta a eficácia, a sustentabilidade econômica e ambiental e a qualidade do alimento.

9.2 Mancha-bacteriana

A mancha-bacteriana, uma das doenças mais importantes dos cultivos de tomateiro para processamento industrial no Brasil, é de ocorrência frequente em lavouras cultivadas em épocas chuvosas e/ou irrigadas por aspersão. Tem sido constatada em mudas produzidas sob telados em viveiros comerciais que também são irrigados por sistemas que provocam o molhamento foliar. Às perdas provocadas por esta doença, que podem comprometer até 50% da produção, somam-se os custos dos produtos químicos empregados para seu controle.

A mancha-bacteriana é causada por *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria,* uma bactéria móvel por meio de um flagelo polar, aeróbica, gram negativa. Apesar de esta denominação ser ainda utilizada, a heterogeneidade da espécie foi evidenciada por meio de estudos genéticos, de modo que foram reconhecidos quatro grupos distintos: *X. euvesicatoria*, *X. vesicatoria*, *X. gardneri* e *X. perforans*. *Xanthomonas vesicatoria* e *X. euvesicatoria* estão presentes em várias regiões do mundo, enquanto *X. gardneri* e *X. perforans* foram encontradas em poucos países, entre eles o Brasil, onde foram relatadas em regiões produtoras de tomate para processamento industrial. A aparente distribuição mais restrita dessas duas espécies, no entanto, talvez se deva ao fato de que as mesmas foram reconhecidas mais recentemente. A rápida disseminação das espécies de *Xanthomonas* causadoras da mancha-bacteriana tem sido verificada em condições de temperaturas elevadas, chuvas, irrigação por aspersão e presença de ventos que carreiam partículas de solo e respingos de água de chuva e de irrigação.

Os sintomas da mancha-bacteriana aparecem inicialmente nas folhas, a partir da base da planta. Inicialmente são notadas manchas necróticas (Figura 1), cuja coalescência resulta em seca progressiva que pode também expor os frutos à queima pelo sol (Figura 2), provocando escaldadura (Figura 3). Nos frutos, podem aparecer lesões de coloração marrom, geralmente deprimidas, de tamanho variável de acordo com a variedade. Queda de frutos também pode ocorrer em virtude de lesões na base do pedúnculo. Com exceção de *X. perforans*, que provoca uma perfuração nas folhas (Figura 4), é difícil realizar uma diferenciação entre as espécies com base na aparência dos sintomas.

Foto: Alice Quezado



Figura 1 - Mancha-bacteriana: início das lesões foliares.

Foto: Alice Quezado



Figura 2 - Mancha-bacteriana: queima das folhas e lesões nos frutos.



Foto: Alice Quezado

Figura 3 - Mancha-bacteriana: escaldadura (queima de sol).



Foto: Alice Quezado

Figura 4 - Mancha-bacteriana: lesões perfuradas por *Xanthomonas perforans.*

As potenciais fontes de inóculo para o início de epidemias de mancha-bacteriana são sementes contaminadas, plantas de tomate originadas do ciclo anterior ("plantas voluntárias" ou "tigueras"), lavouras mais velhas em plantios escalonados, restos de cultura e plantas daninhas. A contaminação de sementes de tomate com *Xanthomonas* associadas à mancha-bacteriana é um fato relatado cientificamente e é responsável pela disseminação do patógeno a longas distâncias, podendo ser determinante da espécie que aparecerá na lavoura, principalmente se tratar-se do primeiro ano de cultivo do tomateiro. Em caso de sementes

suspeitas de infecção (por exemplo, pela constatação da doença, no viveiro, em parte de um lote de sementes), pode-se optar por tratamentos de sementes descritos em literatura.

As plantas voluntárias de tomate, que nascem a partir das sementes dos frutos que ficam no campo após a passagem da colhedeira, são importantes fontes de inóculo para as epidemias constantes de mancha-bacteriana nas condições de cultivo no Brasil. Atualmente, a catação dessas plantas tem sido empregada; porém, cuidado deve ser tomado para que essa prática não seja realizada com as plantas molhadas ou tardiamente. De qualquer forma, tem se observado que em áreas onde há um maior período entre ciclos consecutivos de tomate, o banco de sementes de plantas voluntárias remanescentes no solo é menor e, consequentemente, espera-se um menor problema de mancha-bacteriana.

Ainda não existem estudos epidemiológicos mais específicos a cada espécie causadora da mancha-bacteriana e nas condições de solo e clima brasileiros. No entanto, existem relatos de sobrevivência da bactéria associada a restos culturais por até seis meses e presença epifítica em várias espécies de plantas daninhas e em plantas voluntárias.

A disseminação dentro da lavoura de plantas doentes para plantas sadias ocorre com grande eficiência em períodos de chuva e vento, quando células bacterianas exsudadas das lesões são desalojadas pelo impacto das gotas de água e pela ação do vento se transformam em gotículas (aerossóis) contaminadas. Outras formas possíveis de disseminação secundária são o próprio homem e os implementos usados nas operações de plantio, pulverização, "penteamento" (levantamento de plantas para abertura de carreadores em lavouras de tomate industrial) e até mesmo ao se caminhar para efetivar monitoramento da lavoura ou leituras em sistemas de previsão. É importante atentar para o fato de que esses tipos de disseminação são mais prováveis de ocorrer quando as plantas estão molhadas, pois a bactéria necessita de água livre para sobrevivência, multiplicação e infecção.

Em relação às plantas infestantes, o joá-de-capote (*Nicandra physaloides*) já foi relatado como hospedeiro natural de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*; *S. nigrum* (= *S. americanum*), a maria-pretinha, e *S. sysimbriifolium*, o joá-bravo, se mostraram hospedeiros por inoculações artificiais. O papel das plantas infestantes como fonte de inóculo ainda não está bem estabelecido nas condições brasileiras, sendo necessário avaliar as espécies hospedeiras das diferentes *Xanthomonas* da mancha-bacteriana e modos de sobrevivência, principalmente se são ou não passíveis de serem transmitidas pelas sementes dessas plantas.

A dificuldade de controlar a mancha-bacteriana em condições favoráveis à doença é grande, em virtude de: **(1)** a doença poder estar presente logo no início do ciclo da lavoura, quando veiculada pelas sementes e mudas ou ocorrer em "tigueras"; **(2)** a eficiência do controle químico ser variável, em boa parte devido ao aparecimento de populações bacterianas resistentes aos princípios ativos; **(3)** não existirem cultivares com alto grau de resistência disponíveis no mercado, e **(4)** a doença se disseminar com rapidez sob condições favoráveis.

Em relação ao controle químico, os produtos atualmente com registro para o tomateiro e indicação para a mancha-bacteriana são os agrotóxicos à base de cobre, de amônias quaternárias, os cloretos de benzalcônio, e um indutor de resistência, o acibenzolar-S-metil. Os antibióticos agrícolas, historicamente bastante empregados, foram gradualmente caindo em desuso na cadeia produtiva do tomateiro para indústria, tanto pela eficiência variável,

provavelmente pela pouca estabilidade da molécula em ambiente externo, como pelo aparecimento de estirpes resistentes do patógeno, e/ou pelo custo elevado. A insensibilidade de isolados ao cobre também pode passar a ser predominante com o uso intensivo da molécula. De fato, diferenças em sensibilidade entre isolados foram detectadas, sendo que isolados insensíveis a 100 ppm de sulfato de cobre foram obtidos de amostras de plantas procedentes de Rio Verde (GO) e Luziânia (GO) (coletadas em 2008) e de Goiânia (GO) (coletadas em 2009). Além disso, em relação às formulações à base de cobre, ressalta-se que elas são diferentes em relação à disponibilidade de cobre ativo, ou seja, o iônico (Cu^{2+}), que é o agente tóxico para a bactéria e, se comparadas, podem apresentar diferenças em termos de eficiência.

O emprego de outras moléculas que tenham registro para o tomateiro e que sejam eficientes para o controle da mancha-bacteriana é interessante para a preservação do cobre, ferramenta fundamental de controle. No entanto, para os demais agrotóxicos disponíveis (o indutor de resistência e as amônias quaternárias), os trabalhos de pesquisa ainda estão sendo consolidados, de modo a indicar o melhor posicionamento desses produtos em relação ao controle.

9.3 Pinta-bacteriana

A pinta-bacteriana do tomateiro é causada por *Pseudomonas syringae* pv. *tomato*, uma bactéria móvel, aeróbica, gram negativa e que difunde um pigmento fluorescente sob luz ultravioleta em meio de cultura específico. É uma doença de distribuição mundial, favorecida por condições de temperaturas amenas e alta umidade. No Brasil, a doença tem sido observada mais em lavouras para consumo "in natura", em regiões de clima temperado ou de altitude elevada, do que para processamento industrial. Detecções em lavouras para indústria são esporádicas, associadas a variedades que não portam o gene *Pto*, que expressa resistência à raça 0 da bactéria.

Os sintomas da pinta-bacteriana ocorrem em toda a parte aérea da planta, inclusive nas hastes (Figura 5), iniciando-se pelas folhas baixeiras (Figura 6), sob a forma de manchas arredondadas de coloração marrom-escura que podem apresentar halos amarelados. Além da perda de área fotossintética, pequenas lesões pretas superficiais se formam nos frutos (Figura 7). Plantas debilitadas em razão de algum desbalanço nutricional e/ou hídrico estão mais sujeitas ao ataque da pinta-bacteriana.



Foto: Alice Quezado

Figura 5 - Pinta-bacteriana: lesões na haste.

Foto: Alice Quezado



Figura 6 - Pinta-bacteriana: lesões foliares.

Foto: Alice Quezado



Figura 7 - Pinta-bacteriana: lesões nos frutos.

Pseudomonas syringae pv. *tomato* possui capacidade de sobrevivência no solo em associação a restos culturais e de maneira epifítica em plantas daninhas. Em lavouras de tomate para processamento industrial no Brasil Central, essa bactéria foi capaz de sobreviver de uma estação de cultivo para outra como epífita em plantas daninhas e em plantas voluntárias que cresceram como invasoras em culturas usadas em rotação.

Chuvas e irrigações pesadas por aspersão, principalmente quando acompanhadas de ventos, aumentam a eficiência da disseminação da doença. Regiões sujeitas a orvalho são excepcionalmente favoráveis ao desenvolvimento de epidemias por permitirem maior período de molhamento foliar, que é necessário para a colonização bacteriana e para infecção. O desenvolvimento da doença também é favorecido por adubações pesadas, principalmente com nitrogênio, que provocam aumento de crescimento vegetativo, ocasionando maior adensamento das plantas, e, consequentemente, aumento de umidade.

O plantio de variedades com resistência conferida pelo gene *Pto* tem sido a ferramenta de controle mais empregada e eficaz. No mercado nacional, quase todas as cultivares de tomate para processamento industrial possuem esse gene e, portanto, não desenvolvem a doença.

A não ser pelo uso de cultivares resistentes, as medidas gerais de controle da pinta-bacteriana são basicamente as mesmas recomendadas para a mancha-bacteriana. Por ser a bactéria também transmitida pela semente, este insumo deve ser adquirido de firma idônea. Para o tratamento de sementes, recomenda-se o tratamento térmico a 48 ºC por 60 minutos, combinação que não apresenta efeito negativo na germinação das mesmas. A vistoria de mudas em viveiros deve ser constante, a fim detectar a doença logo em seu início de estabelecimento.

Para o controle químico, estão atualmente registrados no Brasil poucos produtos à base de oxicloreto de cobre e um indutor de resistência, acibenzolar-S-metil. A eficiência dos fungicidas cúpricos normalmente não é comprovada em condições climáticas muito propícias à doença, mas pode também estar relacionado à predominância de isolados resistentes na população bacteriana presente na lavoura. Em relação ao indutor de resistência, faltam observações relatadas quanto à eficiência e retorno econômico em lavouras comerciais.

A rotação de culturas é importante prática para se evitar a sobrevivência do patógeno de um ciclo de cultivo para outro. Neste caso, plantas voluntárias de tomate e plantas daninhas capazes de manter a população de *P. syringae* pv. *tomato* devem ser eliminadas. Além disso, o plantio sucessivo de tomate em áreas próximas deve ser evitado, pois a disseminação constante do patógeno de plantas mais velhas para as mais novas dificulta sobremaneira o controle. O controle também é dificultado quando existe um ambiente muito úmido na parte inferior das plantas, pelo excesso de água de irrigação, pela adubação pesada ou por espaçamento muito adensado.

9.4 Murcha-bacteriana ou murchadeira

A murcha-bacteriana é causada por *Ralstonia solanacearum*, uma bactéria habitante do solo que ataca grande número de espécies vegetais, principalmente da família Solanaceae, tais como tomate, a batata, o pimentão, a berinjela, o jiló e o fumo. Esta bactéria apresenta grande diversidade fenotípica, tradicionalmente traduzida em raças ou em biovares. Mais

recentemente, estudos moleculares revelaram que *R. solanacearum* é um complexo de espécies e não uma espécie única, sendo proposta nova classificação genética baseada em quatro níveis taxonômicos, equivalentes a espécies, subespécies, grupos infra-subespecíficos e linhagens clonais. Nessa nova proposta, o termo "filotipo" é usado para designar grupos maiores no nível de subespécies e o termo "sequevar" é usado para designar grupos infra-subespecíficos.

A doença se manifesta como uma murcha das folhas que se inicia no topo das plantas, a princípio somente nas horas mais quentes do dia (Figura 8). Com o passar do tempo, toda a planta murcha e seca. Quando a base do caule de plantas murchas é cortada, pode-se perceber um escurecimento vascular de cor marrom (Figura 9). Para certificar que a murcha da planta se trata realmente da murcha-bacteriana, recomenda-se fazer o teste do copo (Figura 10). Este teste consiste em colocar um pedaço da base do caule com escurecimento vascular em um frasco transparente com água limpa; o escorrimento de uma substância leitosa em direção ao fundo do copo, após cerca de dois minutos, indica a presença da bactéria.

Foto: Carlos A. Lopes



Figura 8 - Murcha-bacteriana: planta murcha.

A murcha-bacteriana é favorecida por alta temperatura e alta umidade do solo, condições que ocorrem com maior frequência durante os cultivos de verão. Plantios conduzidos a baixas temperaturas podem escapar à doença, mesmo com a bactéria presente no solo. Sob condições favoráveis à bactéria, a partir do terceiro plantio os solos se tornam tão contaminados que levam ao abandono da cultura.

A murcha-bacteriana pode aparecer em terrenos novos, recém desmatados ou após vários anos de rotação com pastagens ou outras espécies consideradas não hospedeiras. Nesta situação,

caso a muda seja sadia e a água não esteja contaminada, os focos podem surgir em locais de crescimento de plantas daninhas suscetíveis ou mantenedoras da bactéria no solo. A partir dos focos iniciais, a doença se espalha com facilidade pela água que escorre em campos contaminados e pelo solo aderido a máquinas e implementos agrícolas, bem como pelos calçados.



Figura 9 - Murcha-bacteriana: escurecimento vascular na base da planta.

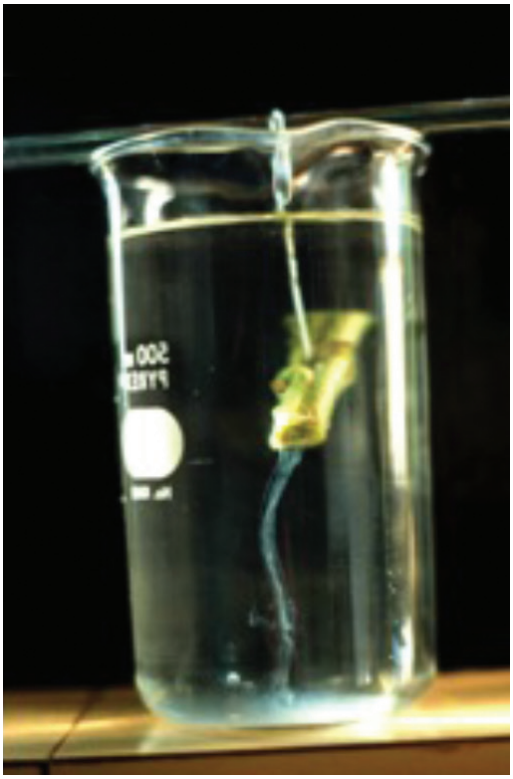


Figura 10 - Teste do copo: exsudação bacteriana.

Fotos: Carlos A. Lopes

Tem-se verificado maior incidência da doença em cultivos sob gotejamento, pois nesse sistema o bulbo de umidade constante na rizosfera da planta favorece a multiplicação da bactéria, em relação à irrigação por aspersão, que proporciona picos de umidade. Independentemente do sistema de irrigação, o excesso de umidade no solo favorece a multiplicação da bactéria e o processo infeccioso, devendo, portanto, ser evitado.

O controle da murcha-bacteriana, depois que ela se manifesta no campo, é muito difícil. Nenhuma medida isolada é suficiente para evitar perdas, quando as condições ambientais forem favoráveis à doença. Por isso, deve-se sempre pensar em adotar o controle integrado, baseado na observação de várias medidas preventivas e complementares de controle.

Plantios de inverno, de preferência em climas secos como os do Brasil Central, são menos sujeitos à ocorrência da doença e devem ser explorados principalmente se houver suspeita

de que a doença tenha ocorrido na região. Já no verão, a observância das medidas integradas de controle deve ser redobrada, pois a taxa de multiplicação da bactéria em temperaturas elevadas é alta, e infecções secundárias podem comprometer toda a produção.

A escolha da área de plantio é fundamental para o controle da murcha-bacteriana. Terrenos com histórico da doença devem ser evitados, pois o patógeno sobrevive por vários anos no solo. A rotação de culturas é uma prática altamente recomendada e válida para todas as doenças bacterianas ou fúngicas associadas ao solo. O plantio em áreas anteriormente exploradas com pastagens, muito comum no Brasil Central, é recomendado, pois as gramíneas, além de não se infectarem com a bactéria, auxiliam na redução de sua população no solo.

É fundamental evitar que máquinas e implementos agrícolas que tenham transitado em lavouras contaminadas, especialmente em solos úmidos, se movimentem em áreas não infestadas, pois esta é uma das formas mais eficientes de disseminação do patógeno. Uma vez detectada, geralmente na forma de reboleiras de plantas murchas em razão da distribuição irregular da bactéria no solo, recomenda-se o isolamento dessas áreas.

Atualmente, não existem cultivares de tomate com alta resistência à murcha-bacteriana, e o controle químico por desinfestação não é eficaz, por não abranger camadas mais profundas do solo, ou é economicamente inviável nas grandes extensões de cultivo do tomate para processamento industrial.

9.5 Cancro-bacteriano

Embora seja responsável por grandes perdas em tomateiro para consumo *in natura*, em lavouras comerciais de tomate para processamento industrial essa doença não tem sido considerada relevante. Tem sido relativamente pouco estudada, principalmente pelo fato de ocorrer esporadicamente, o que dificulta sobremaneira seu estudo epidemiológico. A doença pode aparecer de forma destrutiva em um ano e depois passar despercebida nos próximos três ou quatro anos.

O agente causador do cancro-bacteriano é *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*, bactéria aeróbica, gram positiva, normalmente bastonetiforme, mas às vezes com o formato de clava, daí o nome do gênero.

Vários sintomas podem ser observados em tomateiro infectado com o cancro-bacteriano, alguns dos quais são facilmente confundidos com os de outras doenças. Por isso, seu diagnóstico nem sempre é fácil, pois os sintomas variam de acordo com a condição ambiental, com a cultivar e com a idade da planta por ocasião da infecção. Variam também de acordo com o tipo de invasão, que a princípio é sistêmica, quando a bactéria penetra e coloniza o xilema da planta, sendo então transportada para outros órgãos. Posteriormente, sob alta umidade, células bacterianas produzidas em cancros de plantas doentes são disseminadas pela água e causam a infecção localizada.

Plantas de tomate normalmente mostram os sintomas do cancro-bacteriano a partir do início da frutificação. A murcha das folhas mais velhas, ou de parte dos seus folíolos, é uma das primeiras manifestações da doença, que indica uma infecção associada ao sistema vascular. Quando a infecção é localizada, com a penetração da bactéria pelos tricomas quebrados ou pelos de hidatódios, sintomas como pequenas manchas necróticas no limbo e necrose de bordos foliares são observados primeiro (Figura 11). A murcha da parte superior da planta pode

aparecer quando a infecção se dá por ferimento no caule. Quando o pecíolo de folhas mais velhas de plantas murchas é destacado do caule, observa-se um escurecimento vascular de cor amarela ou marrom, que pode ser confundido com sintomas de outras doenças vasculares. Embora indiquem o nome da doença, cancros são raramente observados. Bem típicas da doença são as manchas redondas no fruto, de cor marrom e com um halo branco pequeno, conhecidas como mancha-olho-de-perdiz ou mancha-olho-de-passarinho (Figura 12); é muito comum plantas doentes produzirem frutos aparentemente sadios. Frutos de plantas infectadas sistemicamente, mesmo que não apresentem sintomas, caem com facilidade.



Foto: Alice Quezado

Figura 11 - Cancro-bacteriano: necrose das bordas das folhas.



Foto: Carlos A. Lopes

Figura 12 - Cancro-bacteriano: mancha-olho-de-perdiz ou mancha-olho-de-passarinho em fruto e manchas necróticas no pedúnculo.

O cancro-bacteriano é transmitido pela semente, que é uma eficiente fonte de inóculo inicial e de disseminação do patógeno a longas distâncias. O patógeno pode sobreviver por vários meses no solo associado aos restos de cultura, com a população da bactéria decrescendo mais rapidamente quando os mesmos são enterrados. Sobrevive ainda em maria-pretinha (*Solanum americanum*), que é uma das principais plantas daninhas na cultura do tomate industrial. Além de temperatura e umidade, fatores ambientais como intensidade luminosa e pH do solo também podem exercer efeito sobre o aparecimento e desenvolvimento do cancro-bacteriano. Quando as plantas são expostas à baixa intensidade de luz, são mais rapidamente infectadas e solos com pH maior ou menor do que 6,5 favorecem o aparecimento da doença.

Evitar a entrada do inóculo inicial no campo da cultura é a medida de controle mais eficiente para combater o cancro-bacteriano. Para tal, sementes e mudas devem ser adquiridas de fornecedores idôneos, que as tenham produzido sob rigoroso controle fitossanitário. Sementes suspeitas de contaminação devem ser tratadas, sob a supervisão de um agrônomo. A eficácia do controle químico do cancro-bacteriano tem sido assunto bastante polêmico. Fungicidas cúpricos e antibióticos, desde que detenham registro no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), podem apresentar certa eficiência somente quando as condições ambientais não são muito favoráveis ao desenvolvimento da doença e quando a população do patógeno prevalecente na região não for resistente aos princípios ativos utilizados.

O progresso na obtenção de variedades resistentes ao cancro-bacteriano tem sido muito lento, apesar dos esforços de grupos de pesquisa em todo mundo.

9.6 Podridão-mole e talo-oco

As bactérias causadoras das podridões-moles não são consideradas patógenos agressivos, pois só invadem os tecidos da planta quando esta se torna predisposta pela presença de fatores facilitadores da infecção, tais como ferimentos e umidade excessiva do ar ou do solo. Em lavouras comerciais de tomateiro, as perdas são resultado da infecção do caule (talo-oco) e de frutos (podridão-mole).

Os sintomas de talo-oco e podridão-mole foram historicamente associados a espécies do gênero *Erwinia*, principalmente *E. carotovora* subsp*. carotovora* e *E*. *chrysantemi*. Entretanto, proposta taxonômica recente reclassifica as bactérias do gênero *Erwinia*, capazes de produzir enzimas pectolíticas, como *Pectobacterium ou Dickeya*. Assim, nesta nova proposta, a primeira passou a ser chamada de *P. carotovorum* subsp. *carotovorum* e a segunda de *Dickeya* spp. Não existem estudos recentes da distribuição dessas espécies no Brasil.

As espécies/subespécies de *Pectobacterium* e *Dickeya* provocam sintomas muito semelhantes no tomateiro. A aparência dos sintomas e a rapidez com que a doença evolui dependem muito mais da umidade do solo e do ar e, principalmente, da temperatura, do que da própria espécie ou subespécie envolvida. A bactéria penetra por ferimentos provocados pela amarração, pela desbrota, pela colheita ou por outros tratos culturais e por insetos tais como a mosca minadora, as brocas e a traça. Em tomate industrial, esses ferimentos praticamente se restringem a danos provocados por insetos e por máquinas e equipamentos usados nos tratos culturais. Após a penetração, a bactéria destrói a medula da planta, provocando o sintoma conhecido como talo-oco (Figura 13). Nos frutos, a podridão se inicia a partir de ferimentos provocados por insetos (Figura 14).



Figura 13 - Talo-ôco: destrução da medula.



Fotos: Carlos A. Lopes

Figura 14 - Podridão-mole, a partir de ferimento provocado por inseto.

As espécies de *Pectobacterium* e *Dickeya* são consideradas habitantes do solo, isto é, são capazes de nele sobreviver por longos períodos na ausência de hospedeiras, estando associadas a resíduos de plantas de tomate, a plantas voluntárias e a plantas daninhas que abrigam colônias bacterianas na rizosfera. Podem sobreviver, ainda, em pequenos ferimentos cicatrizados, nos tecidos vasculares e sob a forma latente, isto é, sem apresentar sintomas até que a condição ambiental seja favorável à doença. Especialmente em ambientes úmidos, a bactéria atinge os sítios de infecção por meio de aerossóis formados durante a irrigação por aspersão ou chuvas, ou levadas por insetos.

Os fatores ambientais mais importantes na manifestação das podridões-moles são a temperatura e a umidade altas. Esta última, principalmente no solo, interfere na disponibilidade de oxigênio, levando a um aumento na produção de enzimas bacterianas que destroem os tecidos da planta. Um filme de água livre sobre a superfície do tecido provê a condição de anaerobiose necessária ao início de infecção. Por isso, esta condição deve ser evitada.

O controle eficiente do talo-oco e da podridão-mole depende da adoção de uma série de medidas culturais que são imprescindíveis para reduzir a população do inóculo inicial e sua disseminação no campo. Dentre elas, deve-se evitar a realização das práticas culturais em

plantas molhadas, bem como em área contaminada antes de se movimentar para uma área não contaminada dentro da lavoura.

Em caso de solos com histórico de ocorrência de podridões, é recomendada a rotação de culturas com espécies de plantas não hospedeiras, de preferência gramíneas, acompanhada de um eficiente controle de plantas daninhas e de plantas voluntárias (soqueira). Os solos para o plantio devem ser bem drenados e as irrigações feitas de maneira a não fornecer água em excesso para as plantas.

A adubação das plantas deve ser balanceada, evitando-se excesso de nitrogênio, que torna as plantas quebradiças, favorecendo a infecção aérea. Sabe-se ainda que plantas bem nutridas com cálcio produzem tecidos menos sujeitos às podridões.

A pulverização com antibióticos, fungicidas cúpricos e/ou ditiocarbamatos não tem demonstrado redução consistente da doença em plantas que já estejam apresentando sintomas. Entretanto, de forma preventiva e desde que haja registro para tal, uma recomendação prática que tem mostrado eficácia é a pulverização da parte aérea das plantas logo após estas serem expostas a ferimentos, como no caso de ocorrência de granizo ou ventos fortes. A ideia é que se protejam as partes recém feridas, que são sítios de infecção pela bactéria.

A podridão de frutos é eficazmente controlada pela eliminação dos insetos que neles causam ferimentos, tais como a traça e as brocas. Não há informação de que aplicação de agrotóxicos bactericidas tenha algum efeito na contenção da podridão-mole de frutos.

Cultivares com níveis adequados de resistência ao talo-oco e à podridão-mole em hortaliças ainda não estão disponíveis. O controle por meio da resistência genética é pouco provável, em curto prazo, devido à complexidade dos mecanismos de infecção da bactéria.

9.7 Referências

ARREDONDO, C. R.; DAVIS, R. M. First report of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* race 1 on tomato in California. **Plant Disease**, Saint Paul, v.84, n.3, p.371-371, 2000.

BAPTISTA, M. J.; SOUZA, R. B.; PEREIRA, W.; LOPES,C. A.; CARRIJO, O. A. Efeito da solarização e biofumigação na incidência da murcha-bacteriana em tomateiro no campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, p.161-165, 2006.

BASHAN, Y.; OKON, Y.; HENIS, Y. Long-term survival of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* and *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* in tomato and pepper seeds. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 72, n. 9, p. 1143-1144, 1982.

BAZZI, C.; MANARESI, L.; SANGUINETI, M. C.; RONCARATI, R. Response of some processing tomato lines to bacterial speck. **Phytopathologia Mediterranea**, Bologna, v. 28, p. 71-75, 1989.

BRADBURY, J. F. **Guide to plant pathogenic bacteria**. Slough: CAB International, 1986. 332 p.

BUDDENHAGEN, I.; SEQUEIRA, L. KELMAN, A. Designation of races of *Pseudomonas solanacearum*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 52, p. 726, 1962. Resumo.

DATA sheets on quarantine organism NB. 45: *Xanthomonas vesicatoria*. **OEPP/EPPO Bulletin**, Paris, v. 22, p. 247-252, 2000..

CHANG, R. J.; RIES, S. M.; PATAKY, J. K. Dissemination of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* by practices used to produce tomato transplants. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 81, p. 1276-1281, 1991.

DUARTE, V.; EL TASSA, S.O.M. Taxonomia do Gênero *Pectobacterium*. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v.11, p.1-41, 2003.

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

FRANCIS, D. M.; KABELKA, E.; BELL, J.; FRANCHINO, B.; CLAIR, D. S. Resistance to bacterial canker in tomato (*Lycopersicon hirsutum* LA 407) and its progeny derived from crosses to *L. esculentum*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 85, n. 11, p. 1171-1176, 2001.

GOODE, M. J.; SASSER, M. Prevention - the key to controlling bacterial spot and bacterial speck of tomato. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 64, n. 9, p. 831-834, 1980.

GRONDEAU, C.; SAMSON, R. A review of thermotherapy to free plant materials from pathogens, especially seeds from bacteria. **Critical Reviews in Plant Science**, Philadelphia, v. 13, n. 1, p. 57-75, 1994.

HAYWARD, A. C. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 29, p. 65-87, 1991.

HAYWARD, A. C. The hosts of *Pseudomonas solanacearum*. In: HAYWARD, A. C.; HARTMAN, G. L. (Ed.). **Bacterial wilt: the disease and its causative agent**, ***Pseudomonas solanacearum***. Wallingford: CAB International: AVRDC, 1994. p. 9-24. (Proceedings, 45)

JABUONSKI, R. E.; TAKATSU, A.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Levantamento e identificação de espécies de *Erwinia* de diferentes plantas hospedeira e regiões do Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 11, p. 185195, 1986.

JONES, J. B; LACY, G. H.; BOUZAR, H.; STALL, R. E.; SCHAAD, N. W. Reclassification of xanthomonads associated with bacterial spot of tomato and pepper. **Systematic and Applied Microbiology**, Stuttgart, v. 27, p. 755-762, 2004.

KUROZAWA, C. Cancro-bacteriano do tomateiro. **O Biológico**, São Paulo, v. 50, p. 105-113, 1984.

LATERROT, H. Reccurence of Pto. **Tomato Genetics Cooperative Report**, Cornell, v. 33, p. 273, 1983.

LEITE, R. P.; JONES, J. B.; SOMODI, G. C.; MINSAVAGE, G. V.; STALL, R. E. Detection of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* associated with pepper and tomato seed by DNA amplification. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 79, n. 9, p. 917-922, 1995.

LOPES, C. A. Manejo integrado de bactérias fitopatogênicas. In: SILVA, L. H. P. S.; CAMPOS, J. R.; NOJOSA, G. B. A. **Manejo integrado de doenças e pragas em hortaliças**. Lavras: UFLA, 2001. p. 105-123.

LOPES, C. A.; HENZ, G. P. **Podridões-moles das hortaliças causadas por bactérias**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 1998. 8 p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico, 8).

LOPES, C. A.; QUEZADO-SOARES, A. M. **Doenças bacterianas das hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa/Serviço de Produção de Informação. Embrapa, 1997. 70 p.

LOPES, C. A.; QUEZADO-DUVAL, A. M. Doenças bacterianas. IN: LOPES, C. A.; ÁVILA, A. C. (ORG.). **Doenças do tomateiro**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2005. p. 55-73.

LOPES, C. A.; QUEZADO-SOARES, A. M.; MELO, P. E. Differencial resistance of tomato cultigens to biovars I and III of *Pseudonomas solanacearum*. **Plant Disease**, Saint Paul, v.78, p. 1091-1094, 1994.

MARIANO, R. L. R.; McCARTER, S. M. Epiphytic survival of *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* on tomato and weed species. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 16, n. 1, p. 86-92, 1991.

MAROUELLI, W. A.; LOPES, C. A.; SILVA, W. L. C. Incidência de murcha-bacteriana em tomate para processamento industrial sob irrigação por gotejamento e aspersão. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 2, p. 320-323, 2005.

MIGUEL-WRUCK, D. S.; OLIVEIRA, J. R.; ROMEIRO, R. S.; DHINGRA, O. D. Sobrevivência e transmissão de *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* em estacas de bambu infestadas artificalmente para plantas de tomate. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 27, p. 283-287, 2001.

NASCIMENTO, A. R. **Ação de produtos químicos *in vitro*, em mudas e em campo sobre a mancha-bacteriana (*Xanthomonas perforans* e *X. gardneri*) em tomate para processamento industria**l. 2009. 126 F. TESE (DOUTORADO) – UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, GOIÂNIA.

PILOWSKY, M.; ZUTRA, D. Reaction of different tomato genotypes to the bacterial speck pathogen (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*). **Phytoparasitica**, Bet Dagan, v. 14, n.1, p. 39-42, 1986.

POHRONEZNY, K. L.; VALIN, R. B. **Bacterial speck of tomato**. Gainesville: IFAS: University of Florida, s.d. 2 p. (Plant Pathology Fact Sheet PP-10).

PYKE, N. B.; MILNE, K. S.; NEILSON, H. F. Tomato seed treatments for the control of bacterial speck. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, Wellington, v. 12, p. 161-164, 1984.

QUEZADO-DUVAL, A. M.; CAMARGO, L. E. A. Raças de *Xanthomonas* spp. associadas à mancha-bacteriana em tomate para processamento industrial no Brasil. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 22, n. 1, p. 80-86, 2004.

QUEZADO-DUVAL, A. M.; GAZZOTO FILHO, A.; LEITE JÚNIOR, R. P.; CAMARGO, L. E. A. Sensibilidade a cobre, estreptomicina e oxitetraciclina em *Xanthomonas* spp. associadas à mancha-bacteriana em tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 1, p. 670-675, 2003.

QUEZADO-DUVAL, A. M.; LOPES, C. A. **Mancha-bacteriana**: uma atualização para o sistema de produção integrada de tomate indústria. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2012. 28 p.(Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 84).

QUEZADO-DUVAL, A. M.; LOPES, C. A.; LEITE JÚNIOR, R. P.; LIMA, M. F.; CAMARGO, L. E. A. Diversity of *Xanthomonas* spp. associated with bacterial spot of processing tomatoes in Brazil. **Acta Horticulturae**, The Hague, n. 695, p. 101-108, 2004.

QUEZADO-SOARES, A. M.; SILVA, V. L.; GIORDANO, L. de B.; LOPES, C. A. Redução da produtividade de tomateiro para processamento industrial devido à mancha-bacteriana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 16, n. 1, 1998. Resumo 266.

ROMEIRO, R. S.; GARCIA, F. A. O. Controle biológico de enfermidades de plantas incitadas por bactérias. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 11, p. 195-227, 2003.

SCOTT, J. W.; FRANCIS, D. M.; MILLER, S. A.; SOMODI, G. C.; JONES, J. B. Tomato bacterial spot resistance derived from PI 114490: Inheritance of resistance to race T2 and relationship across three pathogen races. **Journal of the American Society for Horticulture Science**, Alexandria, v. 128, p. 698-703, 2003.

SIGEE, D. C. **Bacterial plant pathology**: cell and molecular aspects. Cambridge: Cambridge University Press, 1993. 325 p.

SILVA, A. M. S.; CARMO, M. G. F.; OLIVARES, F. L.; PEREIRA, A. J. Termoterapia via calor seco no tratamento de sementes de tomate: eficiência na erradicação de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* e efeitos sobre a semente. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 6, p. 586-593, 2002.

SILVA, V. L.; LOPES, C. A. Isolados de *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* resistentes a cobre em tomateiros pulverizados com fungicidas cúpricos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 1, p. 85-89, 1995a

SILVA, V. L.; LOPES, C. A. Populações epifíticas de *Pseudomonas syringae* pv. *tomato* em cultivo comercial de tomateiro industrial. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 2, p. 179-183, 1995b.

STALL, R. E.; GOTTWALD, T. R.; KOIZUMI, M.; SCHAAD, N. C. Ecology of plant pathogenic xanthomonads. In: SWINGS, J. G.; CIVEROLO, E. L. (Ed.). ***Xanthomonas***. London: Chapman & Hall, 1993. p. 265-299.

STRIDER, D. L. **Bacterial canker of tomato caused by *Carynebacterium michiganense***: a literature review and bibliography. Raleigh: North Carolina Agricultural Experiment Station, 1969. 110 p. (North Carolina Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin, 193)

WANG, J. F.; JONES, J. B.; SCOTT, J. W.; STALL, R. E. Several genes in *Lycopersicon esculentum* control hypersensitivity to *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 84, n. 7, p. 702-706, 1994.

WANG, J. F.; OLIVIER, J.; THOQUET, P.; MANGIN, B.; SAUVIAC, L.; GRIMSLEY, N. H. Resistance of tomato line Hawaii 7996 to *Ralstonia solanacearum* Pss4 in Taiwan is controlled mainly by a major strain-specific locus. **Molecular Plant Microbe Interactions**, Saint Paul, v. 13, n. 1, p. 6-13. 2000.

WILSON, M.; CAMPBELL, H. L.; JI, P.; JONES, J. B.; CUPPELS, D. A. Biological control of bacterial speck of tomato under field conditions at several locations in North America. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 92, n. 12, p. 1284-1292, 2002.

Capítulo 10
DOENÇAS CAUSADAS POR VÍRUS

10.1 Introdução 225
10.2 Geminivirose 225
10.2.1 Histórico 225
10.2.2 Transmissão 227
10.2.3 Sintomas e perdas 228
10.2.4 Resistência genética 230
10.2.5 Controle 231
10.3 Vira-cabeça do tomateiro 234
10.3.1 Histórico 234
10.3.2 Transmissão 234
10.3.3 Sintomas e perdas 235
10.3.4 Resistência genética 237
10.3.5 Controle 237
10.4 Outras viroses 238
10.4.1 *Pepper yellow mosaic virus* *238*
10.4.2 *Potato virus Y* 238
10.4.3 *Cucumber mosaic virus* 238
10.4.4 *Tomato mosaic virus* 238
10.4.5 *Tomato chlorosis virus* 238
10.4.6 *Tomato blistering mosaic virus* 239
10.5 Referências 239

Capítulo 10
DOENÇAS CAUSADAS POR VÍRUS

Alice Kazuko Inoue-Nagata

10.1 Introdução

Os vírus que infectam o tomateiro são numerosos e podem causar sérios prejuízos ao seu cultivo. Em geral, os sistemas de cultivo do tomateiro podem ser divididos em dois grupos principais: estaqueado e rasteiro. Os produtores de tomateiros estaqueados, de crescimento indeterminado, são muito variados, sendo observados no Brasil desde pequenos produtores com baixo nível técnico e alta incidência de doenças até grandes produtores de elevada qualidade técnica com lavouras de alta sanidade, além de todos os níveis intermediários entre esses dois extremos. Já o tomateiro rasteiro (com plantas de crescimento determinado) é normalmente cultivado em grandes áreas, em regiões isoladas, com produção de mudas de excelente qualidade e alta tecnificação dos tratos culturais. A ocorrência de doenças causadas por vírus é distinta de acordo com o sistema de cultivo, sendo que em tomateiro rasteiro destinado ao processamento industrial os principais problemas de doenças causadas por vírus são a geminivirose e o vira-cabeça do tomateiro.

10.2 Geminivirose

A geminivirose é causada por um grupo de vírus pertencentes ao gênero *Begomovirus* e família *Geminiviridae*. A geminivirose também pode ser chamada de begomovirose, termo mais preciso e apropriado, já que os begomovírus são os únicos geminivírus transmitidos por moscas-brancas, enquanto os demais geminivírus são transmitidos por diferentes espécies de cigarrinhas e membracídeos. Neste capítulo, os termos geminivirose e geminivírus serão usados em preferência a begomovirose e begomovírus pela maior familiaridade dos produtores e técnicos com estes termos. O Brasil é um dos países com a maior diversidade conhecida de espécies de geminivírus que infectam o tomateiro. Cerca de dezessete espécies já são descritas em tomateiro e o número é, aparentemente, crescente.

10.2.1 Histórico

O primeiro relato de geminivírus data da década de 1960 com ocorrências observadas em São Paulo e no Nordeste brasileiro. Testes de transmissão confirmaram ser o patógeno transmissível por moscas-brancas. Relataram-se plantas com sintomas severos, mas provavelmente de ocorrências

esporádicas. Nesta época, a doença foi denominada mosaico dourado do tomateiro e o vírus de *Tomato golden mosaic virus*, único até então relatado no Brasil. O quadro mudou concomitantemente à introdução no Brasil da mosca-branca biótipo B (também conhecida como *Bemisia argentifolii*) por volta do início dos anos 1990. A mosca-branca (*Bemisia tabaci*) anteriormente relatada no Brasil é classificada como *B. tabaci* biótipo A, hoje aparentemente não mais encontrado no País. Esforços no sentido de realizar levantamentos da composição de biótipos de moscas-brancas aqui no Brasil resultaram na conclusão de que o biótipo B está presente em todo o país em detrimento do biótipo A, não encontrado em levantamentos recentes. A maneira mais fácil de diferenciá-lo do biótipo A e de outros biótipos é a capacidade do biótipo B de causar em folhas de aboboreira, em alta infestação, sintomas de prateamento de folhas, daí a origem do nome "argentifolii", *argentum* = prata (Figura 1). Além dessa característica marcante e de fácil avaliação em campo, sabe-se que os indivíduos do biótipo B apresentam maior polifagia (grande número de plantas hospedeiras), maior fecundidade (maior número de ovos), maior capacidade de adaptação e maior facilidade de produzir populações com resistência a inseticidas. Estas são as principais razões que tentativamente explicam a predominância do biótipo B no Brasil e também em outros países.

Foto: Alice Nagata



Figura 1 - Folhas de abobreira com sintomas de prateamento.

O biótipo A não coloniza bem o tomateiro e portanto raras são as vezes em que se via moscas-brancas se alimentando em tomateiro. A partir da introdução do biótipo B, relatos de ocorrência de geminivírus em tomateiro foram iniciados, já em 1994. Nesta época, o avanço da ciência genômica permitiu a utilização de técnicas modernas de genotipagem, o que resultou na conclusão inequívoca da presença crescente de geminivírus no Brasil. A segunda espécie a ser descrita foi *Tomato yellow vein streak virus*. A partir de então novas espécies são continuamente descritas em todo o Brasil. Os geminivírus são vírus com partículas geminadas, sendo composto por duas estruturas icosaédricas imperfeitas coladas uma na outra. Estes vírus estão presentes principalmente nas células floemáticas da planta e em baixas concentrações. Devido a esta baixa concentração e à dificuldade de purificação de partículas, a produção de anti-soro é dificultada

e não existe ainda anti-soro utilizável em teste de detecção por sorologia para os geminivírus brasileiros. Os testes de detecção usados são, portanto, baseados em técnicas de biologia molecular como hibridização e reação de polimerase em cadeia (PCR). Para a realização desses testes, há a necessidade de laboratórios bem equipados e disponibilidade de reagentes, normalmente de alto custo. Entretanto, a identificação da espécie é complexa e o uso de hibridização ou PCR não permite a identificação precisa. A única maneira de se identificar um geminivírus é a partir da análise do genoma viral, o que torna a sua execução complicada e cara. Os vírus são geralmente clonados, pois infecções mistas são frequentes entre os geminivírus. Os trabalhos recentes apontam que três espécies são particularmente importantes para a tomaticultura no Brasil: *Tomato severe rugose virus* (ToSRV), Tomato golden vein virus (TGVV) e Tomato mottle leaf curl virus (ToMLCV).

10.2.2 Transmissão

Os geminivírus são transmitidos por moscas-brancas (Figura 2). Esses insetos são hemípteros sugadores da família *Aleyrodidae* e curiosamente não são moscas (dípteros) e nem são brancos (cor creme). Aparentemente, o biótipo prevalente e amplamente distribuído no Brasil é o biótipo B. Em certas regiões, principalmente em condições de cultivo protegido, há a ocorrência de outro aleyrodídeo, o *Trialeurodes vaporiarorum*. Esta mosca-branca é conhecida como mosca-branca da casa de vegetação e não é transmissora de geminivírus (porém pode ser transmissora de crinivírus). O ciclo de vida do inseto é completado em cerca de duas a três semanas, em condições de temperatura mais alta, e em até dois meses em época mais fria. A fêmea pode produzir de 50 a 400 ovos durante a sua vida (média de 160), ovos estes que são depositados na face abaxial das folhas individualmente. As ninfas, após uma pequena locomoção após a sua emergência, para busca do ponto de alimentação, são sésseis. A fêmea é maior que o macho e consequentemente alimenta-se mais e apresenta uma eficiência de transmissão viral maior, já que o vírus multiplica-se em células do floema. O adulto vive cerca de 15 dias, em média. A reprodução é principalmente via partenogênese, mas a reprodução sexuada é também frequente.



Foto: Alice Nagata

Figura 2 - Detalhe da moscas-brancas na folha do tomateiro.

A transmissão de geminivírus pela mosca-branca ocorre de modo persistente e circulativo. O vírus é adquirido pela mosca-branca durante a sua alimentação, a partícula viral percorre o sistema digestivo, atravessa a parede do intestino, alcança a hemolinfa e migra até as glândulas salivares, onde fica armazenada até a sua introdução em plantas pela saliva. Aparentemente, existem diferentes taxas de eficiência de transmissão dependendo da espécie de vírus e da população de moscas-brancas (a exemplo do que ocorre em outras interações vírus-vetor), mas esse tema é pouco estudado no País e não há dados disponíveis no momento. A partir de estudos detalhados realizados na transmissão do geminivírus *Tomato rugose mosaic virus* por moscas-brancas, o período mínimo para a mosca-branca adquirir o vírus e se tornar transmissora é de 15 minutos. Esse período é suficiente para que poucos indivíduos tornem-se transmissores, porém para uma taxa de transmissão maior é necessário um período maior de alimentação em plantas infectadas. Após a aquisição, um período de latência (aproximadamente 16h) é observado, onde o vírus se movimenta no corpo do inseto até se depositar nas glândulas salivares. Para a inoculação, o período mínimo é de 30 minutos. Esses resultados indicam que um período mínimo de 30 minutos entre a migração da mosca-branca de fora para dentro da lavoura é suficiente para que as plantas tornem-se infectadas. Assim sendo, o uso de inseticidas adulticidas teria pouco efeito protetor para as mudas. Entretanto, sabe-se que um longo período de aquisição e de inoculação é importante para se conseguir uma eficiente taxa de transmissão, o que torna o uso de controle químico uma boa alternativa para se reduzir a incidência de geminivírus na lavoura.

Recentemente, demonstrou-se que endossimbiontes estão presentes no sistema digestivo das moscas-brancas e estes contribuem para o processo de transmissão dos geminivírus. Aparentemente, os endossimbiontes produzem proteínas que se ligam às partículas virais, protegendo-os da degradação proteolítica dentro do corpo do inseto. Isso é uma clara demonstração do longo período de co-evolução entre o vírus e o vetor.

10.2.3 Sintomas e perdas

Dentre as viroses, a incidência de geminivírus é sem dúvida a maior, em comparação com outros vírus. O vírus permanece na lavoura principalmente em tomateiro (plantios comerciais, hortas caseiras, tigueras), em moscas-brancas virulíferas e em hospedeiros alternativos. Taxas de plantas infectadas são maiores em áreas que recebem ventos de áreas adjacentes com plantios de tomateiro infectado.

Os principais sintomas causados pelos geminivírus em tomateiro são a clorose de nervura (Figura 3) e a clorose entre as nervuras. Quando este se torna acentuado, é possível visualizar o sintoma de mosaico amarelo (Figura 4), típico de uma infecção por geminivírus. Sintomas adicionais de enrolamento e encarquilhamento foliar (Figura 5), diminuição do tamanho das folhas e nanismo (Figura 6) são importantes e prejudicam a produção de frutos. A infecção precoce é altamente prejudicial, sendo que quando a infecção ocorre até 14 dias do transplantio, perdas de aproximadamente 70% podem ser observadas. Infecções tardias resultam em sintomas claros, mas nem sempre relacionados com redução de produtividade. Portanto, a infecção precoce deve ser evitada.



Foto: Alice Nagata

Figura 3 - Clorose de nervuras na folha de tomateiro, causada por infecção por geminivírus.



Foto: Alice Nagata

Figura 4 - Folhas com sintoma de mosaico amarelo, causado por infecção por geminivírus.



Foto: Alice Nagata

Figura 5 - Encarquilhamento e clorose entre as nervuras causados por infecção por geminivírus.

Foto: Alice Nagata



Figura 6 - Planta infectada por geminivírus apresentando deformação foliar, rugosidade, clorose entre as nervuras e diminuição da área foliar.

Os sintomas de maturação desuniforme e isoporização dos frutos são causados pelo intenso ataque de moscas-brancas. Estas injetam um toxina que causa este tipo de resposta fisiológica das plantas nos frutos. Os geminivírus conhecidos até momento não causam sintomas visíveis nos frutos.

10.2.4 Resistência genética

O mercado de sementes e mudas de tomateiro é extremamente aquecido. Mil sementes de um híbrido que combina características agronômicas, industriais e organolépticas podem custar ao produtor centenas de reais. O custo de tomateiro rasteiro é mais baixo, mas recentemente a tendência é ascendente. Até o momento, utiliza-se genes que conferem resistência parcial aos geminivírus, sendo o gene *Ty-1* o mais conhecido e utilizado. As plantas com tal gene não são imunes aos geminivírus, mas apresentam menor taxa de infecção e sintomas mais leves, quando comparadas às plantas suscetíveis. Existe um componente de dose, sendo que os materiais homozigotos para o gene de resistência apresentam melhor desempenho do que os heterozigotos. No entanto, em casos de alta pressão de moscas-brancas virulíferas, as plantas resistentes podem-se comportar como plantas suscetíveis e mostrar sintomas severos e perdas consideráveis. Hoje existem poucos materiais com resistência aos geminivírus com aptidão para indústria, mas a maioria das companhias de sementes está buscando materiais com essa resistência. Muitos híbridos são avaliados anualmente e vários materiais estão em fase avançada de análise de comportamento no campo em larga escala. A Embrapa Hortaliças está avaliando um híbrido com boa resistência a geminivírus que vem apresentando boas propriedades como brix e produtividade, sendo que os testes de processamento estão sendo realizados.

10.2.5 Controle

O controle de geminivírus requer cuidados especiais, mas tem como base as medidas convencionais de manejo de doenças causadas por vírus. A escolha da área deve ter como prioridade o isolamento em relação a outros cultivos de tomateiro. Os vírus, assim como outros patógenos, são facilmente e eficientemente transportados de áreas contaminadas para novas áreas. Como estes geminivírus são transmitidos por moscas-brancas, de alta capacidade de vôo, quanto maior a distância entre as lavouras menor será a velocidade de entrada do vírus nas novas plantações. Os plantios não devem ser feitos de forma escalonada, mas de uma única vez em uma mesma micro-região. A época de plantio deve obedecer à legislação vigente. Considerando o grande prejuízo causado pelas moscas-brancas em associação com os begomovírus, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) instituiu uma instrução normativa (SDA IN 24, 15/04/03; http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=862), dirigida para tomate para processamento industrial, determinando o estabelecimento de um calendário anual de plantio, também conhecido como vazio fitossanitário do tomateiro, exigindo também uma série de medidas fitossanitárias.

Em Goiás, a Agência Goiana de Defesa Agropecuária - AGRODEFESA instituiu legislação específica (Agrodefesa IN 06/2011, 14/06/11), sendo que o transplantio somente pode ser realizado de 1º de fevereiro a 30 de junho de cada ano. Este vazio sanitário foi estendido a tomateiro estaqueado nos municípios de Morrinhos, Itaberaí, Turvânia, Cristalina, Orizona, Vinópolis e Goianésia, que deverão seguir o mesmo calendário de plantio. Particularmente para o município de Morrinhos, a partir da IN 002/08 (31/01/08) da Agrodefesa, o calendário de plantio foi reduzido para 15 de fevereiro a 15 de junho, sendo que o município é dividido em duas regiões (Norte e Sul) e cada região tem dois meses (alternados) para efetuar os plantios anualmente. Além do calendário de plantio, as instruções normativas estabelecem as seguintes recomendações: o uso das práticas de manejo integrado de pragas; a eliminação de restos culturais até 10 dias após a colheita (lavouras abandonadas ou com ciclo interrompido também deverão ser eliminadas); a produção de mudas deverá ser feita em viveiros com pedilúvio, antecâmaras e telados com malha máxima de 0,239 mm; deve-se estabelecer outras medidas complementares de controle natural, controle químico e ações educativas visando melhorar a performance; além do cadastro de todos os produtores de tomate.

Adicionalmente a estas medidas, deve-se utilizar materiais com resistência quando disponíveis. Consultas a empresas de comercialização de sementes foram feitas e estas estão confiantes que, em um prazo curto serão ofertadas aos produtores de tomate sementes híbridas que além das características agronômicas e para processamento necessárias, gerarão híbridos resistentes aos geminivírus brasileiros.

Uma vez escolhida a área e a época de plantio, deve-se cuidar para a eliminação de possíveis hospedeiros alternativos dos geminivírus. Dentre os hospedeiros conhecidos atualmente, destacam-se: pimentas, batata, joá-de-capote (Figura 7), leiteiro (Figura 8), figueira-do-inferno, vassourinha e crotalaria. Na medida do possível, deve-se evitar o plantio em áreas altamente infestadas pelas plantas daninhas citadas anteriormente, principalmente

aquelas de hábito semi-perene. A eliminação de plantas tigueras também é importante para se reduzir as chances de manutenção dos vírus na área de produção. A rotação de culturas é essencial para se conseguir lavouras de plantas sadias, não só para as doenças causadas por vírus, mas principalmente para doenças de solo.

Foto: Alice Nagata



Figura 7 - Joá-de-capote (Nicandra physaloides) infectado com geminivírus.

Foto: Alice Nagata



Figura 8 - Leiteiro (Euphorbia heterophylla) infectado com geminivírus.

Finalmente, o controle da mosca-branca vetora precisa ser realizado de modo eficiente. Sabe-se que os danos causados por infecção precoce são elevados, portanto a qualidade sanitária das mudas e a sua proteção logo após o transplantio merecem especial atenção. As mudas devem ser produzidas em viveiros telados com a melhor qualidade possível em termos de vigor e sanidade (Figura 9). Antes do transplantio, as mudas devem ser regadas com inseticida sistêmico, e alguns dias após o transplantio uma nova pulverização deve ser feita, para se evitar a alimentação das

moscas-brancas. O produtor deve estar atento para a existência de hospedeiros alternativos ao tomateiro para a mosca-branca. O controle do inseto na sua área de produção não é efetivo caso haja lavouras próximas de plantas igualmente hospedeiras; exemplos de culturas que se comportam como ótimas hospedeiras da mosca-branca são a soja, o algodão e o feijão. O manejo da mosca-branca deve ser feito de modo a contemplar a micro-região e não isoladamente a área de cultivo do tomateiro. Isso, certamente, é complexo e exige estratégias bem coordenadas com os diversos produtores da região. Recomenda-se consultar um agrônomo para a escolha do produto e da época adequada para aplicação. O uso de fungos e parasitas para o controle de moscas-brancas é realizado com sucesso no exterior, mas as condições de cultivo e climáticas são bem distintas. Em geral, o uso de inimigos naturais é mais eficiente em condições de cultivo protegido (para aumento da umidade para os fungos e confinamento dos parasitas). No Brasil, o uso desses inimigos naturais ainda não apresenta a eficiência necessária para uso em escala.



Foto: Alice Nagata

Figura 9 - Área interna de viveiro para produção de mudas.

Os geminivírus em tomateiro são considerados como vírus bastante evoluídos, já que, em geral, causam sintomas mais brandos nas plantas infectadas. Exceções são vistas em infecções precoces e com alta pressão de moscas-brancas virulíferas. Em infecções que ocorrem a partir de um mês do transplantio, os sintomas podem ser vistos, porém as perdas em termos de produtividade são baixas. Isso leva o produtor a manter um grande número de plantas infectadas no campo, que serve como fonte de vírus para novos cultivos adjacentes. Dessa forma, os vírus são continua e eficientemente mantidos no meio ambiente e, como pode ser observado, as epidemias são crescentes. A dificuldade do controle efetivo de moscas-brancas e o surgimento de formas resistentes a inseticidas têm agravado o quadro de ocorrência dos geminivírus. Para o alívio do produtor, híbridos comerciais com resistência deverão estar disponíveis no mercado em um curto prazo e, além disso, o tomateiro apresenta uma boa resposta ao manejo da nutrição de plantas, o que lhe permite produzir uma razoável carga de frutos, mesmo quando infectado pelos geminivírus.

10.3 Vira-cabeça do tomateiro

A doença conhecida como vira-cabeça do tomateiro é, sem dúvida, a mais destrutiva e temida pelos produtores. Ela é causada por quatro espécies de tospovírus: *Tomato spotted wilt virus* (TSWV), *Tomato chlorotic spot virus* (TCSV), *Groundnut ringspot virus* (GRSV) e *Chrysanthemum stem necrosis virus* (CSNV). Estes vírus infectam, além do tomateiro, inúmeras plantas de várias famílias botânicas, causando prejuízos consideráveis em culturas como o pimentão e amendoim.

10.3.1 Histórico

O relato do vira-cabeça do tomateiro remonta da década de 30, quando Bitancourt descreveu uma doença denominada de "mancha-anular-do-tomate". Naquela época, e por muito tempo, a doença tinha como causa uma única espécie de vírus, o *Tomato spotted wilt virus*. Esta espécie era a única do grupo tospovírus e da família *Bunyaviridae*, que tem como hospedeiros principais mamíferos, sendo considerada exceção por infectar plantas. Os primeiros estudos com anticorpos mostraram ser o grupo formado por sorogrupos diferentes. Após o avanço das técnicas de biologia molecular e sequenciamento do genoma dos vírus, verificou-se que o grupo, agora denominado gênero *Tospovirus*, era formado por diversas espécies. Isolados de TSWV ocorrem mundialmente, sendo que de TCSV e GRSV ocorrem predominantemente no Brasil. Recentemente, surgiram relatos de ocorrência de GRSV nos Estados Unidos. Já CSNV, que foi detectado em plantas de crisântemo, já foi descrito em outros países, mas provavelmente está ligado à introdução via mudas de plantas ornamentais contaminadas do Brasil.

10.3.2 Transmissão

Os tospovírus são transmitidos por tripes, insetos muito pequenos, com cerca de 2 mm, de baixa capacidade de vôo; têm asas flanjadas e pulam com velocidade e agilidade. As fêmeas são maiores que os machos e naturalmente alimentam-se mais, pela necessidade de energia para a produção de ovos. O hábito alimentar do inseto é do tipo raspador/sugador; assim sendo, as fêmeas normalmente se alimentam de todo o conteúdo celular. Já os machos, que não têm uma grande necessidade de alimentação raspam e sugam de forma suave, o que permite a eficiente inoculação do vírus e a recuperação das células danificadas. Por esta razão, os tripes machos são considerados como vetores mais eficientes que as fêmeas. São seis fases de vida do inseto: ovo, larva do primeiro e segundo instar, pré-pupa, pupa e adulto. A fase de pupa é transcorrida no solo, sendo que nesta fase e na fase de pré-pupa os insetos não se alimentam. O principal modo de reprodução é por partenogênese. Somente o adulto é alado, sendo que somente o ovo e a pupa são imóveis. Os tospovírus são transmitidos pelos tripes de maneira persistente e circulativo-propagativo. Isso indica que o vírus percorre o corpo do inseto (existe um período de latência) e é depositado nas glândulas salivares, até ser introduzido nas plantas junto com a saliva. Os tospovírus têm a capacidade de se multiplicar no corpo do inseto, principalmente nas células do intestino. Somente as fases larvais adquirem os vírus, tornando-se transmissoras. A alimentação do adulto em plantas infectadas não resulta em insetos virulíferos. Diversas espécies de tripes são relatadas como vetoras de tospovírus. No Brasil, destacam-se as espécies *Frankliniella schultzei* e *F. occidentalis*, ambas de ocorrência generalizada no país.

10.3.3 Sintomas e perdas

A ocorrência da doença é mais frequente na época seca, quando a população de tripes é mais alta. A ocorrência de epidemias é altamente variável, mesmo em época seca. Os tospovírus causam maiores prejuízos em tomateiro estaqueado, porém é comum encontrar plantas infectadas em tomateiro rasteiro. Em visitas realizadas em lavouras comerciais de São Paulo, Minas Gerais e Goiás, verificou-se que a incidência de tospovírus é maior em São Paulo. Não se sabe ao certo o porque da maior incidência nesse estado, mas se acredita que seja devida ao menor isolamento geográfico entre o tomateiro e cultivos vizinhos, seja de tomate ou de outras plantas suscetíveis aos tospovírus e hospedeiros de tripes.

Os sintomas causados pelos tospovírus são notavelmente severos. Em geral, uma semana após a inoculação do vírus pelo vetor, aparecem manchas necróticas, amarronzadas, nas folhas mais novas (Figura 10). As manchas podem coalescer e formar lesões grandes e causar colapso da parte apical (Figura 11). Esses sintomas são acompanhados por arroxeamento, por bronzeamento e distorção do broto apical (Figura 12). Esta deformação da ponta da planta deu origem ao nome “vira-cabeça”. Anéis cloróticos e necróticos são comumente vistos. Já em frutos, os sintomas podem ser vistos em frutos imaturos e maduros, na forma de lesões em anel, cloróticas ou necróticas, com ou sem deformação de frutos (Figura 13). A perda pode ser total em lavouras com alta taxa de infecção. A infecção precoce é especialmente danosa para o tomateiro e inviabiliza a condução da cultura, pois as plantas param o crescimento. Em algumas ocasiões, a recuperação das plantas pode ocorrer, mas ainda não se conhece bem os fatores que levam à recuperação e emissão de brotos foliares sadios. A infecção tardia também é prejudicial, pois além de reduzir a área fotossintética, o vírus causa sintomas nos frutos, que ficam imprestáveis para comercialização. Em casos de baixa taxa de infecção, é recomendável a retirada de plantas infectadas da lavoura. A retirada deve ser feita individualmente, embalando cada planta cortada em um saco plástico e enterrando posteriormente longe da área de produção. Existem evidências de que, no ato da retirada da planta, tripes presentes na planta infectada e transmissores fogem da planta sendo removida e vão se abrigar em plantas sadias vizinhas, o que aumenta a taxa de dispersão e infecção das plantas.



Foto: Alice Nagata

Figura 10 - Pontos necróticos e necrose em tomateiro infectado com tospovírus.

Foto: Alice Nagata



Figura 11 - Necrose intensa em tomateiro infectado com tospovírus.

Foto: Alice Nagata



Figura 12 - Arroxeamento e bronzeamento foliar, causados por tospovírus.

Foto: Alice Nagata



Figura 13 - Lesões no fruto do tomate causadas por tospovírus.

10.3.4 Resistência genética

O gene que confere resistência genética aos tospovírus mais conhecido e mais utilizado é denominado *Sw-5*. O gene é efetivo para conferir às plantas resistência do tipo imunidade, apesar de que escapes e infecções podem ocorrem em situações de alta temperatura. Há casos em que plantas resistentes não apresentam sintomas de infecção pelos tospovírus, mas os frutos exibem sintomas típicos, sendo de ocorrência esporádica. No Brasil, o uso de plantas resistentes não é comum. Os materiais comerciais de maior uso não apresentam resistência aos tospovírus, nem para tomateiro rasteiro nem para estaqueado. Na Europa, onde o uso de plantas resistentes é amplo, isolados capazes de quebrar a resistência deste gene já foram relatados. As empresas de melhoramento e de comercialização de sementes estão atentas e conduzem estudos de desenvolvimento de materiais com resistência aos tospovírus combinado com as demais características necessárias.

10.3.5 Controle

O vira-cabeça do tomateiro é uma doença destrutiva da lavoura do tomateiro. A sua incidência, no entanto, em geral é baixa. Quando ocorre em alta incidência, a lavoura é, normalmente, condenada. A escolha da área deve ter como prioridade o isolamento em relação a outros cultivos de plantas altamente suscetíveis como o tomateiro, pimenteiras e amendoinzeiros. Os vírus, assim como outros patógenos, são facilmente e eficientemente transportados de áreas contaminadas para novas áreas. As boas práticas de manejo integrado de pragas são essenciais para se diminuir o risco de infestação com o vira-cabeça do tomateiro: após a colheita, os restos culturais devem ser completamente destruídos. O abandono de plantas doentes resulta na manutenção da fonte de vírus, além de outros patógenos e pragas. A produção de mudas deverá ser feita em viveiros com pedilúvio, antecâmaras e telados com malha máxima de 0,239 mm, permitindo a obtenção de plantas sadias.

Existem cultivares com resistência aos tospovírus, porém o seu uso não é amplo, principalmente por esses cultivares não apresentarem características agronômicas e de processamento exigidos para o segmento. Consultas a empresas de comercialização de sementes foram feitas e algumas estão confiantes que em um prazo curto serão ofertadas aos produtores de tomate sementes híbridas, que além das características agronômicas e para processamento necessárias, serão resistentes aos tospovírus brasileiros. Os tripes preferem climas mais secos, pela sua alta sensibilidade às chuvas, portanto a incidência da doença é maior no inverno. Nesta época, deve-se realizar um bom controle dos tripes, que além de transmitir os tospovírus, podem causar danos diretos às plantas, como ferimentos nas folhas e frutos. O controle do vetor é eficiente como medida de controle da virose, pois o vírus precisa de um período de latência para ser transmitido pelo inseto. A eliminação das plantas doentes é uma prática recomendada, já que as plantas infectadas normalmente produzem frutos não comercializáveis e por resultar na eliminação da fonte de vírus no campo. No momento do arranquio das plantas doentes, deve-se tomar cuidado para não balançar demasiadamente a planta, o que pode favorecer a migração do tripes (com alta chance de ser virulífero) para plantas sadias ao redor. As plantas infectadas devem ser imediatamente acondicionadas em sacos plásticos e enterradas ou queimadas longe da área de cultivo. Os

tospovírus têm um círculo amplo de hospedeiras e a eliminação de plantas hospedeiras alternativas é complexa. Entretanto, recomenda-se que a lavoura de tomateiro não seja instalada perto de lavouras comerciais de plantas infectadas com tospovírus, como por exemplo pimentão, batata e amendoim.

10.4 Outras viroses

No Brasil, a incidência de outras viroses em tomateiro rasteiro, que não sejam aquelas causadas pelos geminivírus e tospovírus, é rara e de pouca importância. Esta particularidade é contrastante com o tomateiro estaqueado, já que a diversidade de vírus que infectam plantas desse segmento é alta. A seguir se encontra uma descrição breve dos demais vírus que ocorrem no país:

10.4.1 *Pepper yellow mosaic virus*

Este é um potyvírus transmitido por afídeos de modo não persistente, estiletar. O vírus é transmitido pela picada de prova e causa na planta sintomas de leve mosqueado e clorose inter-nerval. Os sintomas são facilmente confundidos com infecção por geminivírus. A sua importância se tornou crescente recentemente em tomateiro estaqueado no Brasil, e não existem materiais comerciais com resistência.

10.4.2 *Potato virus Y*

Vírus do grupo dos potyvírus, transmitidos por afídeos de modo não persistente, estiletar. A picada de prova é suficiente para a sua transmissão. Os principais sintomas que o vírus causa em tomateiro são mosaico leve, riscas necróticas e clorose inter-nerval. A incidência é crescente, principalmente pelos recentes híbridos em uso de tomateiro de crescimento indeterminado serem suscetíveis a este vírus.

10.4.3 *Cucumber mosaic virus*

Um cucumovírus, transmitido por afídeos de modo não persistente, estiletar. A picada de prova é suficiente para a sua transmissão. Mosqueado e afilamento das folhas são os sintomas mais comuns causados por esse vírus em tomateiro. A incidência é, em geral, baixa em tomateiro.

10.4.4 *Tomato mosaic virus*

Um tobamovírus, que pode ser transmitido por sementes e mecanicamente. A principal fonte de vírus é a própria planta doente, que contamina mãos e ferramentas durante os processos de manipulação da planta. Os sintomas em plantas infectadas são fortes e consistem de mosaico, bolhosidade e deformação foliar.

10.4.5 *Tomato chlorosis virus*

Este é um crinivírus, transmitido por moscas-brancas de modo persistente. Este vírus pode ser transmitido tanto por *Bemisia tabaci* como por *Trialeurodes vaporariorum*. O vírus produz em tomateiro sintomas de clorose entre as nervuras até amarelecimento completo da folhagem baixeira.

10.4.6 *Tomato blistering mosaic virus*

Este vírus pertence ao gênero *Tymovirus* e foi recentemente observado em Santa Catarina. Não se sabe quais são os vetores. Os sintomas principais em tomateiro são bolhosidade, mosaico e leve deformação foliar.

10.5 Referências

BARBOSA, J. C.; TEIXEIRA, A. P. M.; MOREIRA, A. G.; CAMARGO, L. E. A.; BERGAMIN FILHO, A.; KITAJIMA, E. W.; REZENDE, J. A. M. First report of *Tomato chlorosis virus* infecting tomato crops in Brazil. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 92, p. 1709-1709, 2008.

COSTA, A. S. Observações sobre vira-cabeça em tomateiros. **Bragantia,** Campinas, v. 4, p. 489-507, 1944.

COSTA, A. S. Whitefly-transmitted plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 14, p. 429-440, 1976.

de ÁVILA, A. C. Vírus do vira-cabeça do tomateiro (TSWV): organização do genoma, taxonomia, diagnose e controle. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 11, p. 179-183, 1993.

FARIA, J. C.; BEZERRA, I. C.; ZERBINI, F. M.; RIBEIRO, S. G.; LIMA, M. F. Situação atual das geminiviroses no Brasil. **Fitopatologia Brasileira,** Brasília, DF, v. 25, p. 125-137, 2000.

FERNANDES, F. R.; ALBUQUERQUE, L. C.; GIORDANO, L. B.; BOITEUX, L. S.; AVILA, A. C.; INOUE-NAGATA, A. K. Diversity and prevalence of Brazilian bipartite begomovirus species associated to tomatoes. **Virus Genes**, Norwell, v. 36, p. 251-258, 2008.

FLORES, E.; SILBERSCHMIDT, K.; KRAMER, M. Observações de "clorose infecciosa" das malváceas em tomateiros do campo. **O Biológico**, São Paulo, v. 26, p. 65-69, 1960.

NAGATA, T.; AVILA, A. C.; TAVARES, P. C. M.; BARBOSA, C. J.; JULIATTI, F. C.; KITAJIMA, E. W. Occurrence of different tospovirus in six States of Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 1, p. 90-95, 1995.

SANTOS, C. D. G; ÁVILA, A. C; RESENDE, R. O. Estudo da interação de um begomovírus isolado de tomateiro com a mosca branca. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, p. 664-673, 2003.

Capítulo 11

NEMATOIDES

11.1 Introdução 243
11.2 Nematoides endoparasitas 244
11.2.1 Nematoides-das-galhas 244
11.3 Nematoides ectoparasitas 256
11.3.1 ***Belonolaimus longicaudatus*** ***256***
11.3.2 ***Trichodorus*** e ***Paratrichodorus*** ***256***
11.4 Outros nematoides 258
11.5 Amostragem para diagnóstico 258
11.6 Referências 260

Capítulo 11
NEMATOIDES

Jadir Borges Pinheiro
Ricardo Borges Pereira

11.1 Introdução

Além das diversas doenças causadas por fungos, bactérias e vírus, os nematoides são parte integrante dos complexos problemas fitossanitários que afetam o tomateiro. Fatores como temperatura, umidade, aeração, textura do solo e nível de resistência ou suscetibilidade de cultivares influenciam a dinâmica populacional destes microrganismos. Os danos causados por qualquer espécie de nematoide dependem da densidade populacional deste fitoparasita em relação à massa de raízes e também do vigor da planta em tolerar altas populações. O estresse induzido pelo parasitismo de nematoides pode influenciar direta ou indiretamente o rendimento e até mesmo a sobrevivência de plantas de tomateiro. Devido aos danos impostos, as raízes são danificadas e o tamanho e vigor das plantas são reduzidos, colocando-as em desvantagem em relação às plantas adjacentes na disputa por água, nutrientes e luz.

Os nematoides parasitas de plantas são divididos em endoparasitas, que invadem os tecidos das raízes da planta e passam pelo menos parte de seu ciclo de vida no solo; e ectoparasitas, que geralmente passam a vida inteira no solo e se alimentam somente inserindo os estiletes nas raízes ou introduzindo a porção anterior do corpo nas camadas externas do tecido radicular. Os nematoides endoparasitas e sedentários são limitados em relação à migração, invadindo o sistema radicular das plantas de tomateiro apenas uma vez; já os ectoparasitas e migradores alimentam-se em muitos sítios sobre a superfície radicular, estabelecendo, assim, portas de entrada para organismos patogênicos que necessitam destas para infectar o hospedeiro.

Em áreas de cultivo de tomateiro no mundo, os principais gêneros de nematoides que causam danos expressivos são *Meloidogyne*, *Belonolaimus*, *Trichodorus* e *Paratrichodorus*. Outros gêneros associados ao tomateiro são relatados na literatura, porém não causam perdas ou prejuízos estimáveis. Este capítulo trata do gênero *Meloidogyne*, principal nematoide endoparasita que causa danos expressivos em tomateiro no Brasil, além de outros ectoparasitas importantes na cultura em outros países como *Belonolaimus*, *Trichodorus* e *Paratrichodorus.*

11.2 Nematoides endoparasitas

11.2.1 Nematoides-das-galhas

Mais de 90 espécies do nematoide-das-galhas já foram descritas no mundo, além de raças fisiológicas (patótipos) existirem em algumas delas. Variações ocorrem no desenvolvimento e na patogenicidade de populações geograficamente isoladas de *Meloidogyne*. Aspectos morfológicos como a configuração perineal da fêmea, o comprimento do estilete, a região labial dos machos, a caracterização isoenzimática e outros caracteres moleculares, bem como a planta hospedeira e a localidade de coleta da espécie são detalhes importantes na identificação.

Os nematoides-das-galhas *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood, *M. javanica* (Treub) Chitwood, *M. arenaria* (Neal) Chitwood e *M. hapla* Chitwood são as espécies com maior distribuição em tomateiro. Elas podem ocorrer em vários tipos de solo, mas causam prejuízos econômicos com maior intensidade em regiões quentes e que apresentam solos arenosos e com baixos teores de matéria orgânica.

Outra espécie de nematoide-das-galhas que tem causado problemas em várias culturas no Brasil e no mundo, inclusive na cultura do tomateiro é *Meloidogyne enterolobii* (sin: *M. mayaguensis* Rammah & Hirschmann). Esta espécie foi relatada pela primeira vez no Brasil nos Estados de Pernambuco e Bahia, causando danos em plantios de goiabeira. Apresenta rápida disseminação e tem sido encontrada associada ao parasitismo de plantas ornamentais, fumo, soja, cafeeiro, mamão, acerola, araçá e diversas hortaliças. No Brasil, *M. enterolobii* foi detectado pela primeira vez em hortaliças no Estado de São Paulo parasitando plantas de tomateiro e pimentão resistentes a outras espécies de *Meloidogyne*. Desde então, esta espécie vem causando perdas nestas hortaliças em municípios no interior paulista.

Devido à grande suscetibilidade de algumas cultivares de tomateiro aos nematoides-das-galhas, diversas instituições de pesquisa utilizam essas plantas em casa de vegetação para manter e/ou multiplicar populações ou coleções de nematoides-das-galhas para estudos futuros. Além disso, na literatura encontram-se vários estudos onde o tomateiro é como padrão de suscetibilidade a Meloidogyne.

Assim, estudos sobre a ocorrência e os danos causados em cultivos de tomate em todo o mundo são poucos, comparados com a importância e hospedabilidade desta cultura aos nematoides-das-galhas.

a – Sintomas

Com sua atividade de penetração nas raízes, os nematoides-das-galhas estimulam uma resposta da planta, com hipertrofia e hiperplasia das células nas raízes invadidas pelos juvenis de segundo estádio (J2), formando desta maneira as galhas. Após várias invasões nas raízes, por inúmeros juvenis, as galhas formadas apresentam forma alongada e com aspecto de inchaços ao longo do sistema radicular (Figura 1). *M. hapla* geralmente produz galhas pequenas e discretas, enquanto *M. incognita, M. arenaria*, *M. javanica* e *M. enterolobii* causam galhas grandes e irregulares, que podem apodrecer rapidamente devido à invasão de patógenos secundários, tais como *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium* sp., *Verticillium* sp. e *Ralstonia* sp.

O transporte de nutrientes e sais minerais das raízes para a parte aérea das plantas é afetado, resultando em murchas (Figura 2) e deficiências nutricionais (Figura 3). Os sintomas no campo podem apresentar-se na forma de reboleiras de formato irregular com plantas raquíticas, murchas e amarelecidas (Figura 4). Temperatura, umidade, tipo de solo, idade da planta no momento da penetração e infecção, densidade populacional do inóculo e outros fatores de estresse têm grande interferência sobre os danos causados pela infecção de *Meloidogyne*.



Foto: Jadir B. Pinheiro

Figura 1 - Galhas causadas pelo ataque do nematoide-das-galhas (*Meloidogyne* spp.) em raízes de tomateiro.

b – Ciclo de vida e epidemiologia do nematoide-das-galhas

Meloidogyne tem uma ampla gama de hospedeiros entre plantas cultivadas. Na entressafra, se as condições ambientais forem favoráveis, eles podem sobreviver em muitas plantas infestantes, como a falsa-serralha (*Emilia sonchifolia* (L.) DC.), joá-bravo (*Solanum sisymbriifolium* Lam.), caruru (*Amaranthus hybridus* L.), arrebenta-cavalo (*Solanum aculeatissimum* Jacq.), melão-de-São-Caetano (*Momordica charantia* L.), entre outras.

Foto: Ailton Reis



Figura 2 - Sintoma de murcha causado pelo ataque do nematoide-das-galhas (*Meloidogyne* spp.) em tomateiro.

Foto: Ailton Reis



Figura 3 - Sintoma de deficiência nutricional causado pelo ataque do nematoide-das-galhas (*Meloidogyne* spp.) em tomateiro.



Foto: Ailton Reis

Figura 4 - Reboleira observada em campo de produção de tomate devido a infestação pelo nematoide-das-galhas (*Meloidogyne* sp.).

O nematoide apresenta atividade durante todo o ano em climas quentes e solos úmidos, já em climas mais frios o ciclo de vida é mais longo. As espécies do nematoide-das-galhas são parasitas obrigatórios de raízes e de caules subterrâneos. São móveis no solo, e os estádios de desenvolvimento vermiformes ou juvenis de segundo estádio (J2) são as formas de vida que infectam as raízes de tomateiro. Ao penetrarem nas raízes, movimentam-se para as proximidades dos vasos condutores e se tornam sedentários. Durante o desenvolvimento no interior das raízes até a fase adulta, os nematoides passam por sucessivas ecdises (troca de cutícula ou revestimento externo do corpo dos nematoides). Os nematoides também sofrem alterações de forma, passando da fase vermiforme para a forma referida como “salsicha” até se tornarem adultos. Enquanto se desenvolvem, em resposta à introdução de substâncias produzidas pelas suas glândulas esofagianas nos tecidos das raízes da planta, ocorre aumento no tamanho e no número das células das raízes parasitadas, que resulta num engrossamento denominado “galha”. Na fase adulta, o macho geralmente sai da raiz e não mais parasita a planta. Os machos adultos destes nematoides são vermiformes e não se alimentam. Já a fêmea continua seu desenvolvimento até assumir formato globoso e piriforme (Figura 5) e, posteriormente, produz uma massa de ovos que geralmente permanece fora da raiz, podendo ser vista a olho nu (Figura 6).

Esta massa contém, em média, 500 a 1.000 ovos envolvidos por uma substância gelatinosa que protege os mesmos contra dessecação e outras condições ambientais desfavoráveis. Em determinadas situações, o número de ovos nesta massa pode ultrapassar 2.000 unidades.

Foto: Jadir B. Pinheiro

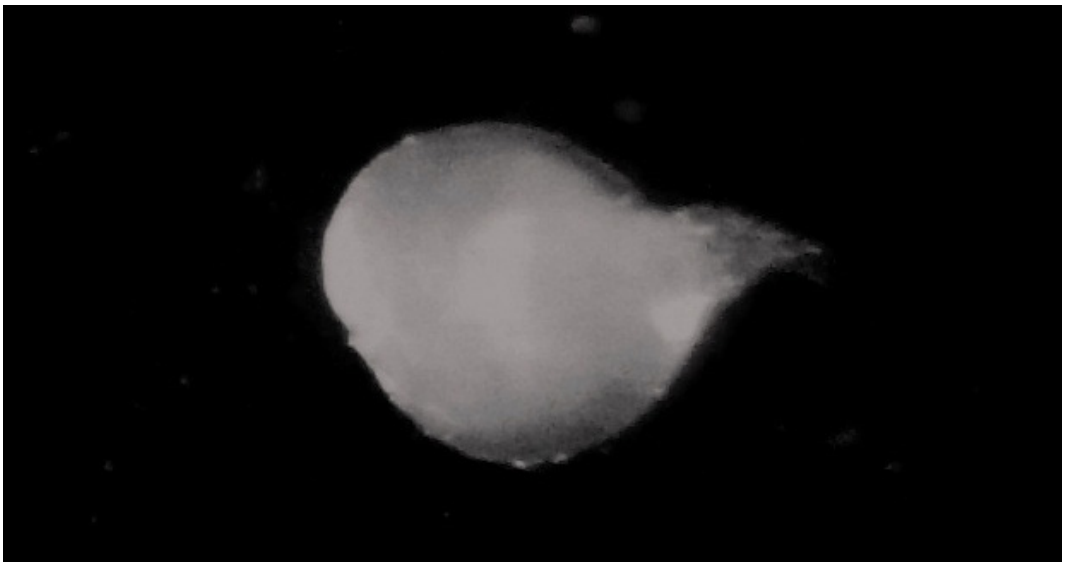


Figura 5 - Fêmea de *Meloidogyne* sp. com formato globoso extraída de raízes de tomateiro.

Foto: Jadir B. Pinheiro

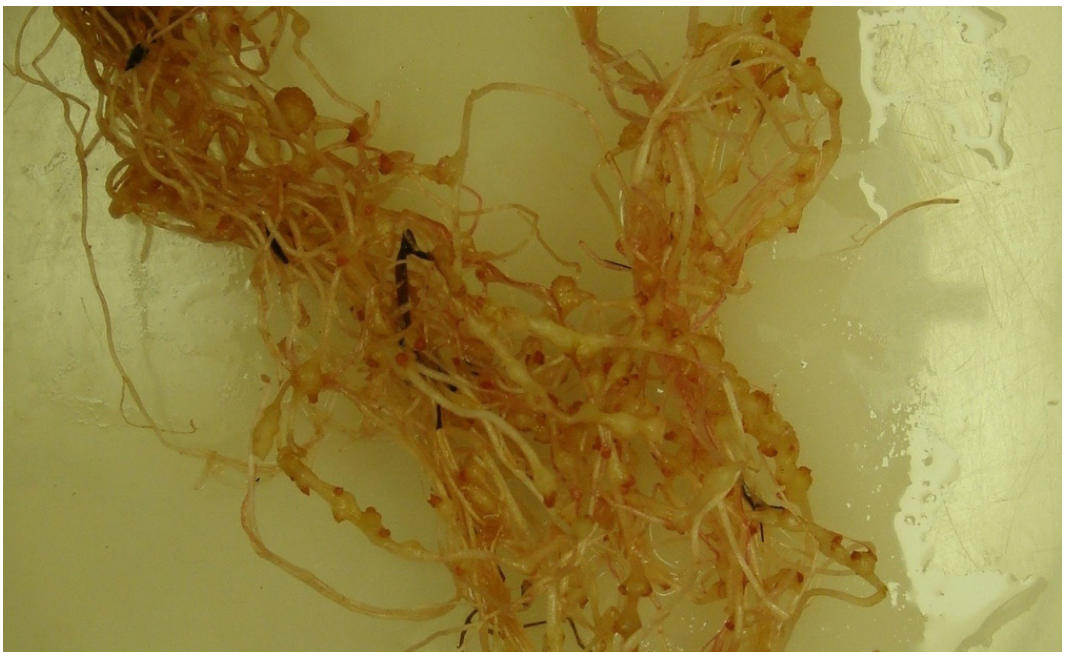
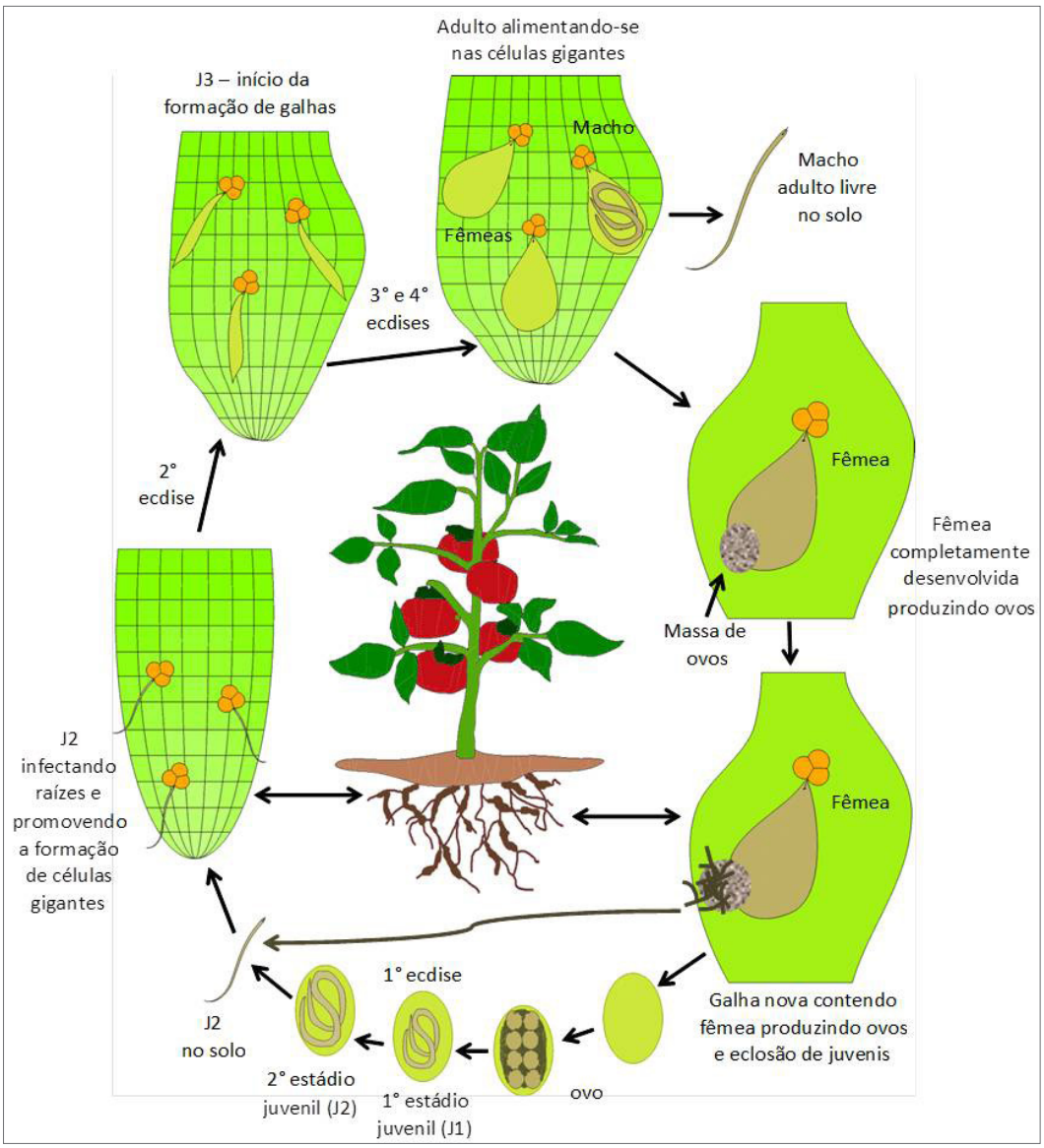


Figura 6 - Massa de ovos na superfície das galhas localizada nas raízes parasitadas por *Meloidogyne incognita.*

Dentro de cada ovo vai ocorrer a formação do juvenil de primeiro estádio (J1), que sofre uma ecdise e se transforma em J2 ainda no interior do ovo. O J2 representa a forma

infectiva que eclode do ovo, vai para o solo ou infecta diretamente outra raiz, passando por mais três ecdises até chegar à fase adulta. O ciclo pode ser completado em torno de 21 a 45 dias, dependendo das condições climáticas e da espécie de nematoide envolvida, com possibilidades de se alongar até 70 dias no inverno. A dinâmica do ciclo de vida de *Meloidogyne* é apresentada na Figura 7.



Arte: Ricardo B. Pereira

Figura 7 - Ciclo de vida do nematoide-das-galhas em raízes de tomateiro.

Os J2 e os ovos são estádios de sobrevivência para estas espécies, e podem sobreviver no solo com umidade adequada. Podem também entrar em estado de dormência em condições desfavoráveis, principalmente quando o solo estiver seco e sem plantas hospedeiras de tomateiro ou outras espécies vegetais. Em climas quentes, quatro ou cinco gerações do nematoide podem se desenvolver em uma única estação de crescimento da cultura.

A sobrevivência do nematoide-das-galhas e a complementação do ciclo de vida dependem do crescimento bem sucedido da planta hospedeira e das condições ambientais. Os machos participam menos no ciclo de vida em relação às fêmeas, uma vez que a maioria das espécies se reproduz por partenogênese, sem haver a necessidade de copulação.

Os nematoides se movem lentamente no solo, onde a distância percorrida por eles, durante o ano, provavelmente não excede poucos centímetros. Desta forma, sua principal forma de disseminação é a passiva, dada pela movimentação do solo, da água, de implementos agrícolas contaminados, de homens e animais nas áreas de cultivo e, principalmente, por mudas de tomateiro contaminadas. Esta última forma é responsável pela contaminação de áreas a longas distâncias.

c – Manejo do nematoide-das-galhas

O controle do nematoide-das-galhas na cultura do tomateiro é bastante problemático, porque esses microrganismos são habitantes de solo, que sob condições favoráveis de temperatura e umidade multiplicam-se com rapidez e ficam protegidos da ação de substâncias presentes em agrotóxicos ou produzidas por organismos antagônicos. Para seu controle é de grande importância a integração de várias práticas, que vão desde a produção das mudas até a escolha da área de plantio. Dentre essas, as principais são: prevenção, rotação de culturas, alqueive, uso de plantas antagonistas, variedades resistentes e, em último caso, controle químico.

d – Prevenção

A prevenção mantém a área de cultivo livre de nematoides pois, uma vez introduzidos na propriedade, o produtor terá que conviver com o problema, já que sua erradicação é praticamente impossível. Os métodos usuais de controle têm como objetivo principal reduzir ou manter as densidades populacionais dos nematoides em níveis baixos, que não causem perdas econômicas significativas.

O plantio de mudas livres de nematoides fitoparasitas em solos não contaminados é essencial para manter este grupo de patógenos fora da área de cultivo, pois assim se reduz drasticamente a possibilidade de serem introduzidos na lavoura. Outra medida de fundamental importância é evitar o plantio nas épocas em que ocorram temperaturas elevadas e chuvas, pois a maioria das espécies presentes no país se multiplica bem nestas condições. Tecnicamente, o ideal é que o plantio ocorra em épocas mais secas e frias.

Deve-se também ter o cuidado de desinfestar máquinas e implementos agrícolas que possam disseminar para áreas de cultivo não contaminadas nematoides juntamente com partículas de solo aderidas aos pneus e demais partes do maquinário. A utilização de jatos

fortes de água para remoção de solo aderido aos maquinários reduz a disseminação desses organismos de uma área para outra.

e – Rotação de culturas

A rotação de culturas é uma das práticas mais importantes e efetivas na redução de patógenos de solo em uma propriedade, inclusiindo os nematoides. Em casos de plantios consecutivos com plantas hospedeiras, por dois a três anos, numa mesma área em que haja incidência do nematoide-das-galhas, pode haver uma explosão dos níveis populacionais destes organismos, inviabilizando o campo para cultivos subsequentes. Entretanto, a rotação é bastante difícil, pois *M. incognita* e *M. javanica* apresentam mais de 1.000 espécies de plantas hospedeiras conhecidas. *Meloidogyne incognita*, por exemplo, possui quatro diferentes raças (1, 2, 3 e 4), caracterizadas por atacar diferentes espécies de plantas.

A rotação de culturas com plantas que não sejam hospedeiras de um determinado patógeno tem como finalidade eliminar total ou parcialmente estes organismos pela subtração do seu alimento. Assim, em áreas infestadas por *M. javanica* ou *M. incognita* sugere-se a rotação com amendoim (*Arachis* sp.), braquiárias (*Brachiaria* spp.), crotalária (*Crotalaria spectabilis* Roth.) e mamona (*Ricinus communis* L.).

f — Alqueive

O alqueive é uma técnica que constitui em manter o terreno limpo, sem a presença de culturas ou plantas infestantes. O solo permanece sem vegetação com a prática associada de capinas manuais, arações, gradagens e com o emprego temporário de herbicidas. Resultados de ensaios de pesquisa demonstram redução acima de 75% da população de nematoides-das-galhas no campo durante os dois primeiros meses de alqueive e acima de 90% após três meses. O alqueive reduz a população não só dos nematoides-das-galhas, como de outras espécies destes parasitas pela ação dos raios solares. A luz solar apresenta efeito nematicida devido à fração ultravioleta do espectro. A eficiência do alqueive vai depender de sua duração, da temperatura e da umidade do solo e da espécie de nematoide envolvida. É recomendável deixar certo nível de umidade no solo (alqueive úmido), que permite a eclosão dos ovos e o movimento dos juvenis das espécies de nematoides presentes. Com esta movimentação, estes consumirão mais suas reservas energéticas e morrerão por inanição. Porém, o alqueive é uma prática que possui o inconveniente do custo de manter o solo limpo por determinado tempo, com redução de lucro para o produtor e favorecimento de erosões em regiões onde ocorrem chuvas elevadas.

g – Plantas antagonistas

A utilização de plantas antagonistas é prática que, na última década, tem mostrado resultados expressivos na redução dos níveis populacionais de nematoides em diferentes culturas. Crotalárias (*Crotalaria spectabilis* Roth*., Crotalaria breviflora* DC *e Crotalaria juncea* L*.), cravo-de-defunto (Tagetes patula* L*., Tagetes minuta* L*., Tagetes erecta* L*.) e mucunas (Estizolobium* spp*.)* são exemplos de plantas antagonistas que são utilizadas com sucesso

no controle de nematoides. Merece destaque o fato de que a *C. juncea* e as mucunas têm comprovada eficácia para *M. incognita* e *M. javanica*; são hospedeiras desfavoráveis, porém podem causar aumento das densidades populacionais em determinados casos, quando as condições são favoráveis ao nematoide.

As plantas antagonistas podem permitir a invasão de nematoides, porém não permitem seu desenvolvimento até a fase adulta. É o caso das crotalárias, que funcionam como hospedeiras, atraindo os nematoides para as raízes. Contudo, numa segunda fase, oferecem repelência aos nematoides que penetram ou que estão nas proximidades das raízes. Assim, não ocorre a formação das células gigantes ou células nutridoras (células responsáveis pela alimentação dos nematoides, formadas após a penetração e estabelecimento do sítio de infecção), resultando na inibição do desenvolvimento de juvenis. As crotalárias também produzem substâncias tóxicas, como a monocrotalina, que inibe o movimento dos juvenis. Neste caso, recomenda-se o seu cultivo até aproximadamente 80 dias, seguido da incorporação da massa verde, pois se deve evitar o início da floração, para não dificultar o processo de decomposição pela formação de alto volume de materiais fibrosos. No caso do cravo-de-defunto, ocorre a liberação de exsudados radiculares (alfatertienil), com ação tóxica sobre os nematoides. Outra vantagem das plantas antagonistas, crotalárias e mucunas é que podem ser utilizadas como cultura de cobertura ou serem incorporadas ao solo na forma de adubo verde, com melhoria também nas condições físicas e químicas do solo, por torná-lo mais friável e descompactado estruturalmente, e pela incorporação de fertilizantes naturais.

h – Matéria orgânica

A utilização de matéria orgânica funciona como condicionador do solo, favorecendo suas propriedades físicas, além de contribuir com fornecimento de determinados nutrientes, como nitrogênio. As plantas são favorecidas em relação ao ataque dos nematoides pelo seu crescimento mais vigoroso. Além disso, a matéria orgânica estimula o aumento da população de microrganismos de solo, em especial de inimigos naturais dos nematoides, além de liberar substâncias tóxicas pela sua decomposição que contribuem para a mortalidade destes.

Esterco de gado ou de galinha, tortas oleaginosas, palha de café, bagaço de cana e torta de mamona são exemplos de materiais orgânicos. Seu uso tem sido explorado na agricultura orgânica e é recomendado para a exploração de pequenas áreas. O esterco de gado ou de galinha deve ser esterilizado antes de ser aplicado, principalmente em áreas novas de cultivo, pois estes podem constituir-se como fonte de disseminação de fitopatógenos e plantas daninhas. Não é recomendada a manutenção e incorporação de restos de raízes infectados por nematoides na área cultivada, por inviabilizar os métodos usuais de controle, considerando que os nematoides alojados em tecidos de restos culturais, raízes, tornam-se protegidos da ação de nematicidas e outros agentes físicos e biológicos de controle. Assim, a remoção das raízes infectadas após a colheita também é prática que contribui para redução dos níveis populacionais antes do próximo plantio. Os restos de raízes devem ser retirados da área, amontoados e secos para finalmente serem queimados.

i – Resistência genética

A utilização de variedades resistentes constitui, juntamente com as práticas culturais citadas acima, uma prática de grande relevância para o controle dos nematoides, e tem como vantagens não oferecer riscos à saúde humana, ser de custo relativamente baixo e não poluir o ambiente. Assim, o melhoramento de tomateiro visando à resistência a nematoides tem papel importante no seu manejo.

A resistência aos nematoides-das-galhas foi identificada há mais de 60 anos em um acesso de tomateiro selvagem *Solanum peruvianum* (PI 128657). Posteriormente, nove genes de resistência foram caracterizados no tomateiro e em espécies selvagens (*Mi*-1 a *Mi*-9). Instituições de pesquisa nacionais e internacionais têm utilizado o gene *Mi*-1 (ver capítulo 2) para o desenvolvimento de cultivares resistentes, pois a reprodução de três espécies de *Meloidogyne* (*M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria*) é limitada pela presença deste fator. Desta forma, cultivares portadoras do gene *Mi*-1 devem ser utilizadas sempre que disponíveis, pois este gene limita a reprodução destas espécies de *Meloidogyne*. Em plantas portadoras do gene *Mi*, é a reação de hipersensibilidade (HR) que provoca mudanças histológicas, como a morte celular próxima ao sítio de infecção do juvenil de segundo estádio de *Meloidogyne* spp. Esse fenômeno tem ocorre geralmente 12 horas após a tentativa de estabelecimento do nematoide no interior da raiz. Contudo, essa resistência pode ser ineficaz em temperaturas elevadas do solo (acima de 30 ºC), e muitas vezes não confere resistência a populações geograficamente isoladas do nematoide.

As cultivares "Débora Plus" e "Débora VFN" (para mesa) e "IPA-5", "Viradoro" e "Tospodoro" (para processamento industrial) são exemplos de cultivares com resistência a *M. incognita* raça 1 e *M. javanica* devido à presença do gene *Mi*. Contudo, são suscetíveis a *M. enterolobii.* Esta espécie apresenta ampla polifagia e comportamento altamente agressivo para a maioria das espécies olerícolas, quando comparado com as duas espécies prevalecentes no país (*M. incognita* e *M. javanica*). Existem relatos de populações de *M. enterolobii* causando danos em plantas resistentes a outras espécies de *Meloidogyne*, como o tomate "Rossol", a soja "Forest" e a batata doce "CDH" no Oeste da África. Desta forma, esta espécie constitui séria ameaça para o plantio de tomate para indústria no Brasil.

Vale ressaltar que, apesar da existência de cultivares de tomateiro resistentes, as espécies de nematoides-das-galhas prevalecentes no Brasil ainda causam prejuízos à cultura. Em tomateiro para processamento industrial no Brasil, cuja totalidade é de híbridos importados, a grande maioria disponível é resistente, porém algumas espécies e raças de *Meloidogyne* possuem a habilidade de "quebrar" a resistência conferida pelo gene *Mi*.

Assim, faz-se necessário prosseguir na busca de novas fontes de resistência a espécies de *Meloidogyne* que infectam tomateiros no Brasil. Na avaliação de 83 acessos e três cultivares ("Rossol", "Tospodoro" e "Anahu") de tomateiro (*Solanum* secção *Lycopersicon*), em casa de vegetação, para resistência a *M. enterolobii*, realizada pela Embrapa Hortaliças, foi observado que os acessos "CNPH-0854", "CNPH-1510", "CNPH-0378", "Rossol" (com o locus *Mi*) e "CNPH-0969" foram tolerantes a *M. enterolobii*, enquanto o acesso "CNPH-1543" foi altamente resistente. Todos os demais acessos testados apresentaram elevada suscetibilidade à espécie inoculada. A confirmação de acessos de tomateiro apresentando níveis elevados de resistência a *M. enterolobii* abre a perspectiva de descobertas de novos genes (ou alelos) de resistência em *Solanum* (secção *Lycopersicon*).

Em outro trabalho, na avaliação de 25 linhagens pertencentes a 10 progênies do programa de melhoramento da Embrapa Hortaliças, foi observado que as linhagens 629(F7)Mi, 640(F7) Mi, 512(OP)PST e 512(OP)Mi comportaram-se como resistentes a *M. incognita* raça 1. Já as linhagens 634(F7), 640(F7)Mi, 647(F7)Mi, 554(F8), 551(F8), 548(OP)Mi, 536(F9), 512(OP)PST e 512(OP)Mi apresentaram reações de resistência a *M. javanica*.

Existem algumas cultivares e híbridos de tomateiro industrial, a maioria importados, que estão sendo plantados ou que se encontram em fase de testes, com resistência às principais espécies de nematoide-das-galhas prevalecentes no país. Porém, as especificações de resistência não são claras em relação às espécies e raças em que os cultivares são resistentes, indicando apenas que a resistência contempla nematoides ou designa a espécie sem identificar que tipo de raça é contemplada (Tabela 1).

Tabela 1
Algumas das principais cultivares e híbridos de tomate para processamento industrial que estão sendo plantados e/ou testadas no Brasil.

Híbridos	Empresa	Nematoide (Especificação)	Ciclo
CXD 277	Campbell	Nematoides	110 – 120
CXD 253	Campbell	Nematoides	105 – 120
BRS Sena	Embrapa	*Meloidogyne incognita* raça 1 e *M. javanica*	120 – 130
Viradoro	Embrapa/IPA	*Meloidogyne incognita* e *M. javanica*	100 - 120
HMX 7885	Harris Morgan	Nematoides	110 – 120
HMX 7889	Harris Morgan	Nematoides	115 - 130
H 9205	Heinz	Nematoides	100 - 110
H 9889	Heinz	Nematoides	105 – 115
H 9553	Heinz	Nematoides	110 - 120
H 9995	Heinz	Nematoides	110 – 120
H 9992	Heinz	Nematoides	120 – 130
H 9665	Heinz	Nematoides	120 – 125
H 7155	Heinz	Nematoides	100 - 110
IT 761	ISI	Nematoides	140 - 145
U 2006	Nunhenz	Nematoides	110 – 120
N 901	Nunhenz	Nematoides	210 – 130
RPT1570	Rogers	Nematoides	100 - 115
AP 523	Seminis	Nematoides	125 - 130
AP 533	Seminis	Nematoides	115 - 125
Hypeel 108	Seminis	Nematoides	110 - 125
UG 8169	United Genetics	Nematoides	110 – 120
Calmazano	United Genetics	Nematoides	120 – 122
Calroma	United Genetics	Nematoides	110 - 120
IPA 6	IPA	*Meloidogyne incognita* e *M. javanica*	120 - 125
Rio Tietê	Woodbridge	Nematoides	100 – 110
Rio Vermelho	Woodbridge	Nematoides	120 - 130

j – Controle biológico

Vários organismos presentes no solo são parasitas de nematoides, principalmente fungos e bactérias, que são os organismos mais promissores para utilização no controle biológico. Pesquisas com fungos nematófagos e bactérias vêm sendo realizadas por algumas instituições públicas e privadas no país. Ainda são promissoras, mas espera-se que, em futuro não muito distante, sejam liberadas formulações para uso comercial como tecnologia incremental na integração nas medidas de controle de nematoides em área com cultivos de tomate. Porém, deve-se ter cautela com a disponibilidade atual de inúmeras formulações biológicas fabricadas por empresas no país e sua eficiência, que ainda se encontram em fase de testes.

k – Controle químico

O controle químico constitui uma alternativa eficiente no controle de nematoides em tomateiro, embora de alto custo e com forte ameaça ao ambiente. Não deve ser visto como a única - e nem a mais eficaz - medida de redução dos níveis populacionais dos nematoides. Atualmente existem oito produtos nematicidas registrados para uso em plantios comerciais de tomateiro, e informações a respeito de seus registros e características afins encontram-se disponíveis no sistema AGROFIT do sítio do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), cujo endereço para consulta é: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. A tabela 2 lista os produtos nematicidas registrados para o controle do nematoide-das-galhas em cultivos de tomateiro.

Tabela 2
Produtos nematicidas registrados para o controle de nematoides na cultura do tomateiro.

Produto comercial	Ingrediente ativo	Espécies	Intervalo de segurança
Bunema 330 CS	Metam-sódico	Meloidogyne javanica Pratylenchus brachyurus	7 dias
Diafuran 50	Carbofurano	Meloidogyne hapla *Meloidogyne arenaria* Meloidogyne incognita Meloidogyne javanica	60 dias
Furacarb 100 GR	Carbofurano	Meloidogyne javanica	60 dias
Furadan 100 G	Carbofurano	Meloidogyne javanica	60 dias
Furadan 350 SC	Carbofurano	Meloidogyne javanica	60 dias
Furadan 50 GR	Carbofurano	Meloidogyne javanica	60 dias
Ralzer 50 GR	Carbofurano	Meloidogyne incognita	60 dias
Ralzer 50 GR	Carbofurano	Meloidogyne incognita	60 dias

Fonte: Agrofit/MAPA (2011).

A utilização de nematicidas está na dependência de um aumento no valor da produção de, pelo menos, três ou quatro vezes o investimento. Entretanto, não deve ser negligenciado o fato de que são produtos altamente tóxicos ao homem e ao ambiente. Em terrenos com alta população de nematoides, após vários cultivos de plantas suscetíveis, pode ser necessária

a aplicação de nematicidas, visando a redução da população em curto prazo. Recomenda-se, neste caso, para maior eficiência, que a aplicação de produtos seja integrada com outras medidas de manejo e sob a supervisão próxima de um engenheiro agrônomo.

É importante salientar que a utilização de apenas uma medida de controle dificilmente trará resultados satisfatórios, e a integração das diferentes práticas certamente levará o produtor de tomateiro a obter alta produtividade, com vantagens econômicas e com respeito ao consumidor e ao meio ambiente.

11.3 Nematoides ectoparasitas

Em cultivos de tomate em solos arenosos nos Estados Unidos ocorrem populações endêmicas do nematoide *Belonolaimus longicaudatus* Rau e de outros como *Trichodorus* sp. e *Paratrichodorus* spp. No Brasil, *B. longicaudatus* é considerado praga quarentenária e não existem relatos de danos em plantios comerciais de tomate devido a infestação por *Trichodorus* e *Paratrichodorus*.

11.3.1 *Belonolaimus longicaudatus*

Esta espécie de nematoide, nos países em que ocorre, é um dos patógenos que apresentam maior dano à cultura do tomateiro. Os danos causados pelo ataque desta espécie consistem em sistemas radiculares reduzidos, com as extremidades debilitadas, além de escurecimento irregular em diversos pontos, com posterior necrose. Em raízes mais velhas, o nematoide alimenta-se em radicelas. Logo após a penetração, depressões aparecem ao longo da superfície radicular e, muitas vezes, mostram sinais de invasão secundária por outros microrganismos. Este hábito alimentar muitas vezes resulta em raízes adultas com pouca ou nenhuma raiz lateral. Sintomas na parte aérea são caracterizados pelo crescimento reduzido, que pode ser evidenciado de seis a sete semanas após o plantio. A interrupção do crescimento é acompanhada por sintomas de deficiências nutricionais como clorose e deficiência de ferro.

B. longicaudatus pode ser disseminado através de mudas contaminadas para os campos de produção. Nematicidas fumigantes e solarização do solo são altamente eficazes nos países em que esta espécie ocorre, sendo que poucos nematoides sobrevivem após o tratamento do solo. A dessecação do solo e a manutenção do lençol freático em níveis altos reduzem os níveis de oxigênio na rizosfera e, consequentemente, o desenvolvimento da população. A ampla gama de hospedeiros de plantas cultivadas e infestantes torna difícil o controle por meio de rotação de culturas.

11.3.2 *Trichodorus* e *Paratrichodorus*

Trichodorus e *Paratrichodorus* estão distribuídos por todo o mundo e apresentam ampla gama de hospedeiros. Em estudos sobre sua gama de hospedeiros realizado em casa de vegetação e campo, mais de 40 gêneros de plantas com importância econômica foram relatadas como hospedeiras, o que limita a utilização da rotação de culturas para seu controle.

A família *Trichodoridae* consiste em cinco principais gêneros: *Trichodorus*, *Paratrichodorus*, *Monotrichodorus*, *Allotrichodorus* e *Ecuadorus*. Atualmente, no Brasil são conhecidas apenas

13 espécies (*Paratrichodorus anthurii*, *P. minor*, *P. porosus*, *P. renifer*, *Monotrichodorus monohystera*, *M. samericus*, *Allotrichodorus brasiliensis*, *A. companullatus*, *A. guttatus*, *A. longispiculis*, *A. loofi*, *A. sharmai* e *Ecuadorus westindicus*).

São formas ectoparasitas de hábito migrador, que medem de 0,5 a 0,9 mm de comprimento. Quando mortos pelo aquecimento gradual, assumem formato praticamente retilíneo. Os tricodorídeos são nematoides relativamente roliços, arredondados em ambas as extremidades, conhecidos também por muitos pesquisadores como nematoides em forma de charuto (Figura 8).



Foto: Cecilia da Silva Rodrigues

Figura 8 - *Trichodorus* sp.

Os juvenis e adultos de *Trichodorus* atacam a epiderme das raízes jovens, causando paralisação do crescimento apical. O crescimento das raízes é paralisado devido ao comprometimento das células, dando origem ao aumento de volume das extremidades, necroses e paralisação do crescimento das raízes secundárias. Tal efeito traduz-se em numerosas raízes curtas e grossas, também designadas de raízes anãs ou em coto. O sistema radicular do tomateiro torna-se quebradiço neste estádio, mesmo que não exista necrose aparente devido à alimentação.

Além dos sintomas nas raízes das plantas, também são observados sintomas reflexos na parte aérea, como manchas devido a deficiências nutricionais que culminam na formação de reboleiras de formato circular ou irregular.

Vale ressaltar que algumas espécies como *P. pachydermus* são capazes de transmitir tobraviroses (partículas viróticas tubulares, em forma de bastonete), a exemplo do "*Tobacco rattle virus* - TRV" em fumo e do "*Pea early browning virus* - PEBV" em ervilha, causando, portanto, danos diretos pelo seu parasitismo nas raízes e indiretos pela veiculação do vírus de plantas doentes para as sadias. Estes nematoides não sobrevivem em condições de seca, sendo difícil serem encontrados nas camadas mais superficiais. Migram verticalmente ao longo de distâncias consideráveis até as camadas mais profundas e úmidas na estação do verão; posteriormente voltam e recolonizam zonas superiores, no outono.

Ocorrem em solos arenosos e leves, de textura não muito fina, não sendo geralmente encontrados em solos que contenham muita argila, o que não permite uma boa drenagem, com exceção de *T. primitivus*, que também ocorre em solos argilosos.

A adoção de determinadas medidas de controle, como a rotação de culturas e a aplicação de nematicidas, é bastante difícil, pois *Trichodorus* e *Paratrichodorus* apresentam uma ampla gama de hospedeiros, e o controle inicial utilizando nematicidas fumigantes do solo em outros

países é eficiente por um tempo relativamente curto. Logo em seguida, ocorre um aumento da população muito superior aos níveis iniciais.

Várias estratégias têm sido usadas na tentativa de controlar os tricodorídeos. A primeira refere-se, naturalmente, à prevenção da disseminação do nematoide para novas áreas, evitando a sua dispersão, que pode ocorrer pelo vento e água e por aderência do solo à maquinaria agrícola, calçados, animais e plantas. Outras medidas culturais incluem: revolvimento do solo antes do plantio (alqueive) devido à sensibilidade dos tricodorídeos aos danos físicos e à seca do solo; o alagamento e a solarização do solo.

A utilização de mudas contaminadas é, provavelmente, o principal meio de dispersão dos vírus transmitidos por estes nematoides. Deste modo, é fundamental a adoção de medidas de certificação do material como isento de vírus, para evitar a sua disseminação. Assim, para se ter garantia de qualidade, recomenda-se que seja prestada a devida atenção à escolha das mudas.

11.4 Outros nematoides

Na literatura, as informações são limitadas quanto à ocorrência de outros nematoides na cultura do tomateiro. Outros gêneros associados ao tomateiro, em determinadas condições ambientais, podem afetar significativamente o crescimento das plantas, mas causam danos generalizados de pouca importância econômica no Brasil. São eles: *Heterodera, Rotylenchulus*, *Helicotylenchus*, *Hemicycliophora*, *Longidorus*, *Nacobbus*, *Paratylenchus*, *Radopholus*, *Rotylenchus*, *Tetylenchus*, *Tylenchorhynchus e Xiphinema*.

11.5 Amostragem para diagnóstico

O correto diagnóstico da espécie de nematoide é feito pela análise de amostras de solo e raízes em laboratório especializado, visando conhecer as densidades populacionais destes organismos no solo, na fase de pré-plantio e em fases posteriores de desenvolvimento da cultura. Com isso, pode-se preventivamente reduzir os prejuízos, antes do plantio, bem como amenizar as perdas no caso do nematoide já estar instalado na lavoura.

Na coleta de amostras para análise, pequenas porções de solo, em torno de 200g, e algumas raízes deverão compor cada amostra simples. Recomenda-se coletar em torno de 15 a 20 amostras simples (subamostras) por hectare. À medida que se caminha em ziguezague pela área, as subamostras de solo deverão ser coletadas em profundidade de 20 a 30cm ao redor das plantas e posteriormente homogeneizadas (Figura 9). Em seguida, a amostra composta é formada adicionando-se em saco de polietileno cerca de 400 a 500g de solo homogeneizado e 200 a 300g de raízes coletadas aleatoriamente. A amostra composta deve ser identificada e enviada para um laboratório especializado. Para áreas extensas e irregulares, é recomendável sua divisão em quadrantes e a retirada uma amostra composta por quadrante. Caso não seja possível enviar as amostras no mesmo dia, estas devem ser armazenadas e mantidas em temperaturas entre 10 e 15°C, ou deixadas à sombra, para que não ocorra o ressecamento, que dificulta o correto diagnóstico em laboratório.



Arte: Ricardo B. Pereira

Figura 9 - Esquema de amostragem em lavoura de tomateiro.

Apesar da maioria das cultivares comerciais apresentarem resistência ao nematoide-das-galhas, por serem portadoras do gene *Mi* que contempla resistência a *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria,* é importante salientar a importância de se manter essa característica em cultivares lançadas por empresas, assim como agregar outras características de interesse em cultivares comerciais, como resistência a outras doenças.

Estudos de levantamento de espécies ocorrentes em tomateiro no Brasil devem ser realizados. Apesar do grande número de citações de trabalhos envolvendo o patossistema, a maioria deles trata da utilização do tomate como testemunha padrão para confirmar a viabilidade do inóculo, ou como planta modelo para estudos sobre o ciclo de vida de *Meloidogyne*.

Embora *B. longicaudatus* seja uma espécie quarentenária para o Brasil, tem causado prejuízos em cultivos de tomate nos EUA. Assim, é importante a constatação e o conhecimento da existência desta espécie em outros países. Em relação aos tricodorídeos, foram relatadas algumas espécies no Brasil, porém sem registro de danos maiores na tomaticultura.

11.6 Referências

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. Boston: ELSEVIER, 2005. 921 p.

AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 12 Jun. 2012

ALMEIDA, M. T. S. C. M.; DECRAEMER, W. Trichodoridae, família de xs vetores de vírus. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 13, p. 115-190, 2005.

CANTU, R. R.; WILCKEN, S. R. S.; ROSA, J. M. O.; GOTO, R. Reação de porta-enxertos comerciais de tomateiro a *Meloidogyne mayaguensis*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, n. 3, p. 216-218, 2009.

CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A.; BRAGA, R. S.; ALMEIDA, C. A.; GIORIA, R. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* parasitando plantas de tomate e pimentão resistentes à *Meloidoginose* no Estado de São Paulo. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 30, n.1, p. 81-86, 2006.

CARNEIRO, R. M. D. G.; MOREIRA, W. A.; ALMEIDA, M. R. A.; GOMES, A. C. M. M. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Brasil. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 223-228, 2001.

CHARCHAR, J. M. **Nematoides em hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 1999. 12 p.(Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 18)

CHARCHAR, J. M.; BOITEUX, L. S.; GIORDANO, L. B. Epidemics of *Meloidogyne brasilienses* on processing tomato hybrids carrying the *Mi* (root-knot nematode resistance) gene in Central Brazil. **Summa Phytopathologica**, Jaguariuna, v. 30, p. 108, 2004.

DROPKIN, V. H. The necrotic reaction of tomatoes and other hosts resistant to *Meloidogyne*: reversal by temperature. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 59, n. 11, p. 1632-1637, 1969.

DUTRA, M. R.; CAMPOS, V. P.; ROCHA, F. S.; SILVA, J. R. C.; POZZA, E. A. Manejo do solo e da irrigação no controle de *Meloidogyne incognita* em cultivo protegido. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 31, p. 405-407, 2006.

FARGETTE, M. Use of esterase phenotype in the taxonomy of the genus *Meloidogyne*. 2. Esterase phenotypes observed in West African populations and their characterization. **Revue de Nématologie**, Bondy, v. 10, p. 45-56, 1987.

GILBERT, J. C.; McGUIRRE, D. C. Inheritance of resistance to severe root-knot from Meloidogyne incognita in commercial-type tomatoes. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.68, p. 437-442, 1956.

GUIMARÃES, L. M. P.; MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R. Parasitismo de *Meloidogyne mayaguensis* em diferentes espécies botânicas. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 139-147, 2003.

LIMA, I. M.; DOLINSKI, C.; SOUZA, R. M. Dispersão de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabais de São João da Barras (RJ) e relato de novos hospedeiros dentre plantas invasoras e cultivadas. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 257-258, 2003. Resumo.

MARANHÃO, S. R. **Reação de indivíduos segregantes de goiabeira e araçazeiro a *Meloidogyne* spp. e caracterização de populações atípicas do nematoide**. 2001. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural Pernambuco, Recife.

MILLIGAN, S. B. I.; BODEAU, J.; YAGHOOBI, J.; KALOSHIAN, I.; ZABEL, P.; WILLIAMSON, V. M. The root-knot nematode resistance gene *Mi* from tomato is a member of the leucine-zipper nucleotid-binding, leucine-rich repeat family of plant genes. **Plant Cell**, Rockville, v. 10, p. 1307-1319, 1998.

MOURA, R. M. O gênero *Meloidogyne* e a *Meloidoginose.* **Revisão Anual de Patologia de Plantas** , Passo Fundo, v. 4, p. 209-244, 1996.

PEIL, R. M. A enxertia na produção de mudas de hortaliças. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1169-1177, 2003.

PINHEIRO, J. B.; BOITEUX, L. S.; LOPES, C. A.; SILVA, G. O. **Identificação de fontes de resistência ao nematoide *Meloidogyne mayaguensis* em acessos de tomateiro (*Solanum* secção *Lycopersicon*).** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. (Embrapa Hortaliças. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 56).

PINHEIRO, J. B.; DUVAL, A. M. Q.; FURUMOTO, O.; LOPES., C. A.; Silva, G. O. **Reprodução de *Meloidogyne incognita* raça 1 e *Meloidogyne javanica* em linhagens avançadas de tomateiro industrial.** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. (Embrapa Hortaliças. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 55).

PINHEIRO, J. B.; MENDONCA, J. L.; PEREIRA, J. de S. **Solanáceas silvestres: potencial de uso como porta-enxertos resistentes ao nematoide-das-galhas (*Meloidogyne* spp.).** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. (Embrapa Hortaliaças. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 57).

PINHEIRO, J. B.; MENDONCA, J. L. de; SANTANA, J. P. Reaction of wild solanaceous against *Meloidogyne incognita* race 1 and *M. javanica*. In: INTERNATIONAL HORTICULTURAL CONGRESS, 28., 2010, Lisboa. **Science and horticulture for people**: abstracts... Lisbon: ISHS, 2010. v. 1, p. 271.

ROSSI, M.; GOGGIN, F. L.; MILLINGAN, S. B.; KALOSHIAN, I.; ULLMAN, D. E.; WILLIAMSON, V. M. The nematode resistance gene *Mi* of tomato confers resistance against the potato aphid. **Proceedings National Academy of Science of the United States of America**, Washington, v. 95, p. 9750-9754, 1998.

WATTS, V. M. The use of *Lycopersicon peruvianum* as a source of nematode resistance in tomatoes. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 49, p. 233-234, 1947.

Capítulo 12

PRAGAS

12.1 Introdução 265

12.2 Pragas-chave 265

12.2.1 Mosca-branca: *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B 265

12.2.2 Tripes: *Frankliniella schultzei* Trybom e *Thrips palmi* Karny 267

12.2.3 Pulgões: *Myzus persicae* (Sulzer) e *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas) 268

12.2.4 Traça-do-tomateiro: *Tuta absoluta* (Meyrick) 270

12.2.5 Broca-pequena-do-fruto: *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée) 271

12.3 Pragas secundárias 272

12.4 Manejo integrado de pragas 272

12.4.1 Avaliação do agroecossistema 274

12.4.2 Tomada de decisão 279

12.4.3 Seleção dos métodos (táticas) de controle 280

12.5 Referências 294

Capítulo 12
PRAGAS

Miguel Michereff Filho
Jorge Anderson Guimarães
Alexandre Pinho de Moura
Ronaldo Setti de Liz

12.1 Introdução

O tomateiro para processamento industrial é atacado por inúmeras espécies de insetos e ácaros-praga, que ocorrem na cultura desde o transplantio das mudas no campo até a colheita dos frutos. São consideradas pragas-chave da cultura aquelas espécies que ocorrem na maioria das regiões produtoras e que, com frequência, provocam perdas econômicas significativas na produção, exigindo atenção constante e adoção criteriosa de medidas de controle. Pragas secundárias são aquelas que causam poucas injúrias à cultura e que raramente provocam prejuízos significativos, ocorrendo esporadicamente em determinados períodos do ano e em áreas de cultivos isolados.

Neste capítulo foi dada ênfase às pragas-chave, que podem prejudicar tanto o crescimento e o desenvolvimento do tomateiro quanto a qualidade do tomate produzido. A fim de incentivar o manejo racional de pragas na tomaticultura industrial, a redução de perdas econômicas e a sustentabilidade do setor em curto e longo prazos, foram abordadas informações sobre identificação, biologia e controle das pragas que atacam essa cultura.

12.2 Pragas-chave

12.2.1 Mosca-branca: *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B

Vulgarmente conhecida como mosca-branca, esta espécie pertence à ordem Hemiptera, família Aleyrodidae. O biótipo B, anteriormente denominado *Bemisia argentifolii* (Bellows & Perring), foi introduzido no Brasil em meados da década de 1990, no Estado de São Paulo, proveniente de plantas ornamentais importadas da Europa e dos Estados Unidos. Difere dos demais biótipos de mosca-branca pelo fato de ocasionar desordens fisiológicas nas plantas atacadas, como o prateamento das folhas das cucurbitáceas, de onde tem origem o nome *B. argentifolii*.

Os adultos possuem cerca de 1 mm de comprimento, coloração esbranquiçada ou amarelo-palha, com quatro asas membranosas recobertas com pulverulência branca (Figura 1). Os ovos apresentam coloração amarelada, formato de pêra e são depositados na face

inferior da folha, apresentando-se presos por um pedicelo. As ninfas são translúcidas, de coloração amarelo a amarelo-pálido e, após a eclosão, se fixam na face inferior da folha, onde permanecem imóveis. As ninfas passam por quatro ínstares, sendo o último chamado de pseudopupa, caracterizado morfologicamente por apresentar olhos de coloração vermelha (Figura 1).

Fotos: Alexandre Pinho de Moura

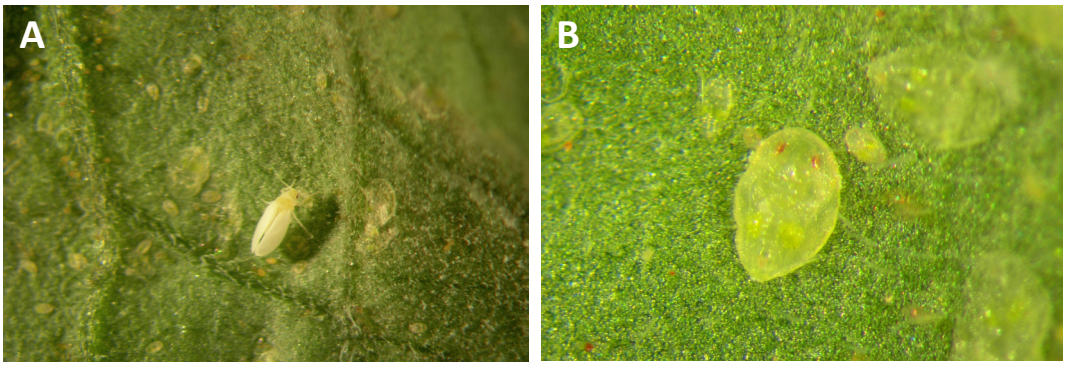


Figura 1 - Mosca-branca, *Bemisia tabaci* biótipo B; (A) - adulto; (B) - ninfas.

Este inseto ocasiona perdas devido ao impacto direto, decorrente da sucção contínua de seiva e da ação toxicogênica associada à sua alimentação, sendo responsável por alterações no desenvolvimento vegetativo (menor vigor) e reprodutivo (redução da floração) das plantas de tomateiro. Além disso, esses insetos excretam o excesso da seiva na forma de gotículas de substâncias açucaradas ("honeydew") na superfície das folhas e dos frutos, favorecendo o desenvolvimento de fungos do gênero *Capnodium*, causadores da fumagina. Esse fungo cria uma capa enegrecida que dificulta a realização da fotossíntese e prejudica a aparência dos frutos (Figura 2). Em altas densidades populacionais a praga pode ocasionar a morte de mudas e plantas jovens, enquanto que em plantas adultas causa amadurecimento irregular dos frutos (Figura 3).

Fotos: Alexandre Pinho de Moura

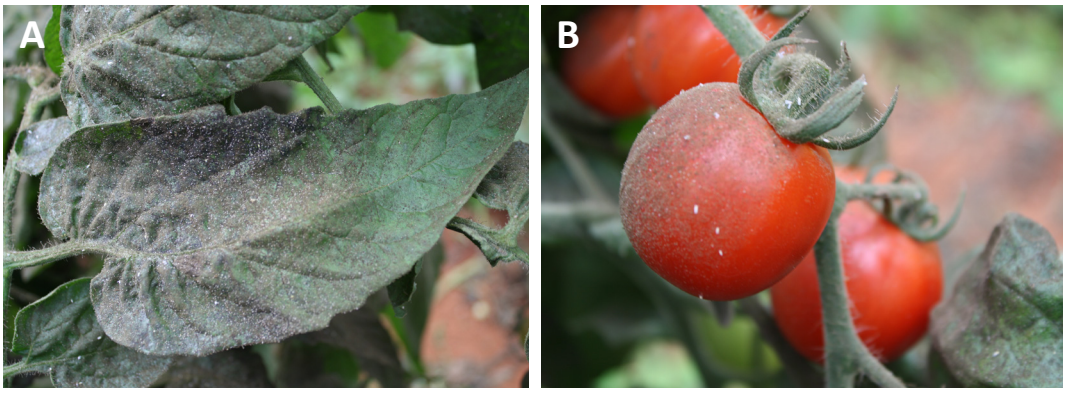


Figura 2 - Fumagina sobre folhas (A) e frutos (B) do tomateiro.



Foto: Alexandre Pinho de Moura

Figura 3 - Amadurecimento irregular de frutos ocasionado pela mosca-branca.

A mosca-branca também está associada à veiculação de fitoviroses, como begomovírus e crinivírus, que representam sérios problemas para a cultura do tomateiro no Brasil (ver capítulo 10). A transmissão de begomovírus pela mosca-branca é do tipo persistente ou circulativa, isto é, uma vez adquirido o vírus, o inseto passa a transmiti-lo por toda sua vida. Estes vírus são adquiridos pelo inseto ao se alimentar de plantas infectadas por um período mínimo de 15 minutos. Os vírus circulam no corpo do vetor, passando pelo seu sistema digestivo até chegar às glândulas salivares, de onde são liberados, juntamente com a saliva, no processo de alimentação. As moscas se contaminam tanto na fase de ninfa como na fase adulta, durante a alimentação em tomateiros ou em plantas da vegetação espontânea infectados.

12.2.2 Tripes: *Frankliniella schultzei* Trybom e *Thrips palmi* Karny

Estas espécies de tripes pertencem à família Thripidae e se caracterizam pelo tamanho diminuto e pelas asas franjadas (Figura 4). A origem de *F. schultzei* é incerta, podendo ser nativa das Américas. Possui de 1 a 3 mm de comprimento e apresenta notável variação de coloração entre as populações, com alguns exemplares de cor marrom escura, com pronoto e pernas mais claras e outros com coloração amarela, com áreas escuras e opacas nos tergitos abdominais.

Já *T. palmi* é nativa da Ásia, de onde se espalhou para quase todos os continentes. Possui 1 a 1,2 mm de comprimento e coloração amarelo-ouro, sem manchas escuras no corpo. Os tripes são encontrados na face inferior das folhas, nas flores, hastes e gemas apicais e ficam abrigados entre dobras e reentrâncias das plantas.

Foto: Renata Monteiro



Figura 4 - Tripes adulto da espécie *Thrips palmi.*

O ciclo de vida dos tripes inclui dois estádios "larvais" com intensa atividade e alimentação, além de dois estádios inativos, sem alimentação, conhecidos como pré-pupa e pupa. As fêmeas introduzem seus ovos, isoladamente, com auxilio do ovipositor, no interior do tecido epidérmico da folha. O ciclo dura em torno de 12 dias e os adultos podem viver por mais 15 dias, dependendo da temperatura ambiente. Neste período, as fêmeas podem colocar de 100 a 200 ovos.

Os tripes possuem aparelho bucal modificado em cone bucal, contendo estiletes adaptados para raspar e perfurar os tecidos da planta e sugar a seiva que extravasa. Dessa forma, nos locais das picadas formam-se áreas descoradas, que necrosam devido à morte dos tecidos. Em ataques muito intensos, as folhas ficam com aspecto de bronzeamento ou queimadura, com brilho prateado e logo em seguida caem. Além das folhas, atacam também as flores, causando esterilidade e/ou prejudicando o desenvolvimento dos frutos novos.

No entanto, a maior importância dos tripes no tomateiro se deve ao fato desses insetos serem vetores de viroses, como é o caso do vírus do vira-cabeça-do-tomateiro (ver capítulo 10). A transmissão é do tipo circulativa propagativa, onde os vírus adquiridos na planta hospedeira não só circulam no corpo do vetor, como também se multiplicam antes de serem transmitidos para outras plantas. Somente as larvas de tripes são capazes de adquirir o vírus, sendo necessário pelo menos uma hora de alimentação na planta infectada para a aquisição do vírus. No entanto, depois de infectadas, as larvas de tripes são capazes de transmitir o complexo de vírus durante toda a vida adulta.

12.2.3 Pulgões: *Myzus persicae* (Sulzer) e *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas)

Estes pulgões pertencem à família Aphididae e são insetos de 1 a 3 mm de comprimento, com corpo periforme e delicado, antenas bem desenvolvidas e aparelho bucal do tipo sugador. No final do abdome possuem dois apêndices tubulares laterais, chamados cornículas ou sifúnculos, por onde são expelidas grandes quantidades de líquido adocicado ("honeydew").

A espécie *M. persicae* apresenta ninfas e adultos ápteros (sem asas) e coloração verde-clara, rosada ou avermelhada, enquanto os adultos alados possuem abdome de coloração verde-amarelado, cabeça e tórax pretos e sifúnculos escurecidos no ápice (Figura 5). Por outro

lado, os adultos de *M*. *euphorbiae* medem de 3 a 4 mm de comprimento, sendo a forma áptera maior que a alada. Possuem coloração geral esverdeada, com cabeça e tórax amarelados, antenas escuras e mais longas que o corpo.



Foto: Alexandre Pinho de Moura

Figura 5 - Pulgão *Myzus persicae.*

Ambas espécies de pulgões podem atacar o tomateiro durante todo o seu ciclo e ocorrem em grandes colônias na face inferior das folhas, brotações e flores. Reproduzem-se por partenogênese telítoca, ou seja, sem acasalamento, e tanto fêmeas adultas ápteras quanto aladas darão origem a ninfas fêmeas. Os pulgões são vivíparos, ou seja, as fêmeas não depositam ovos e sim ninfas diretamente sobre as folhas da planta. Cada fêmea é capaz de gerar até 80 indivíduos durante a vida. O ciclo de vida dura dez dias e os insetos passam por quatro estádios de ninfa.

A sucção contínua de seiva em tecidos tenros da planta e a injeção de toxinas, tanto por adultos como por ninfas, provocam definhamento de mudas e plantas jovens e encarquilhamento das folhas, brotos e ramos. Altas infestações podem afetar drasticamente a produção e causar a morte das plantas.

O líquido açucarado ("honeydew") expelido pelos pulgões também favorece o desenvolvimento de fungos do gênero *Capnodium*, causadores da fumagina, sobre as folhas e estruturas reprodutivas da planta, afetando, consequentemente, a fotossíntese. Os danos diretos causados pelos pulgões à tomaticultura são reduzidos, devido ao manejo realizado para o controle da traça-do-tomateiro e da mosca-branca. Contudo, a grande importância dos pulgões se deve à sua capacidade de transmitir fitoviroses, como é o caso dos Potyvírus e dos Luteovírus, causadores do topo amarelo e do amarelo-baixeiro-do-tomateiro, respectivamente. A transmissão dos Potyvírus é do tipo não persistente, ou seja, o pulgão adquire e transmite o vírus após um curto período de alimentação ou por meio da picada de prova. Geralmente, os pulgões se infectam ao se alimentar de solanáceas e de plantas da vegetação espontânea. Com relação aos vírus do grupo Luteovírus, a transmissão é do tipo persistente ou circulativa

e não propagativa. Para se infectar, o pulgão precisa se alimentar em uma planta infectada por um período de, no mínimo uma hora e, após um período variável de latência, torna-se capaz de transmitir estes vírus durante toda a vida.

12.2.4 Traça-do-tomateiro: *Tuta absoluta* (Meyrick)

É um lepidóptero da família Gelechiidae, nativo da América Central, de onde se disseminou para toda a América do Sul e mais recentemente, para a Europa.

No Brasil, ocorre durante todo o ano, especialmente no período mais seco, quase desaparecendo em períodos chuvosos. Lavouras irrigadas por aspersão convencional ou por pivô central são menos danificadas do que as irrigadas por sulco. A irrigação por aspersão derruba os ovos, lagartas e pupas, reduzindo o potencial de multiplicação do inseto.

O ciclo de vida deste inseto passa pelos estádios de ovo, lagarta, pupa e adulto e, de acordo com a temperatura, dura cerca de 30 dias. Cada fêmea põe, em média, 260 ovos isoladamente, na face inferior das folhas e também no caule, pedúnculo e fruto. Os ovos são elípticos, de coloração branca, tornando-se amarelados ou marrons próximos à eclosão.

A lagarta eclode três a cinco dias após a postura, possui cabeça de coloração escura e corpo amarelado com cerca de 8 mm de comprimento. Ao eclodir penetra nos folíolos do tomateiro, alimentando-se do parênquima foliar, formando uma galeria de contorno irregular (Figura 6). Além dos folíolos, as lagartas podem se alimentar do caule e dos frutos (Figura 7). No final do desenvolvimento, a lagarta geralmente abandona o fruto e se transforma em pupa.

Fotos: Estebam Saini

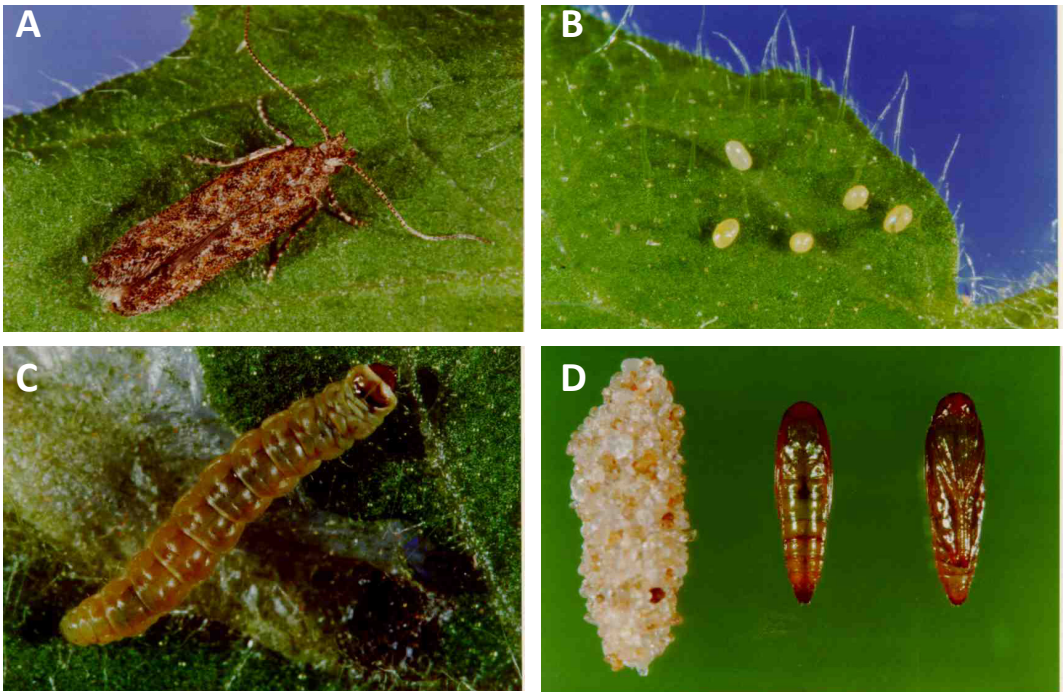


Figura 6 - Traça-do-tomateiro, *Tuta absoluta*. (A) adulto; (B) ovo; (C) lagarta; (D) pupa.

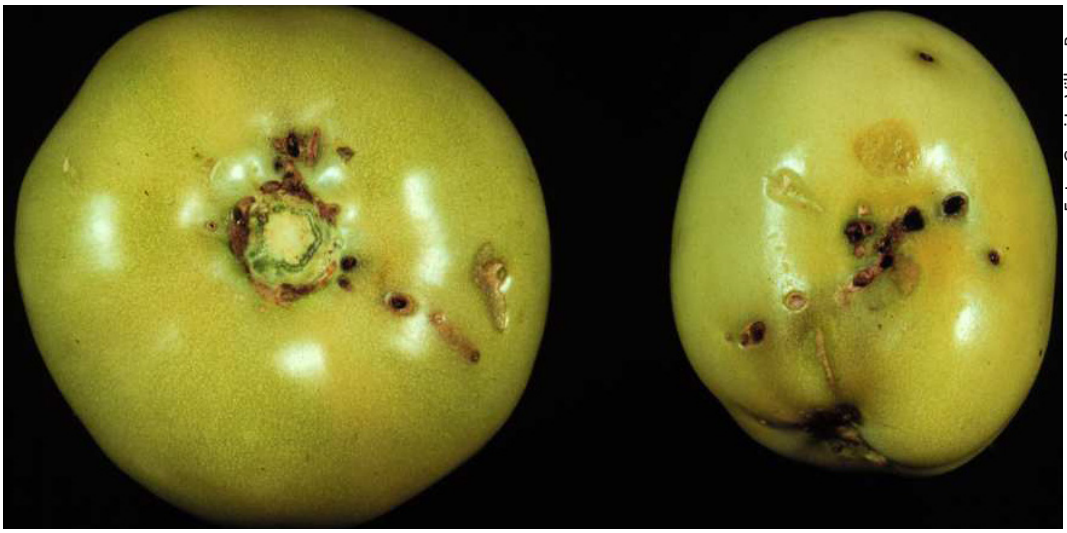


Foto: Geni L. Villas-Boas

Figura 7 - Frutos danificados pela traça-do-tomateiro.

A fase de pupa dura sete dias e ocorre mais comumente no solo, mas pode ocorrer também na superfície das folhas. Ao final desta fase emerge o adulto, que é uma mariposa de cor cinza, marrom ou prateada, com aproximadamente 10 mm de comprimento e que vive, em média, sete dias. Acasalam-se imediatamente após a emergência, voam e ovipositam predominantemente ao amanhecer e ao entardecer.

Em altas populações, as lagartas causam redução na fotossíntese da planta devido à alimentação no parênquima foliar. Além disso, as galerias formadas nas folhas, caule e nos frutos servem como portas de entrada para fitopatógenos oportunistas que podem causar sérios danos à planta.

12.2.5 Broca-pequena-do-fruto: *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée)

Trata-se de um lepidóptero pertencente à família Crambidae, nativa da Região Neotropical (região biogeográfica que compreende a América Central, incluindo a parte sul do México e da península da baixa Califórnia, o sul da Flórida, todas as ilhas do Caribe e a América do Sul). No Brasil, *N. elegantalis* foi registrada inicialmente no Estado do Ceará em 1922 e, desde então, se tornou importante praga em quase todas as regiões produtoras de tomate do país. Ataca a cultura do tomateiro principalmente no período chuvoso do ano, quando as altas temperaturas e umidades relativas são mais favoráveis ao crescimento populacional da praga.

Os adultos de *N. elegantalis* apresentam dimorfismo sexual, sendo as fêmeas maiores que os machos, com cerca de 10 mm de comprimento. As mariposas apresentam coloração geral branca, asas transparentes, trazendo nas anteriores uma mancha de cor marrom escura e nas posteriores, pequenas manchas marrons esparsas (Figura 8). A fêmea possui abdome bastante volumoso, quando comparado com o do macho, cujo abdome é delgado, com a parte distal recoberta por um tufo de escamas modificado em forma de pincel.

Os ovos são elípticos e depositados de forma isolada ou agrupados no pecíolo, cálice ou superfície do fruto. As lagartas recém-eclodidas raspam a casca do fruto e se alojam em seu interior, alimentando-se da polpa. No interior do fruto, a lagarta passa por 5 ecdises e, ao final do desenvolvimento, possui de 11 a 13 mm de comprimento e coloração rosada. Totalmente desenvolvida, a lagarta sai do fruto para transformar-se em pupa no solo, logo abaixo da planta. O ciclo de vida varia de acordo com a temperatura, sendo que em locais com temperatura de 30°C, o desenvolvimento larval dura 26 dias, enquanto que em locais mais frios, com temperatura média de 15°C, esta fase pode durar até 115 dias.

Os frutos infestados (Figura 8) tornam-se impróprios para consumo "*in natura*" e até mesmo para a industrialização. Por ser uma praga que ataca os frutos, causa danos diretos na produção, causando perdas consideráveis, que podem variar de 45% a 90%. A presença de apenas uma lagarta da broca-pequena no interior do fruto é o suficiente para causar sua inviabilização para o consumo.

Fotos: Arcevo Embrapa Hortaliças

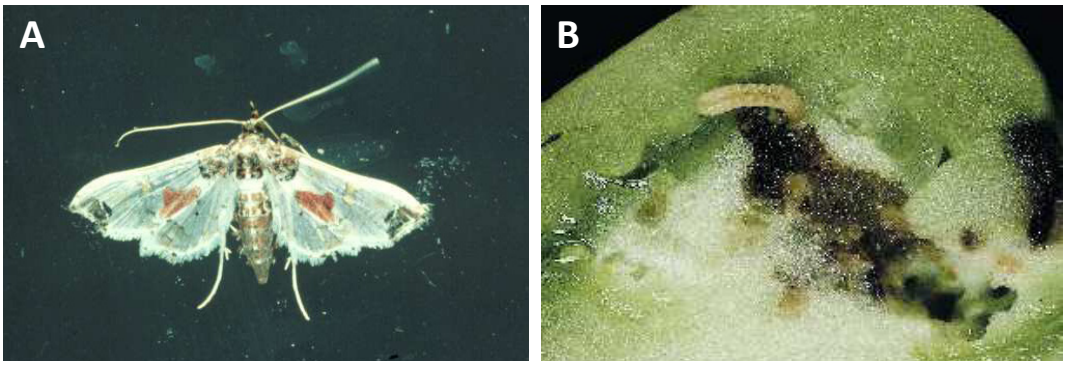


Figura 8 - Broca-pequena-do-fruto, *Neoleucinodes elegantalis*. (A) adulto; (B) fruto danificado.

12.3 Pragas secundárias

Devido ao manejo utilizado para o controle das pragas-chave, estas são mantidas em níveis populacionais baixos, que não ocasionam perdas significativas na produção. Eventualmente, em decorrência de adversidades climáticas (seca ou veranico) ou de desequilíbrio biológico, devido à mortalidade exagerada dos inimigos naturais causada pelo uso de agrotóxicos, essas pragas podem alcançar números expressivos (surtos populacionais) e demandar medidas de controle específicas.

Portanto, o monitoramento também deve contemplar planos de amostragem para esta categoria de praga, ao longo do ciclo do tomateiro. Na Tabela 1 estão listadas as pragas secundárias (insetos e ácaros) e seus sintomas de ataque na cultura do tomateiro para processamento industrial.

12.4 Manejo integrado de pragas

O desenvolvimento de um sistema de controle de pragas tornou-se necessário para suprir a demanda crescente de alimentos e, ao mesmo tempo, respeitar os preceitos da sustentabilidade do agroecossistema, da conservação do meio ambiente e do bem-estar do ser humano.

Neste cenário, surgiu o Manejo Integrado de Pragas (MIP), definido como um sistema de controle de pragas que objetiva a preservação ou incremento dos fatores de mortalidade natural das pragas. O MIP é feito com o uso integrado de métodos de controle compatíveis entre si e selecionados com base em análises de custo/benefício, que levam em consideração parâmetros econômicos, ecológicos e sociológicos. Com estas premissas, o MIP pode contribuir efetivamente para a manutenção dos inimigos naturais das pragas nos agroecossistemas, a redução dos riscos de poluição ambiental, a geração de alimentos mais seguros e a redução no custo de produção, principalmente pela racionalização no uso dos agrotóxicos.

Para a adoção do MIP na cultura do tomateiro para processamento industrial são necessárias três etapas básicas: **(1)** avaliação do agroecossistema; **(2)** tomada de decisão; **(3)** seleção e uso planejado dos métodos de controle a serem adotados.

Tabela 1
Pragas secundárias (insetos e ácaros) e seus sintomas na cultura do tomateiro para processamento industrial.

Praga	Nome científico	Sintomas/injúrias
Ácaro-do-bronzeamento	*Aculops lycopersici* (Massee) (Acari: Eriophyidae)	No local da alimentação surgem puncturas que fazem com que a folha e as partes atacadas fiquem com coloração prateada, que em seguida escurecem e ficam bronzeadas. Nos ramos, o ataque pode causar pequenas rachaduras na superfície. Pode levar, ainda, à dessecação das folhas, com exposição dos frutos ao sol, fazendo com que apresentem queimaduras (escaldadura). Em infestações severas podem causar descoloração e pequenas rachaduras na base dos frutos e, eventualmente, levar à morte da planta. Em altas populações, esta praga pode causar sérias injúrias ao tomateiro.
Vaquinhas	*Diabrotica* spp. (complexo de espécies) (Coleoptera: Chrysomelidae)	As larvas atacam as raízes da planta, enquanto os adultos se alimentam das partes vegetativas e do pólen. O ataque às folhas pelos insetos adultos resulta em grande número de pequenas perfurações, que reduz a área fotossintética do tomateiro. Altas infestações de adultos logo após o transplante podem ocasionar a destruição total da parte aérea das mudas e comprometer a produção de frutos para processamento industrial.
Mosca-minadora	*Liriomyza sativae* Blanchard *Liriomyza trifolii* (Burgess) *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Diptera: Agromyzidae)	Suas larvas se alimentam do parênquima foliar, constroem minas em forma de serpentina nas folhas; folhas severamente atacadas ficam necrosadas, secam precocemente e caem (desfolha precoce).
Lagarta-rosca	*Agrotis ipsilon* (Hüfnagel) (Lepidoptera: Noctuidae)	As lagartas seccionam as plantas jovens rente ao solo. Sob infestação severa, em períodos quentes e secos, torna-se necessária a realização de replantio de mudas.
Lagarta-militar (Complexo *Spodoptera*)	*Spodoptera eridania* (Cramer) *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) *Spodoptera cosmioides* (Walker) *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae)	Ocorre em qualquer estádio de desenvolvimento do tomateiro. Suas lagartas se alimentam das folhas e podem ocasionar grande perda na produção pelo broqueamento de frutos, independente do seu estágio de maturação. Quando atacam o tomateiro logo após o transplante podem seccionar as plantas (como a lagarta-rosca), reduzindo o estande. Surtos frequentes ocorrem na região Centro-oeste.
Broca-grande-do-fruto	*Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae)	Os ovos são colocados isolados nas folhas da região superior da planta. Lagartas se alimentam dos frutos, ocasionando broqueamento.
Lagarta falsa-medideira	*Rachiplusia nu* (Guenée) *Pseudoplusia includens* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae)	As lagartas podem ocasionar perdas na produção pelo broqueamento de frutos, independente do seu estágio de maturação. Surtos populacionais ocorrem nas regiões Sudeste e Centro-oeste.

Tabela 1
Pragas secundárias (insetos e ácaros) e seus sintomas na cultura do tomateiro para processamento industrial (cont.).

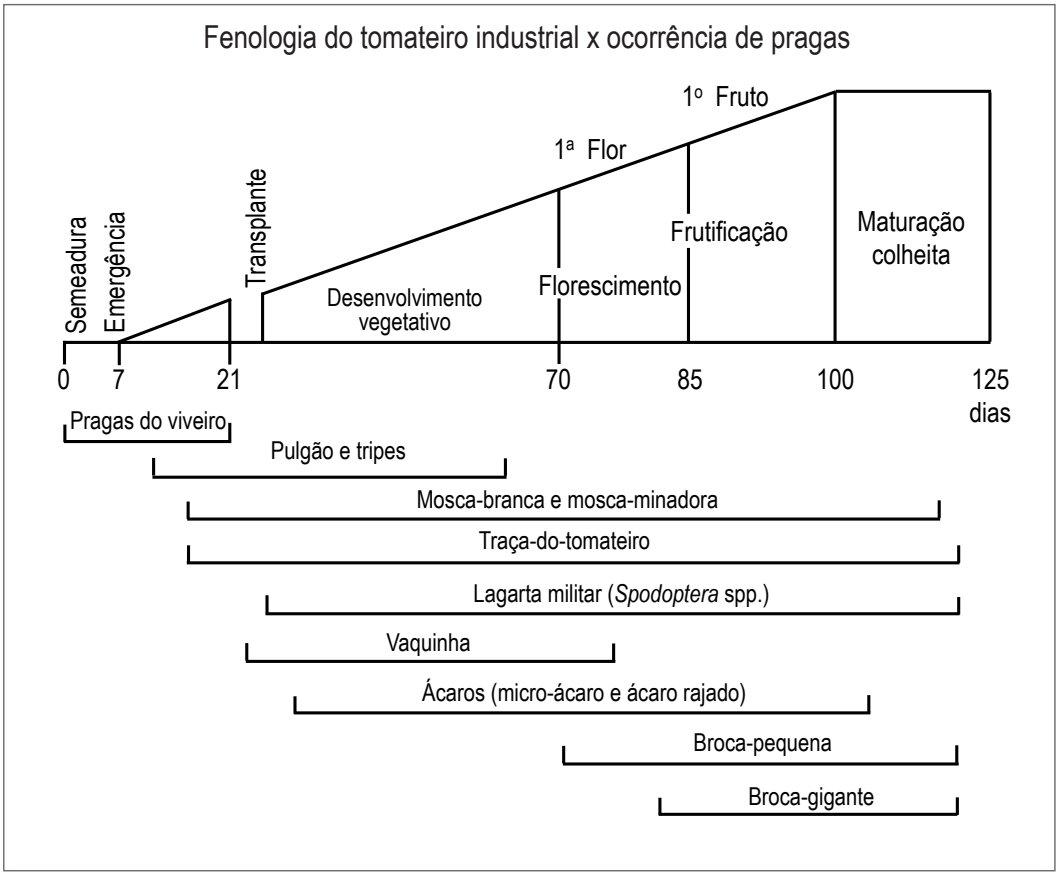
Praga	Nome científico	Sintomas/injúrias
Burrinho	*Epicauta suturalis* (Germar) *Epicauta atomaria* (Germar) (Coleoptera: Meloidae)	Ataca em reboleiras, alimentando-se do limbo foliar, permanecendo apenas as hastes e os frutos na planta.
Percevejo-castanho	*Scaptocoris carvalhoi* Becker (Hemiptera: Cydnidae)	Adultos e ninfas dessa espécie vivem no solo, em reboleiras; atacam as raízes do tomateiro, sugam a seiva e causam depauperamento das plantas, as quais se apresentam amareladas e com crescimento reduzido.
Ácaro-rajado	*Tetranychus urticae* (Koch) (Acari: Tetranychidae)	Ocorre em qualquer estádio de desenvolvimento do tomateiro. Infesta a face inferior das folhas e tece teias que o recobrem. Seu ataque provoca amarelecimento das folhas e, em alta intensidade, as folhas mais velhas ficam ressecadas e pode ocorrer severa desfolha da planta.
Ácaro-branco	*Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Acari: Tarsonemidae)	Ocorre em qualquer estádio de desenvolvimento do tomateiro. Infesta a face inferior das folhas mais novas e não tece teias. As folhas atacadas apresentam bordos enrolados para baixo e a face inferior com aspecto vítreo.

12.4.1 Avaliação do agroecossistema

O MIP estabelece o uso de medidas (táticas) de controle, com base em informações obtidas no agroecossistema. Consiste no conhecimento das principais características do sistema de produção adotado na propriedade e na avaliação da infestação das pragas-chave e secundárias, de suas injúrias e da ocorrência ou atividade dos inimigos naturais dessas pragas na cultura do tomateiro para processamento industrial. Nesta etapa são monitoradas as populações de pragas, de seus inimigos naturais, o estádio fenológico do tomateiro rasteiro e os fatores (clima, práticas culturais, etc.) que influenciam no ataque desses organismos, na ocorrência das populações de inimigos naturais e na suscetibilidade das plantas às infestações.

O ciclo da cultura do tomateiro para processamento industrial é completado, em média, em 100 a 125 dias, dependendo da cultivar e das condições climáticas. A maior probabilidade de ocorrência de cada praga, conforme a fenologia da planta, pode ser observada na Figura 9 e deve ser levada em consideração quando for realizado o monitoramento a campo.

As vistorias nas áreas de produção devem ser realizadas, pelo menos uma vez por semana, de modo a verificar quaisquer ocorrências de pragas, a detecção dos focos de infestação e se há necessidade ou não de adotar medidas de controle. Para a cultura do tomateiro de mesa, vários sistemas de amostragem e monitoramento de pragas já foram desenvolvidos e propostos. No entanto, na cultura do tomateiro para processamento industrial, os sistemas de amostragem ainda não foram devidamente validados no campo. Vale ressaltar que nem todas as informações geradas sobre monitoramento de pragas na cultura do tomateiro de mesa podem ser prontamente extrapoladas ao tomateiro para processamento industrial, em razão do hábito de crescimento (rasteiro/determinado) e arquitetura das cultivares desenvolvidas para esta finalidade, de características próprias do seu sistema de produção (emaranhado de plantas após 60 dias do transplantio) e das extensas áreas em que é cultivado. Assim, nesta publicação é proposto um plano básico de monitoramento de pragas elaborado a partir de informações geradas pelo Programa de Produção Integrada de Tomate Indústria (PITI) para o Estado de Goiás.



Arte: Miguel Michereff Filho

Figura 9 - Fenologia do tomateiro para processamento industrial e ocorrência de pragas. Adaptado de Zucchi et al. (1993).

Para que a amostragem possa ser efetuada com eficiência é imprescindível o conhecimento das pragas e das injúrias causadas por elas, as quais foram descritas previamente neste capítulo. É importante a adoção de mão de obra especializada (chamado "pragueiro") para esta atividade, cujo custo pode ser facilmente justificado pelos benefícios e retorno financeiro a serem alcançados.

Quando a área cultivada for grande (>100 ha) recomenda-se dividi-la em talhões menores, conforme a cultivar, a idade das plantas e a topografia do terreno. Para a inspeção das plantas e suas estruturas (folhas, ramos e frutos), deve-se percorrer toda a lavoura em zigue-zague e examinar, no mínimo, dez pontos de amostragem por talhão. No caso de monitoramento com armadilhas, estas devem ser instaladas tanto dentro dos viveiros, como no campo, antes do transplantio das mudas. Estas armadilhas devem ser distribuídas ao longo da bordadura e no interior da lavoura, preferencialmente entre as fileiras de tomateiro, de modo que os dados obtidos sejam representativos de toda a área cultivada. O monitoramento de cada praga deve ser realizado conforme descrito a seguir.

a – Mosca-branca

• Monitoramento de adultos com armadilhas amarelas adesivas - podem ser usadas cartolinas, lonas, plásticos ou etiquetas, de coloração amarela, untadas com óleo (vegetal ou mineral) ou cola entomológica. Armadilhas adesivas para pronto uso no monitoramento da mosca-branca já estão disponíveis no mercado. As armadilhas amarelas (Figura 10) deverão ser instaladas em estacas, na altura do topo das plantas, tanto no viveiro como no campo definitivo. Estas armadilhas podem ser inspecionadas diariamente e, com isso, permitem identificar o momento exato da chegada dos primeiros adultos na lavoura e a localização dos focos de infestação. São, portanto, úteis para se indicar o momento a partir do qual o controle químico deve ser iniciado.

• Inspeção de plantas - caso o produtor não empregue armadilhas amarelas, os adultos deste inseto podem ser monitorados por vistorias, feitas pelo menos a cada três dias, mediante inspeção da face inferior de folhas localizadas na região superior das plantas, no viveiro e no campo definitivo. Após o surgimento dos primeiros adultos da mosca-branca, também se recomenda inspecionar periodicamente a face inferior de folhas localizadas na região mediana das plantas, na busca de ninfas. Isto é feito com auxílio de lupa de bolso, com aumento mínimo de oito vezes e, preferencialmente, na parte da manhã. Quando ocorrerem chuvas intensas, recomenda-se que a inspeção seja adiada por 24 horas. O monitoramento da mosca-branca deve ser intensificado nos primeiros 50 dias após o transplantio.

b – Tripes

• Monitoramento de adultos com armadilhas adesivas - mesmo modelo e procedimentos utilizados para a captura da mosca-branca, porém, com material de coloração azul (Figura 11).

• Batedura de ponteiros - método adotado na ausência de armadilhas para monitoramento. Consiste em agitar, vigorosamente, as folhas da região superior das plantas presentes em cada ponto de amostragem (trecho de 1m de cada fileira de cultivo), sobre uma placa ou vasilha plástica de coloração branca e avaliar a quantidade de insetos presentes na superfície. As vistorias são realizadas nos primeiros 60 dias após o transplantio.

c – Pulgões

• Monitoramento de adultos com armadilhas amarelas adesivas - os procedimentos são os mesmos utilizados para a captura da mosca-branca. Alternativamente, pode-se utilizar armadilha do tipo Moericke (bandeja pintada de amarelo, contendo água e algumas gotas de detergente). Neste caso as armadilhas são colocadas no solo e dispostas entre as linhas de cultivo.

• Batedura de ponteiros - método adotado quando armadilhas não forem usadas para monitoramento, seguindo-se a mesma operação recomendada para tripes.



Figura 10 - Armadilha adesiva amarela para monitoramento da mosca-branca.



Figura 11 - Armadilha adesiva azul para monitoramento de tripes.

Fotos: Miguel Michereff Filho

d – Traça-do-tomateiro

• Monitoramento de machos em armadilhas iscadas com feromônio sexual sintético - o feromônio sexual sintético de *T. absoluta*, registrado e comercializado no Brasil, é constituído pelos compostos acetato de (*E*,*Z*,*Z*)-3,8,11-tetradecatrienila e acetato de (*E*,*Z*)-3,8-tetradecadienila, os quais são impregnados em evaporador (septo de borracha) que serve como isca após sua fixação no interior da armadilha.

Existem vários modelos comerciais de armadilhas, sendo o mais utilizado o tipo Delta (Figura 12). No entanto, modelos artesanais podem ser construídos pelo produtor, a exemplo da armadilha redonda, feita com pratos plásticos e arames (Figura 12). As armadilhas deverão ser instaladas em estacas, na altura do topo das plantas, tanto no viveiro como no campo definitivo, antes do transplantio. Na lavoura, estas armadilhas devem ser distribuídas com distância mínima entre si de 30m, ao longo da bordadura e no interior da lavoura, podendo-se utilizar até uma armadilha para cada oito hectares. Estas armadilhas devem ser inspecionadas, pelo menos, duas vezes por semana. Deste modo, indicam o momento da chegada das primeiras mariposas na lavoura e a localização dos focos de infestação, sendo uma ferramenta valiosa para se determinar o momento das aplicações de inseticidas químicos e biológicos (*Bacillus thuringiensis*), bem como a liberação de inimigos naturais (*Trichogramma* spp.), para o controle da praga.

Fotos: Miguel Michereff Filho

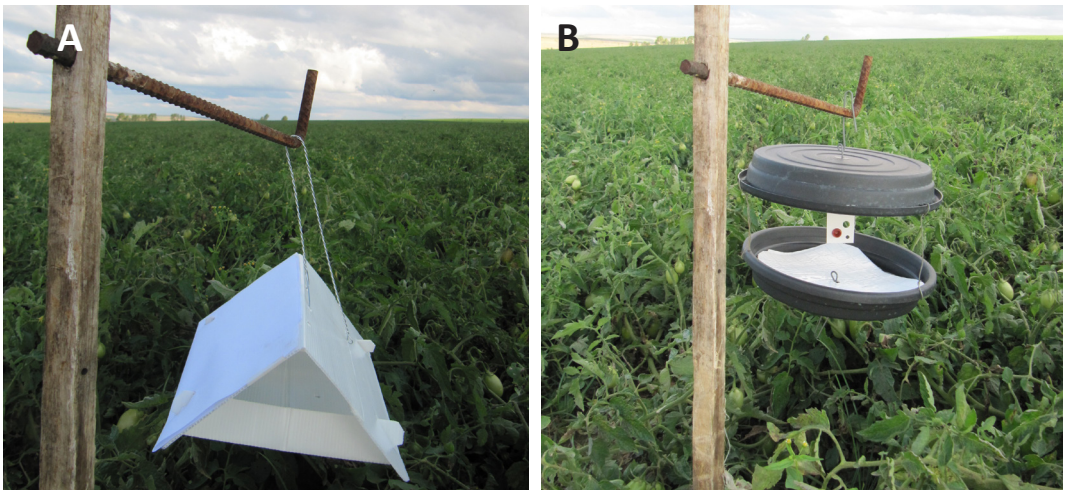


Figura 12 - Modelos de armadilhas com feromônio sexual sintético para monitoramento da traça-do-tomateiro; (A) Delta (comercial); (B) Redonda (artesanal).

• Inspeção de plantas - caso não se empregue armadilhas iscadas com feromônio ou em complemento a elas, as amostragens semanais da parte superior das plantas, para verificar a presença de ovos e folhas minadas com lagartas vivas, também podem indicar o momento de se iniciar as pulverizações no cultivo. Estas inspeções devem ser realizadas durante todo o ciclo do tomateiro e intensificadas durante a estação seca e quente do ano.

e – Broca-pequena-do-fruto

• Monitoramento de machos em armadilhas iscadas com feromônio sexual sintético - o feromônio sexual sintético de *N. elegantalis* comercializado no país é constituído pelo composto (Z,Z,Z)-3,6,9-tricosatrieno. A armadilha recomendada é o modelo Delta (Figura 12) e os procedimentos de operação dessas armadilhas são semelhantes aos adotados para a traça-do-tomateiro, exceto o momento (início do florescimento) e a altura de instalação (1 m do solo) das mesmas. Existem evidências de que a formulação do feromônio sexual sintético atualmente comercializado mostra baixa atratividade sobre algumas populações de *N. elegantalis* na região Sul.

• Inspeção de plantas - consiste na avaliação semanal de pencas com frutos em fase inicial de desenvolvimento (2 cm de diâmetro), sendo consideradas infestadas aquelas que apresentarem, pelo menos, um fruto com ovos ou com sinais de entrada de lagartas de *N. elegantalis*. Recomenda-se que o monitoramento comece no início do florescimento e seja intensificado durante a estação chuvosa e quente do ano.

f – Broca-grande-do-fruto

• Inspeção de plantas - amostragens semanais da parte superior das plantas para se verificar a presença de ovos nas folhas do tomateiro e de frutos broqueados pela praga. Recomenda-se que o monitoramento comece no início do florescimento e seja intensificado durante veranicos e na estação seca e quente do ano.

g – Vaquinhas

• Inspeção de plantas - amostragens semanais da parte superior das plantas, principalmente na bordadura da lavoura, para se detectar a presença de insetos adultos e avaliar o nível de desfolha; este monitoramento concentra-se nos primeiros 30 dias após o transplantio.

h – Lagarta-militar

• Inspeção de plantas - amostragens semanais de toda a planta para se verificar a presença de posturas na face inferior das folhas e/ou de desfolha e de frutos broqueados pela praga em pencas mais próximas ao solo. Na região Centro-Oeste, o monitoramento deve ser intensificado na transição entre a estação chuvosa e seca do ano (abril-maio) e vice-versa (outubro-novembro), neste caso coincidindo com as primeiras chuvas.

• Monitoramento de machos de *S. frugiperda* (lagarta-do-cartucho-do-milho) em armadilhas iscadas com feromônio sexual sintético, quando esta espécie for predominante na região.

i – Lagarta-rosca

• Inspeção de plantas - vistorias realizadas nos primeiros 10 dias após o transplantio, adotando como ponto de amostragem um trecho de 1m de cada fileira de cultivo, no qual será verificada a existência de plantas mortas.

Os dados provenientes das inspeções deverão ser anotados em planilha ou ficha de campo, para posterior consulta e tomada de decisão sobre a adoção ou não de medidas de controle.

12.4.2 Tomada de decisão

Vários índices de tomada de decisão para controle (nível de dano econômico – NDE e nível de controle – NC) têm sido propostos para diversas pragas na cultura do tomateiro de mesa. Entretanto, ainda não existem resultados de pesquisa que definam tais índices para a maioria das pragas no caso do tomateiro para processamento industrial.

Um consenso em ambos os sistemas é o nível de controle para os insetos sugadores, vetores de fitoviroses, que consiste na constatação de um adulto por planta ou armadilha. Isto é justificado em razão da falta de opções para controle efetivo das doenças após seu surgimento na lavoura e do grande impacto negativo que tais viroses podem ocasionar à produção do tomateiro, mesmo que ocorram em baixa incidência.

Para as demais pragas, os dados obtidos no monitoramento podem auxiliar na tomada de decisão, desde que sejam analisados todos os aspectos econômicos da cultura do tomateiro para processamento, as perdas potenciais ocasionadas pelas pragas detectadas no cultivo e a relação custo/benefício dos métodos de controle disponíveis. Por exemplo, no monitoramento da traça-do-tomateiro mediante uso de armadilhas iscadas com feromônio sexual sintético, alguns produtores e técnicos do Estado de Goiás têm adotado como parâmetro para o início das aplicações de inseticidas a captura, em média, de 10 a 20 machos/armadilha. Embora esta faixa de captura tenha sido estabelecida empiricamente (sem validação científica) para o tomateiro industrial, tal procedimento

representa um avanço em relação ao sistema de aplicações preventivas por calendário, o qual não leva em consideração a prévia constatação da praga na lavoura. Adicionalmente, o conhecimento mais detalhado da flutuação populacional da traça-do-tomateiro, mediante uso de armadilhas com feromônio em vários anos sucessivos, pode ser útil para se identificarem os padrões de infestação da praga na região e, com isso, aprimorar seu manejo.

12.4.3 Seleção dos métodos (táticas) de controle

Quando for necessário adotar alguma medida de controle, deve-se optar por um plano que envolva dois ou mais métodos de controle. Diversas táticas ou métodos de controle podem e devem ser usados para auxiliar a implementação do manejo integrado de pragas (Figura 13), dentre eles: o manejo do ambiente de cultivo, o controle legislativo, a resistência de plantas, o controle biológico, a manipulação genética de pragas, o controle químico e o controle alternativo.

a – Manejo do ambiente de cultivo

Consiste na aplicação do conhecimento agronômico disponível, a fim de prever possíveis prejuízos e tentar evitá-los com um programa de ações preventivas de boas práticas agrícolas. Envolve os métodos (táticas) de controle cultural, físico e mecânico, utilizados para reduzir as populações das pragas e seus danos. São medidas profiláticas que devem ser consideradas como a primeira linha de defesa contra as pragas. Sua adoção não reflete aumento nos custos de produção, tem efeito prolongado, não causa contaminação ambiental e é compatível com outras táticas de controle.

Arte: Miguel Michereff Filho

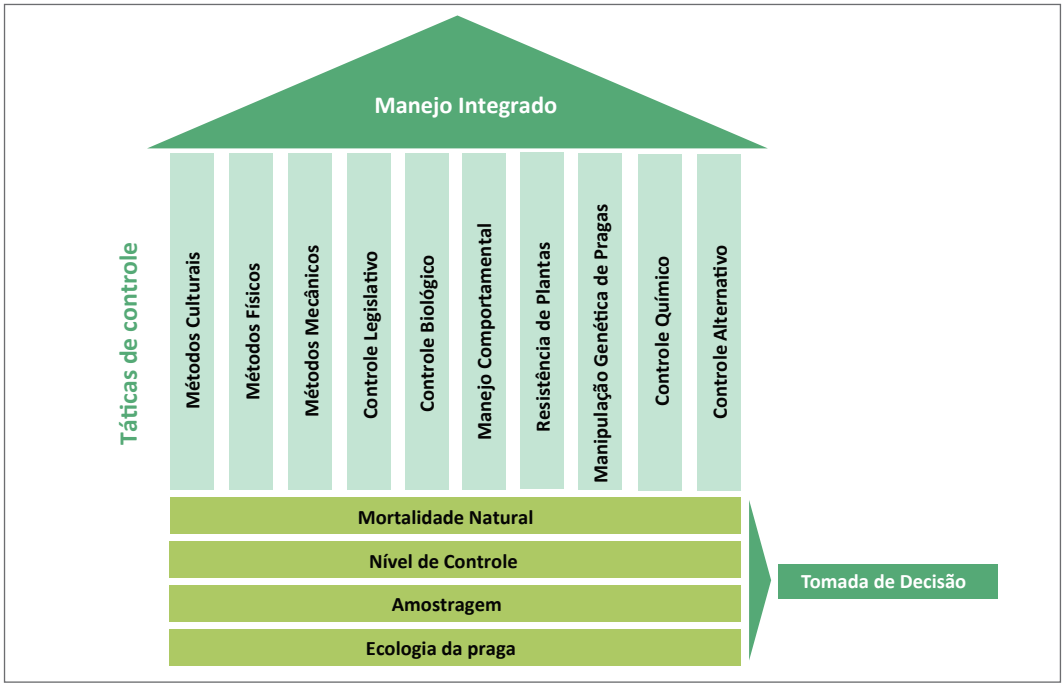


Figura 13 - Bases e estrutura do manejo integrado de pragas (MIP). Adaptado de Gonzalez (1971).

O ambiente de cultivo pode ser manipulado para se tornar desfavorável às pragas. Isso pode ser alcançado mediante adoção de práticas que reduzam as chances de localização e colonização da planta hospedeira, promovam a dispersão dos indivíduos e afetem a reprodução e a sobrevivência dos insetos e ácaros-praga na área cultivada. Recomenda-se a adoção planejada e preventiva das seguintes medidas:

- Uso de sementes sadias;

- Produção de mudas em viveiros com pedilúvio (caixa com cal virgem), antecâmara e cobertos com telas (com malha máxima de 0,239 mm) à prova de insetos sugadores (Instrução Normativa da Agência Goiana de Defesa Agropecuária – Agrodefesa nº 05, 13/11/2007 - GO);

- Instalação do viveiro em local distante dos plantios comerciais de tomate ou de plantios abandonados, independente da presença ou da ausência de Begomovírus e mosca-branca, e sempre longe do local definitivo de plantio;

- Uso de cultivares de ciclo curto e adequação da época de plantio para a região, visando o escape de picos populacionais das pragas;

- Seleção de mudas sadias e vigorosas para o plantio e que tenham o certificado de sanidade (IN 06/2011, 14/06/2011 - GO);

- As mudas devem ser transplantadas com, no mínimo, 21 dias de idade e previamente protegidas na sementeira por meio da aplicação de inseticidas;

- Sobras de mudas não devem retornar aos viveiros;

- Isolamento dos talhões por data e área, evitando-se o escalonamento de plantio. Para reduzir os riscos de perdas na produção pela incidência de geminivirose, os produtores de uma região devem procurar concentrar o plantio, sendo que em Goiás o escalonamento de plantio de tomate, tutorado ou rasteiro, não deve ultrapassar 60 dias para cada microrregião (IN 06/2011, 14/06/2011 - GO);

- Preparo antecipado do solo para plantio;

- Plantio dos talhões novos sempre no sentido contrário ao vento dominante, para desfavorecer o deslocamento das pragas dos talhões velhos para os novos;

- Implantação de barreiras vivas permanentes ou quebra-ventos (capim elefante ou cana-de-açúcar) ao redor da lavoura, de tal forma que tenham pelo menos 1 m de altura no momento do plantio do tomateiro, no intuito de retardar as infestações das pragas, bem como reduzir a incidência de viroses;

- Não fazer plantios próximos a culturas como soja, feijoeiro e algodoeiro, que são excelentes hospedeiras de insetos sugadores e onde o controle dessas pragas não é realizado de forma sistemática durante todo o ciclo da cultura;

- Manejo da nutrição (adubação química e orgânica) conforme análise de solo ou foliar e com base nos requerimentos da cultura, evitando-se a deficiência e/ou excesso de nutrientes (principalmente N) nas plantas. Geralmente, o excesso de nitrogênio via adubação proporciona maior conteúdo de aminoácidos livres e açúcares na planta, bem como a existência de tecidos mais tenros. Tais aminoácidos e açúcares aceleram o desenvolvimento dos insetos e aumentam sua taxa reprodutiva, ocasionando surtos populacionais. Os tecidos mais tenros são facilmente atacados e digeridos pelas pragas, resultando em maiores infestações e perdas na produção. Esse problema pode ser minimizado por meio de adubações mais equilibradas;

- Manejo adequado da irrigação, para evitar o estresse hídrico e favorecer o estabelecimento rápido das plantas;

- Cobertura do solo com superfície refletora de raios ultravioletas (casca de arroz ou palha), para dificultar a colonização dos pulgões e da mosca-branca;

- Uso de irrigação por pivô central ou por aspersão convencional para controle mecânico de pulgões, tripes, lagartas pequenas e mosca-branca, presentes nas folhas da região superior das plantas;

- Eliminação de plantas de tomateiro com viroses o mais rápido possível, para reduzir o progresso das doenças dentro da lavoura;

- Eliminação de ervas daninhas e plantas silvestres, que sejam hospedeiras de pragas e fontes de inóculo de viroses do tomateiro, nas proximidades da área antes da implantação da cultura e daquelas presentes no interior e nas bordaduras do cultivo de tomate;

- Sucessão e rotação de culturas com plantas não hospedeiras de pragas do tomateiro, evitando-se plantios sucessivos de tomateiro e outras solanáceas (batata, berinjela, pimentão e jiló), bem como de cucurbitáceas (abóboras, morangas, melão e melancia), alho e cebola na mesma área de cultivo;

- Evitar a entrada de pessoas, veículos e caixas sujas nas áreas de cultivo;

- Adoção de vazio sanitário, de modo que a área de cultivo e todas as outras áreas que lhe são próximas fiquem, simultaneamente, livres da cultura e de plantas hospedeiras de pragas e de viroses do tomateiro por, pelo menos, 60 dias. Isto contribui para a quebra do ciclo biológico das pragas e para a redução da incidência das viroses;

- Destruição e incorporação dos restos culturais e de cultivos abandonados ou com ciclo interrompido. Com essa medida se elimina a população remanescente de pragas na área e ainda se reduz o deslocamento destes organismos da lavoura mais velha para a mais nova. A IN 06 torna obrigatória a eliminação de restos culturais (restos de colheita e frutos podres) até 10 dias após a colheita de cada talhão;

- Eliminação de plantas voluntárias de tomateiro (tigueras) oriundas de cultivos anteriores, antes do novo plantio no mesmo local.

b – Controle legislativo

Consiste em medidas de controle, preventivas ou não, porém, sempre embasadas em dispositivos legais (decretos, instruções normativas, portarias e resoluções). Procura normatizar datas de plantio, impedir o escalonamento inadequado de plantios, propiciar a eliminação de restos culturais e períodos livres de cultivo, bem como implementar medidas de mitigação de risco de pragas quarentenárias.

Um dos primeiros casos de controle legislativo aplicado ao tomate industrial foi a publicação da Portaria nº 53, de 27 de fevereiro de 1992, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), dirigida aos perímetros irrigados do Submédio do Vale do São Francisco e áreas irrigadas de municípios adjacentes nos Estados de Pernambuco e da Bahia, visando o controle da traça-do-tomateiro. Nesta Portaria ficou estabelecido o calendário de plantio e a época de colheita do tomateiro para processamento industrial, além da destruição de restos culturais para a redução da infestação de *T. absoluta*.

Recentemente, diante do grande prejuízo causado pela mosca-branca em associação à transmissão de Begomovírus ao tomateiro, o MAPA instituiu, através da Secretaria de Defesa Agropecuária, a Instrução Normativa SDA IN nº 24, de 15/04/03. Essa Instrução regulamenta o cultivo de tomate para processamento industrial em todo o Brasil, mediante calendário de plantio anual, também conhecido como vazio sanitário do tomateiro. Esta Instrução Normativa prevê um período mínimo de 60 a 120 dias consecutivos, livres de cultivo de tomate, conforme as peculiaridades de cada microrregião, bem como exige a adoção uma série de medidas fitossanitárias para controle do inseto vetor e da virose.

Em Goiás, estas recomendações foram estendidas ao tomateiro de mesa (tutorado e rasteiro) a partir de junho de 2011, por uma legislação estadual complementar, a IN 06. Nela há exigência de uso de manejo integrado de pragas, cuidados para a produção de mudas, destruição de restos culturais e calendário de plantio que vai de 1º de fevereiro a 30 de junho de cada ano. Com essas medidas foi possível implementar o período de três meses (novembro a janeiro) sem o cultivo de tomateiro (vazio sanitário) em áreas destinadas para o tomate industrial. Esta Instrução Normativa foi parcialmente considerada no tópico relativo ao manejo do ambiente de cultivo.

c – Controle biológico

Inimigos naturais são organismos que, para completarem seu desenvolvimento, se alimentam das pragas. Os inimigos naturais mais conhecidos são os predadores, como as joaninhas, as vespas e os bichos lixeiros, que se alimentam de inúmeros indivíduos de uma ou de várias espécies de praga. Os parasitoides pertencem a outra categoria de inimigos naturais e, em sua maioria, são vespas diminutas que se desenvolvem no interior ou sobre o corpo da praga. Além destes agentes existem microrganismos como fungos, bactérias e vírus, que ocasionam doenças e matam as pragas quando estas alcançam grandes populações no cultivo. Na Tabela 2 estão listados os principais inimigos naturais das pragas do tomateiro.

O uso dos inimigos naturais é conhecido como controle biológico e se baseia na regulação natural das populações de insetos e ácaros que se alimentam de plantas. Dentre as diversas táticas que podem ser utilizadas no manejo integrado de pragas do tomateiro industrial, o controle biológico pode ser uma importante ferramenta, pois se baseia no uso dos inimigos naturais para manter as populações das pragas em níveis toleráveis, de maneira sustentável.

O controle biológico pode ser dividido em natural (conservativo), e aplicado e (inoculativo e inundativo). O controle biológico natural baseia-se no uso de táticas conservacionistas de controle para conservar e/ou aumentar as populações de inimigos naturais nativos, já presentes no agroecossistema, para que possam manter as pragas abaixo do nível de dano econômico. Já o controle biológico aplicado baseia-se na multiplicação de inimigos naturais em biofábricas, para liberações inoculativas ou inundativas no campo no momento em que a praga começar a colonizar a lavoura ou quando esta atingir o nível de controle. Assim, o produtor pode tirar proveito do controle biológico natural preservando e maximizando a ação dos inimigos naturais já existentes no agroecossistema (controle biológico conservativo), por meio de táticas

como: **(1)** manutenção do solo recoberto por vegetação ou cobertura morta, por exemplo, ao se adotar o plantio direto de tomateiro sobre palhada de milho ou milheto; **(2)** uso de barreiras vivas nas bordaduras do cultivo; **(3)** preservação das matas nativas próximas à cultura, as quais atuam como ilhas de reposição de inimigos naturais; **(4)** uso de inseticidas e acaricidas biológicos contendo microrganismos patogênicos às pragas; **(5)** uso de inseticidas e acaricidas químicos seletivos em favor dos inimigos naturais; e **(6)** aplicação seletiva de inseticidas e acaricidas químicos (pulverização apenas nos focos de infestação; produtos de ação sistêmica, aplicados na etapa de viveiro).

Devido às características da cultura do tomateiro para processamento industrial, que geralmente ocorre em extensas áreas e sob manejo intensivo, o controle biológico aplicado inundativo é a forma mais viável. Neste sentido, deve-se ressaltar o caso de sucesso do programa de controle biológico da traça-do-tomateiro com o parasitoide de ovos *Trichogramma pretiosum*, em cultivos de tomateiro industrial na região semi-árida de Petrolina/Juazeiro, na década de 1990. Este projeto foi uma iniciativa da Embrapa Semi-Árido (CPATSA), pela qual se importou o parasitoide *T. pretiosum* da Colômbia e, em seguida, se adaptou a tecnologia de criação à realidade da região. Os parasitoides foram criados em hospedeiro alternativo, a traça *Sitotroga cerealella*, e liberados em áreas de até 1.450 ha, propiciando, em média, 30% de parasitismo. No período entre 1990 e 1996, o parasitismo médio nas áreas tratadas com *T. pretiosum* variou entre 19% e 47%, enquanto a porcentagem de frutos danificados pela traça-do-tomateiro foi de 36% e 4%, respectivamente. Os resultados obtidos neste projeto tiveram ampla repercussão entre os produtores locais e nacionais, sendo considerado como um caso de sucesso do controle biológico aplicado em nível mundial.

No entanto, a partir de 1996, a chegada da mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (vetor altamente eficiente de begomovírus) na região do Submédio São Francisco, causou impacto altamente negativo no sistema produtivo. A presença da mosca-branca levou ao uso maciço de inseticidas químicos de amplo espectro de ação, os quais inviabilizaram a continuidade das liberações do parasitoide e o programa foi encerrado.

Atualmente, com o desenvolvimento de novos produtos para o manejo da mosca-branca, com o avanço na tecnologia de criação de insetos e o surgimento de empresas especializadas na criação e comercialização de inimigos naturais, fomenta-se novamente o interesse no controle biológico em cultivos de tomateiro para processamento industrial. No entanto, pouco ainda se sabe a respeito da diversidade de inimigos naturais neste agroecossistema, onde vários grupos são conhecidos apenas em nível de família e pouco se sabe a respeito de sua importância como regulador natural das principais pragas do tomateiro (Tabela 2). Sendo assim, ressalta-se a necessidade de novos estudos, com ênfase na diversidade e demais estudos básicos a respeito destes agentes de controle, a fim de otimizar seu uso em programas futuros de controle biológico.

Tabela 2
Pragas do tomateiro e seus inimigos naturais.

Praga	Inimigo natural	Ordem: Família	Nome científico
Traça-do-tomateiro ***Tuta absoluta***	Parasitoide	Hymenoptera: Bethylidae Hymenoptera: Braconidae Hymenoptera: Chalcididae Hymenoptera: Eulophidae Hymenoptera: Ichneumonidae Hymenoptera: Mymaridae Hymenoptera: Trichogrammatidae	*Trichogramma pretiosum*
	Predador	Hymenoptera: Vespidae Hymenoptera: Formicidae Neuroptera: Chrysopidae Hemiptera: Reduviidae Hemiptera: Pentatomidae Hemiptera: Nabidae	*Brachygastra* sp.; *Polybia* sp. *Solenopsis* sp. *Chrysoperla externa* *Nabis* sp.
	Entomopatógeno	Bacillales: Bacillaceae	*Bacillus thuringiensis*
Mosca-branca ***Bemisia tabaci***	Parasitoide	Hymenoptera: Aphelinidae Hymenoptera: Aphelinidae Hymenoptera: Platygasteridae	*Encarsia* sp. *Eretmocerus* sp. *Amitus* sp.
	Predador	Hemiptera Neuroptera Coleoptera Diptera	
	Entomopatógeno	Cordycipitaceae Clavicipitaceae Cordycipitaceae Cordycipitaceae	*Lecanicillium* spp. *Aschersonia aleyrodis* *Isaria* (=*Paecilomyces*) *fumosoroseus* *Beauveria bassiana*
Mosca-minadora ***Liriomyza*** **spp.**	Parasitoide	Hymenoptera: Eulophidae Hymenoptera: Eulophidae Hymenoptera: Pteromalidae	*Diglyphus* sp. *Chrysocharis* sp. *Halticoptera* sp.
	Predador	Hymenoptera: Formicidae	*Solenopsis* sp.
Broca-grande-do-fruto ***Helicoverpa zea***	Parasitoide Entomopatógeno	Hymenoptera: Trichogrammatidae Bacillales: Bacillaceae	*T. pretiosum* *B. thuringiensis*

A bactéria entomopatogênica *Bacillus thuringiensis* Berliner (subespécies *kurstaki* e *aizawai*) é o agente de controle biológico mais utilizado, atualmente, nos cultivos de tomateiro, cujos produtos comerciais são registrados para o controle de lagartas (Tabela 3). Estes inseticidas biológicos devem ser utilizados, principalmente, no momento em que as lagartas são pequenas. As pulverizações devem ser dirigidas às folhas, flores e frutos novos e realizadas sempre com vento fraco e no final da tarde, quando as temperaturas estão mais amenas e o sol fraco.

d – Controle comportamental

Na cultura do tomateiro, as táticas comportamentais se baseiam no uso de feromônio sexual sintético, com destaque para a traça-do-tomateiro. Além do monitoramento das populações de *T. absoluta* com armadilhas de feromônio, visando auxiliar ou otimizar as táticas de controle químico e biológico, pesquisas já foram realizadas para o controle desta praga mediante emprego das técnicas da confusão sexual, coleta massal e "atrai-e-mata", ou aniquilação de machos, em tomateiro para mesa.

Considerando-se as características da cultura do tomateiro para processamento industrial, a técnica do "atrai-e-mata" é a medida de controle comportamental com maior potencial de desenvolvimento e emprego contra a traça-do-tomateiro. A técnica consiste, essencialmente, de dois componentes: um dispositivo com feromônio sexual sintético (atraente) impregnado ou formulado juntamente com um inseticida (aniquilador de machos). Esta tecnologia permite o controle da praga sem a necessidade de aplicação de inseticidas em cobertura total das plantas, o que contribui para a redução dos resíduos tóxicos nos frutos do tomateiro, bem como para a preservação dos polinizadores e inimigos naturais no agroecossistema. Neste contexto, o produto poderia ser comercializado em gel para aplicação em painéis ou estacas, ou em formulação líquida compatível com as mesmas tecnologias de aplicação dos agrotóxicos convencionais, a exemplo do que é utilizado para a lagarta-rosada-do-algodoeiro.

e – Resistência de plantas

Existem boas fontes de resistência a pragas e viroses em acessos selvagens de *Solanum chilense*, *S. habrochaites* f. *typicum, S. habrochaites* f. *glabratum*, *S. pennellii* e *S. pimpinellifolium*. Entretanto, no Brasil, os fatores de resistência conferidos por estas fontes à traça-do-tomateiro e à mosca-branca ainda não foram incorporados às cultivares comerciais.

f – Controle químico

O uso de inseticidas e acaricidas químicos tem sido a principal tática de controle das pragas do tomateiro para processamento industrial. Entretanto, o uso indiscriminado de agrotóxicos tem elevado, substancialmente, o custo de produção do tomateiro. Essa prática pode acarretar sérios problemas, como surgimento de populações de pragas resistentes aos produtos utilizados, ressurgimento da praga, erupção de pragas secundárias, eliminação de organismos benéficos (polinizadores, inimigos naturais e microbiota decompositora). Além disso, pode resultar na poluição do meio ambiente, intoxicação dos usuários e presença de resíduos tóxicos nos frutos em níveis acima do tolerável. Tais fatores colocam em risco a saúde dos consumidores e a comercialização de *commodities*.

Nesse sentido, o controle eficaz dos insetos sugadores vetores de fitoviroses representa o principal desafio para o manejo integrado de pragas do tomateiro industrial, tendo em vista que, nas áreas com histórico de alta incidência de viroses, torna-se necessário o emprego de inseticidas de forma preventiva. Contudo, a concepção que a simples aplicação de agrotóxicos para eliminar o inseto vetor (mosca-branca, tripes e pulgões) é suficiente para controle das viroses é equivocada, sendo muito comum observar cultivos de tomateiro com intensa aplicação de inseticidas para controle de vetores e alta incidência de viroses transmitidas por eles.

O manejo dos insetos sugadores vetores de fitoviroses deve preconizar várias táticas de controle (manejo do ambiente de cultivo e controle químico) adotadas simultaneamente, sendo todas igualmente importantes. Especial atenção deve ser dada na fase de produção de mudas e logo após o estabelecimento das plantas no campo, para evitar a infecção precoce das fitoviroses. A produção de mudas deve ser feita em locais protegidos contra

insetos sugadores, juntamente com a aplicação de inseticidas de ação sistêmica, aplicados em pulverização, imersão de sementeiras ou na forma de esguicho (“drench”). Para as demais pragas do tomateiro industrial, o controle químico somente deve ser utilizado quando se detectar infestações que possam acarretar perdas econômicas, adotando-se para isso o monitoramento das pragas com armadilhas e inspeção periódica das plantas. Para o controle de lagartas recomenda-se a utilização de inseticidas de contato e de ação sistêmica e, dentro do possível, os produtos devem ser aplicados de forma seletiva, ou seja, primeiramente nas bordaduras do cultivo (onde se inicia a infestação) e nos focos de infestação, geralmente em reboleiras. Na Tabela 3 constam os ingredientes ativos registrados no MAPA, para o controle de pragas na cultura do tomateiro.

Quando do uso de inseticidas e acaricidas químicos, algumas precauções, a seguir descritas, devem ser tomadas para se alcançar a eficiência de controle desejada, causando o mínimo de desequilíbrio biológico e evitando o surgimento de populações de pragas resistentes aos produtos.

- Utilizar apenas os produtos registrados no MAPA para a cultura do tomateiro;

- Selecionar o inseticida pelo modo de ação e grupo químico, tendo como referência o estádio de desenvolvimento predominante da praga-alvo que for constatado a partir do monitoramento;

- Dar preferência a produtos que sejam seletivos em favor dos inimigos naturais e polinizadores e pouco tóxicos ao homem;

- Evitar o uso de produtos de amplo espectro de ação, como inseticidas piretróides e organofosforados, no inicio do ciclo da cultura, pois causam grande distúrbio no agroecossistema pela elevada mortalidade de inimigos naturais;

- Evitar o uso indiscriminado de fungicidas, já que muitos destes produtos apresentam efeito nocivo aos fungos entomopatogênicos que controlam insetos sugadores;

- Utilizar a dosagem recomendada pelo fabricante e a quantidade de água conforme o estádio de desenvolvimento da cultura, observando, ao mesmo tempo, o período de carência do produto;

- Evitar a aplicação de mistura de inseticidas;

- Utilizar espalhante adesivo;

- Ter cuidado com fitotoxidez de inseticidas e acaricidas ao tomateiro;

- Utilizar, de forma alternada, produtos (inseticidas ou acaricidas) de diferentes grupos químicos, levando-se em consideração o modo de ação do produto, o estádio de desenvolvimento da praga e a fase fenológica da cultura, para evitar a ocorrência de resistência das pragas aos inseticidas e acaricidas. Para insetos sugadores (mosca-branca, tripes e pulgões), cada produto deve ser utilizado por um período de 21 dias (três semanas) para cobrir apenas uma geração da praga, sendo substituído por outro caso seja necessária a continuidade das pulverizações.

Considerando este mesmo critério, no caso de lagartas, o inseticida químico ou biológico pode ser empregado por um período de 28 dias (quatro semanas);

- Evitar pulverização nos períodos quentes do dia, bem como nos momentos de ventos fortes;

- As aplicações devem ser realizadas entre 6:00 e 10:00h ou partir das 16:00h, para se evitar rápida evaporação da água e a degradação dos produtos;

- Ao aplicar inseticidas não sistêmicos, certificar-se de que as folhas, flores e frutos tenham boa cobertura de aplicação, lembrando sempre que tanto insetos sugadores quanto as lagartas permanecem na região inferior da folha e em locais sombreados;

- Manter os equipamentos de aplicação em boas condições de trabalho (pressão de aspersão recomendada, bicos adequados e bem regulados), garantindo a aplicação do produto na dosagem correta;

- No manuseio dos agrotóxicos deve-se sempre utilizar o equipamento de proteção individual (EPI) e seguir todas as recomendações constantes nas bulas dos produtos e no receituário agronômico; e,

- Sempre consultar um engenheiro agrônomo para obtenção de um receituário agronômico, contendo o produto mais indicado e recomendações de uso para determinada praga e situação.

Tabela 3
Inseticidas e acaricidas registrados para o controle de pragas na cultura do tomateiro.

Grupo químico	Ingrediente ativo	Pragas controladas	Modo de ação e outras informações
Organofosforado	Acefato	*B. tabaci, T. palmi, Diabrotica* sp., *T. evansi, F. schultzei, M. persicae, M. euphorbiae, H. zea, L. huidobrensis, S. frugiperda*	Compostos pertencentes a esse grupo químico inibem a passagem de impulsos nervosos através das sinapses e incluem alguns dos inseticidas mais tóxicos utilizados no controle de pragas agrícolas. No tecido nervoso e nas junções neuromusculares, os inseticidas organofosforados se ligam à acetilcolinesterase (AChE) exatamente no sítio ativo responsável pela degradação da acetilcolina (neurotransmissor), que dessa forma se acumula, uma vez que não é degradada pela AChE. A ligação entre um inseticida organofosforado e a enzima AChE, por meio de seu grupo hidroxila serina inativa essa enzima, formando um complexo denominado AChE-organofosforado, o qual é lentamente hidrolisado e, conforme já comentado anteriormente, conduz ao acúmulo do neurotransmissor acetilcolina nas junções neurônio-neurônio e neurônio-músculo, alterando severamente a transmissão sináptica de impulsos nervosos. São denominados inibidores da AChE. Sinais de envenenamento por inseticidas organofosforados incluem inquietação, hiperexcitabilidade, tremores, convulsões, paralisia e morte do inseto. Alguns inseticidas organofosforados são sistêmicos, sendo translocados dentro das plantas. Desta forma, a planta inteira, quando tratada, pode apresentar-se protegida contra o ataque de insetos-praga, tornando a aplicação de inseticidas menos freqüente, quando comparado ao uso de inseticidas não-sistêmicos, como é o caso dos inseticidas piretróides.
	Clorpirifós	*B. tabaci, M. persicae, M. euphorbiae, N elegantalis, A. ipsilon, L. huidobrensis*	
	Dimetoato	*T. ludeni, A. lycopersici, T. urticae, M. euphorbiae, M. persicae, F. schultzei, Diabrotica* sp.	
	Fentoato	*T. absoluta*	
	Malationa	*H. zea, N. elegantalis, M. persicae, Diabrotica* sp.	
	Piridafentiona	*H. zea, L. huidobrensis, N. elegantalis*	
Carbamato	Cloridrato de cartape	*T. absoluta, N. elegantalis, L. huidobrensis*	Os inseticidas carbamatos, assim como os organofosforados, inibem a ação da enzima AChE e os sintomas de envenenamento em insetos são idênticos. A inibição envolve a ligação da molécula do inseticida carbamato ao mesmo aminoácido (serina) presente no sítio esterático da AChE, assim como ocorre nos inseticidas organofosforados. Nesse caso, a enzima AChE carbamilada é levemente hidrolisada e retorna à sua forma ativa. O complexo enzima carbamilada é menos estável que o complexo enzima fosforilada formado com inseticidas organofoforados. Os sinais de envenenamento por inseticidas carbamatos são semelhantes àqueles descritos para os inseticidas organofosforados.
	Alanicarbe	*T. absoluta*	
	Metomil	*N. elegantalis, M. persicae, F. schultzei, M. euphorbiae*	
	Carbaril	*N. elegantalis, F. schultzei, H. zea*	
	Benfuracarbe	*F. schultzei*	
	Carbofurano	*F. schultzei, M. persicae, Diabrotica* sp., *L. huidobrensis*	
	Cloridrato de formetanato	*T. palmi*	

Tabela 3
Inseticidas e acaricidas registrados para o controle de pragas na cultura do tomateiro. (cont.)

Grupo químico	Ingrediente ativo	Pragas controladas	Modo de ação e outras informações
Piretróide	Alfa-cipermetrina	*N. elegantalis*	Piretrinas são compostos naturais presentes em flores de certas espécies de *Chrysanthemum*. Essas substâncias controlam uma grande variedade de espécies de insetos e atuam de forma rápida, mesmo quando aplicadas em baixas dosagens, quando em comparação aos inseticidas organofosforados e carbamatos. Entretanto, são compostos que se degradam muito rapidamente sob a ação da luz. Os inseticidas piretróides sintéticos, por outro lado, apresentam estabilidade sob a ação da luz, notadamente aqueles compostos pertencentes à quarta geração de piretróides, conferindo proteção residual ao ataque de insetos por 10 dias ou mais. Os inseticidas piretróides agem interferindo na transmissão de impulsos nervosos ao longo do axônio nos neurônios. As moléculas dos piretróides se ligam a um sítio sobre a proteína dos canais de sódio, localizado no axônio e prolongam a abertura desses canais durante o chamado "potencial de ação". Em termos de estrutura e atividade fisiológica, os inseticidas piretróides são classificados como piretróides do tipo I ou do tipo II. Piretróides do tipo I incluem as piretrinas naturais, a aletrina e a tetrametrina, causando hiperexcitação e convulsões nos insetos. Por outro lado, piretróides classificados como do tipo II incluem os chamados piretróides de terceira e quarta gerações e causam movimentos irregulares e descoordenados nos insetos tratados. Os piretróides, especialmente aqueles do tipo I, geralmente agem muito rapidamente (dentro de 1-2 min.), causando um rápido efeito "knockdown" nos insetos tratados. Diferenças no comportamento de insetos tratados com inseticidas piretróides dos tipos I e II estão relacionadas aos efeitos fisiológicos desses compostos sobre as células nervosas. Os efeitos de inseticidas piretróides do tipo I sobre os canais de sódio podem durar menos de um segundo, enquanto que os piretróides do tipo II podem exercer seus efeitos por vários minutos. Uma desvantagem dos piretróides é que eles não são sistêmicos, não sendo absorvidos nem translocados dentro das plantas, mas são efetivos a dosagens muito baixas, quando comparados a outros inseticidas.
	Beta-ciflutrina	*T. absoluta, N. elegantalis, H. zea, Diabrotica* sp.	
	Beta-cipermetrina	*T. absoluta, N. elegantalis*	
	Bifentrina	*B. tabaci, T. absoluta, N. elegantalis*	
	Cipermetrina	*T. absoluta, N. elegantalis, F. schultzei, M. persicae, H. zea, Diabrotica* sp.	
	Deltametrina	*T. absoluta, N. elegantalis, P. operculella, A. ipsilon, Diabrotica* sp., *E. atomaria, L. sativae*	
	Esfenvalerato	*T. absoluta, N. elegantalis*	
	Fenpropatrina	*T. absoluta, N. elegantalis*	
	Gama-cialotrina	*N. elegantalis*	
	Lambda-cialotrina	*T. absoluta, N. elegantalis, H. zea*	
	Permetrina	*T. absoluta, N. elegantalis, F. schultzei, M. persicae, P. operculella*	
	Zeta-cipermetrina	*T. absoluta, N. elegantalis*	
Neonicotinóide	Acetamiprido	*B. tabaci, F. schultzei, M. persicae, T. palmi*	O alcalóide nicotina ocorre naturalmente em plantas de fumo (*Nicotiana tabacum*) e, provavelmente, evoluiu como um mecanismo de defesa para proteger plantas do ataque de insetos. A nicotina mimetiza a ação do neurotransmissor acetilcolina e se liga aos receptores nicotínicos da acetilcolina presentes nas sinapses do sistema nervoso central dos insetos. A nicotina não sofre ação da AChE e, portanto, não pode ser degradada. A ativação persistente dos receptores da acetilcolina resulta em hiperexcitação, espasmos musculares, convulsões e morte do inseto. Os inseticidas neonicotinóides, por sua vez, têm um modo de ação similar ao da nicotina. Esses compostos atuam como agonistas nos receptores pós-sinápticos nicotínicos da acetilcolina (nAChR). Nos insetos, os nAChR encontram-se ampla e predominantemente distribuídos nas regiões neuropil do sistema nervoso central.
	Clotianidina	*B. tabaci, T. tabaci*	
	Imidacloprido	*B. tabaci, T. palmi, M. persicae, M. euphorbiae*	
	Tiacloprido	*M. euphorbiae, B. tabaci, M. persicae*	
	Tiametoxam	*B. tabaci, M. persicae, M. euphorbiae, F. schultzei*	

Tabela 3
Inseticidas e acaricidas registrados para o controle de pragas na cultura do tomateiro. (cont.)

Grupo químico	Ingrediente ativo	Pragas controladas	Modo de ação e outras informações
Benzoiluréia	Clorfluazurom	*T. absoluta*	Os inseticidas denominados reguladores de crescimento de insetos (RCI) incluem os inibidores da síntese de quitina, os compostos que podem atuar como agonistas do hormônio da ecdise e os análogos do hormônio juvenil. Inibidor da síntese de quitina - na maioria dos casos sua ação está relacionada à ingestão do inseticida pelos insetos, mostrando-se muito eficaz contra larvas de besouros (coleópteros) e de borboletas e mariposas (lepidópteros). As benzoiluréias são mais eficazes quando aplicadas pouco antes da ecdise (muda). Sem quitina, a cutícula do inseto torna-se fina e frágil, fazendo com que o inseto perca sua integridade estrutural, causando-lhe a morte.
	Diflubenzurom	*T. absoluta, N. elegantalis, P. operculella, H. zea*	
	Lufenurom	*T. absoluta, N. elegantalis, A. lycopersici*	
	Novalurom	*T. absoluta, N. elegantalis*	
	Teflubenzurom	*T. absoluta, P. operculella*	
	Triflumurom	*H. zea, T. absoluta, N. elegantalis*	
Diacilhidrazina	Cromafenozida	*T. absoluta*	Agonista do hormônio da ecdise, também conhecido como ecdisônio sintético - responsável por induzir a muda nos insetos. A molécula do inseticida tebufenozida, por exemplo, age ligando-se à proteína do receptor do hormônio ecdisônio em larvas de lepidópteros e atua como um agonista de ecdisteróide, sendo capaz de induzir a ocorrência de ecdises (mudas) letais em todos os estádios larvais. Após a aplicação do agonista do hormônio da ecdise, o inseto cessa a alimentação e uma muda ocorre de forma prematura, causando a morte do inseto, devido ao extravasamento de sua hemolinfa.
	Metoxifenozida	*T. absoluta, N. elegantalis, H. zea*	
	Tebufenozida	*T. absoluta, N. elegantalis*	
Tiadiazinona	Buprofezina	*B. tabaci*	Este composto interfere no processo de muda e pode atuar como um RCI, sendo bastante utilizado no controle de moscas-brancas dos gêneros *Bemisia* e *Trialeurodes*, com pouco efeito sobre insetos não-alvo.
Éter piridiloxipropílico	Piriproxifem	*B. tabaci*	Análogo do hormônio juvenil, também conhecido como juvenóide não-terpenóide - altamente eficaz se aplicado quando as concentrações do hormônio juvenil nas fases imaturas dos insetos são baixas, o que ocorre normalmente ao final do estágio larval/ninfal. Também pode interferir na reprodução em insetos adultos, sendo principalmente usado no controle das fases imaturas de dípteros (moscas), moscas-brancas (hemípteros) e besouros. O uso deste inseticida não é capaz de eliminar a população pré-existente de adultos da praga.
Piretróide + Neonicotinóide	Beta-ciflutrina + Imidacloprido	*B. tabaci, T. palmi*	ver Piretróide e Neonicotinóide
	Lambda-cialotrina + Tiametoxam	*B. tabaci, F. schultzei, M. persicae, D. speciosa*	
Piretróide + Organofosforado	Cipermetrina + Profenofós	*B. tabaci, T. absoluta, N. elegantalis, F. schultzei, A. lycopersici*	ver Piretróide e Organofosforado
Piretróide + regulador de crescimento de insetos	Beta-ciflutrina + Triflumurom	*T. absoluta, N. elegantalis*	ver Piretróide e Benzoiluréia

Tabela 3
Inseticidas e acaricidas registrados para o controle de pragas na cultura do tomateiro. (cont.)

Grupo químico	Ingrediente ativo	Pragas controladas	Modo de ação e outras informações
Antranilamida	Clorantraniliprole	*T. absoluta, N. elegantalis, H. zea, A. ipsilon*	Inseticida que apresenta ação bioquímica altamente específica. As moléculas desse composto se ligam e ativam os receptores rianodina (RyRs), estimulando a liberação de íons cálcio armazenados no interior das células musculares dos insetos, provocando interrupção da contração muscular normal, paralisia e morte dos insetos tratados. Clorantraniliprole age principalmente por ingestão e apresenta pouca ação por contato, atuando principalmente sobre lepidópteros, bem como sobre alguns coleópteros e dípteros.
Piretróide + Antranilamida	Lambda-cialotrina + clorantraniliprole	*T. absoluta, N. elegantalis*	ver Piretróide e Antranilamida
Avermectinas	Abamectina	*T. absoluta, T. urticae, P. operculella, L. trifolii, L. huidobrensis, A. lycopersici*	Grupo de produtos naturais estruturalmente complexos, derivado do actinomiceto *Streptomyces avermitilis*, pertencentes ao grupo das lactonas macrocíclicas e apresentam propriedades sistêmicas limitadas. A avermectina B1a é o principal constituinte tanto da abamectina quanto da emamectina. As avermectinas interferem com a atividade de neurotransmissores no sistema nervoso central dos insetos, aumentando a entrada de íons cloro na membrana do axônio. A alimentação e os movimentos cessam em insetos expostos às avermectinas, podendo ocorrer paralisia geral. No entanto, a morte dos insetos pode não ocorrer até vários dias após o tratamento.
Milbemicinas	Milbemectina	*T. absoluta, L. huidobrensis*	Assim como as avermectinas, as milbemicinas pertencem ao grupo das lactonas macrocíclicas e são provenientes do actinomiceto *Streptomyces hygroscopicus*, sendo o produto comercial MilbekNock o resultado da mistura entras as milbemicinas A_3 (≅ 30%) e A_4 (≅ 70%).
Feniltiouréia	Diafentiurom	*B. tabaci, F. schultzei, M. persicae, A. lycopersici, T. urticae*	Inseticida de amplo espectro de ação, que atua por contato e ingestão. Também apresenta alguma atividade sobre ovos de insetos. Esse composto inibe a fosforilação oxidativa, via interrupção da formação de ATP (inibidor da síntese de ATP na mitocôndria, por meio da interrupção da respiração mitocondrial).
Cetoenol (derivado do ácido tetrônico)	Espiromesifeno	*B. tabaci, T. urticae*	Este inseticida possui um novo modo de ação, que interfere com o metabolismo lipídico nas espécies-alvo. Esse composto atua como inibidor da biosíntese de lipídeo e age impedindo que os insetos tratados mantenham um adequado balanço hídrico, resultando em desidratação e morte. Dependendo da temperatura ambiente a morte dos insetos ocorre entre 3 e 10 dias após o tratamento.
Piridina azometina	Pimetrozina	*B. tabaci*	O modo de ação desse ingrediente ativo em insetos ainda não foi precisamente determinado bioquimicamente, mas acredita-se que envolva efeitos sobre a neuroregulação ou sobre a interação nervo-músculo. Fisiologicamente, esse inseticida parece atuar impedindo que insetos sugadores insiram seus estiletes nos tecidos das plantas.
Diamida do ácido ftálico	Flubendiamida	*T. absoluta, N. elegantalis*	Este composto, a exemplo do clorantraniliprole (Antranilamida), apresenta modo de ação inovador, agindo sobre os receptores rianodina (RyRs), estimulando a liberação de íons cálcio armazenados no interior das células musculares dos insetos e provocando interrupção da contração muscular normal, paralisia e morte dos insetos tratados.
Álcool alifático + Carbamato (Metilcarbamato de oxima)	Metanol + Metomil	*N. elegantalis, F. schultzei, M. persicae*	Inseticida/acaricida de ação de contato e por ingestão (ver Carbamato). Quanto ao metanol, também conhecido como álcool metílico, é considerado um importante solvente. É, também, solúvel em água, o que o torna rapidamente absorvido por ingestão ou por exposição tópica.

Tabela 3
Inseticidas e acaricidas registrados para o controle de pragas na cultura do tomateiro. (cont.)

Grupo químico	Ingrediente ativo	Pragas controladas	Modo de ação e outras informações
Pirrol	Clorfenapir	*T. absoluta, A. lycopersici, T. urticae*	Esse composto possui ação por contato e por ingestão, apresentando também atividade ovicida, atuando sobre insetos e ácaros. Age como um potente desacoplador ou inibidor da fosforilação oxidativa, impedindo a formação da molécula de ATP.
Pirazol	Fenpiroximato	*T. urticae*	Inibidor do transporte de elétrons na mitocôndria, que interrompe a produção de energia e resulta em gradual inatividade, paralisia e morte dos insetos ou ácaros tratados.
Oxadiazina	Indoxacarbe	*T. absoluta, N. elegantalis, H. zea*	Inseticida bloqueador dos canais iônicos, que afeta particularmente os canais de sódio nas células nervosas, mas atuando em um sítio de ação diferente daquele inibido pelos inseticidas piretróides.
Éter difenílico	Etofenproxi	*T. absoluta, N. elegantalis, H. zea*	Inseticida de amplo espectro de ação, derivado do éter propil benzílico, com ação de contato e por ingestão, agindo como modulador dos canais de sódio, assim como os inseticidas piretróides.
Espinosinas	Espinosade	*T. absoluta*	As espinosinas, assim como as avermectinas, são consideradas produtos naturais estruturalmente complexos, derivadas do actinomiceto *Saccharopolyspora spinosa* e também exercem seus efeitos ligando-se ou alterando a função do receptor nicotínico da acetilcolina, embora os mecanismos pelos quais as espinosinas agem parecem ser diferentes daqueles apresentados pelos inseticidas neonicotinóides. Espinosade é resultado de uma mistura das espinosinas A e D, metabólitos secundários produzidos por *S. spinosa*.
Triazinamina	Ciromazina	*L. huidobrensis*	Potente inibidor da síntese de quitina, sendo particularmente ativa contra larvas de moscas (dípteros) e utilizada no controle de moscas-minadoras em plantas ornamentais e hortaliças, apresentando efeito sistêmico.
Sulfito de alquila	Propargito	*A. lycopersici, T. urticae*	Assim como o diafentiurom (Feniltiouréia) e o clorfenapir (Pirrol), o inseticida propargito atua inibindo a fosforilação oxidativa, impedindo a formação da molécula de ATP.
Difenil oxazolina	Etoxazol	*T. urticae*	Age por inibição da biosíntese de quitina, assim como os reguladores de crescimento de insetos (RCI). Esse composto apresenta-se eficaz no controle de ovos e ninfas de ácaros-praga, mas não apresenta eficiência sobre ácaros adultos (machos e fêmeas). No entanto, devido ao seu efeito esterilizante sobre fêmeas adultas, etoxazol apresenta atividade transovariana significante sobre ovos.
Inorgânico	Enxofre	*A. lycopersici, P. latus, T. evansi*	O enxofre penetra facilmente através do exoesqueleto de ácaros, exercendo seus efeitos por meio da inibição da respiração nesses organismos. Entretanto, o exato modo de ação do enxofre sobre esses artrópodes não está claro.
Tetranortriterpenóide	Azadiractina	*B. tabaci, T. absoluta, T. palmi, M. persicae*	Ingrediente ativo responsável pela maioria dos efeitos biológicos observados nos organismos expostos aos compostos do nim (*Azadirachta indica*). Além da capacidade de causar a morte de insetos e ácaros tratados, a azadiractina interfere na síntese do hormônio protoracicotrópico (PTTH), afetando os processos de crescimento e de desenvolvimento da praga. Este composto também atua como deterrente de alimentação.
Inseticida biológico	*Bacillus thuringiensis*	*T. absoluta, N. elegantalis, H. zea, T. ni*	A bactéria entomopatogênica *B. thuringiensis* (subespécies *kurstaki* e *aizawai*) é o agente de controle biológico mais utilizado contra lagartas de lepidópteros em cultivos de tomateiro. A ação deste microrganismo deve-se à produção de proteínas tóxicas (endotoxinas) durante a sua esporulação. As endotoxinas atuam como venenos específicos no sistema digestivo de certas espécies de insetos. Uma vez ingeridos, os cristais de delta-endotoxina se dissolvem no intestino médio do inseto. As toxinas que são liberadas em seguida se ligam às células do intestino médio, prejudicando severamente suas membranas e levando à destruição celular. Os insetos-alvo param de se alimentar e geralmente morrem em algumas horas.

g – Controle alternativo

Uma opção promissora para auxiliar no manejo de pragas é o uso de produtos naturais ou alternativos, como o inseticida botânico à base de óleo de nim (*Azadirachta indica* A. Juss.). A eficiência do nim como inseticida baseia-se no seu principio ativo, a azadiractina, que possui múltiplos modos de ação, atuando como regulador de crescimento, inibidor da alimentação, efeito esterilizante, bloqueio de enzimas digestivas, repelência, entre outros. Além disso, o nim possui ação sistêmica e de profundidade, permitindo seu contato com insetos em desenvolvimento no interior de folhas. No entanto, seu uso no campo ainda dependerá do avanço das pesquisas visando o desenvolvimento de produtos com maior efeito residual, visto que é um produto que se degrada muito rapidamente no ambiente, requerendo aplicações a intervalos de 4 a 5 dias.

Existem diversos produtos comerciais à base de óleo de sementes de nim para pronto uso. Para o tomateiro, pode-se utilizar o inseticida até a concentração de 0,5%, ou seja, para o preparo da calda deve-se misturar 500 mL do produto comercial em 100 L de água. Doses mais altas poderão ocasionar fitointoxicação (aborto de flores) ao tomateiro e o uso frequente de produtos à base de nim pode ter efeito nocivo sobre os inimigos naturais.

Partindo do exposto neste capítulo, é importante considerar que problemas de ordem fitossanitária associados à cultura do tomateiro para processamento industrial, como a ocorrência de insetos e ácaros-praga, podem resultar em importantes perdas econômicas e afetar significativamente essa atividade agrícola. Ações preventivas devem ser adotadas, portanto, de modo a se evitar e/ou controlar a ocorrência desses organismos nocivos na lavoura.

Nesse sentido, o desenvolvimento e a implementação de um programa eficiente de MIP mostram-se de essencial importância para o setor, pois somente assim será possível suprir a crescente demanda pela produção de tomates de elevada qualidade e livres de contaminantes e, ao mesmo tempo, respeitar o ambiente e a saúde do consumidor e do trabalhador rural. Tais ações poderão, também, melhorar a eficiência e a competitividade do segmento, tanto nacional quando internacionalmente, resultando em maiores ganhos de produtividade e econômicos e contribuindo para o desenvolvimento da tomaticultura para processamento industrial no país.

12.5 Referências

BACCI, L.; PICANÇO, M. C.; FERNANDES, F. L.; SILVA, N. R.; MARTINS, J. C. Estratégias e táticas de manejo dos principais grupos de ácaros e insetos-praga em hortaliças no Brasil. In: ZAMBOLIM, L.; LOPES, C. A.; PICANÇO, M. C.; COSTA, H. (Ed.). **Manejo integrado de doenças e pragas**: hortaliças. Viçosa, MG: UFV: DFP, 2007. p. 463-504.

BARBOSA, P. **Conservation biological control**. San Diego: Academic Press, 1998. 396 P.

BENTO, J. M. S. Controle de insetos por comportamento: feromônios. IN: GUEDES, J. C.; COSTA, I. D.; CASTIGLIONI, E. (Ed.). **Bases e técnicas do manejo de insetos**. Santa Maria: UFSM: CCR: DFS, 2000. p. 85-97

BENVENGA, S. R.; FERNANDES, O. A.; GRAVENA, S. Tomada de decisão de controle da traça-do-tomateiro através de armadilhas com feromônio sexual. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 2, p. 164-169, 2007.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Agrofit**: sistema de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 31 outubro 2012.

BYRNE, D. N.; BELLOWS JUNIOR, T. S. Whitefly biology. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 36, p. 431-457, 1991.

CABALLERO, R. Moscas blancas neotropicales (Homoptera: Aleyrodidae): hospedantes, distribucion, enemigos naturales e importancia economica. In: HILJE, L.; ARBOLEDA, O. **Las moscas blancas (Homoptera: Aleyrodidae) en America Central e el Caribe.** Turrialba: CATIE, 1992. p. 10-15. (CATIE. Informe Técnico, 205).

CARNEIRO, J. S.; HAJI, F. N. P.; SANTOS, F. A. M. **Bioecologia e controle da broca-pequena do tomateiro *Neoleucinodes elegantalis***. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 1998, 14 p. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 26).

CIVELEK, H. S.; WEINTRAUB, P. G. Effects of bensultap on larval serpentine leafminers, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae), in tomatoes. **Crop Protection**, Guildford, v. 22, p. 479-483, 2003.

CZEPAC, C.; BORGES, J. D.; TEIXEIRA, L. P.; GUIMARÃES, H. O.; CARVALHO, M. M.; OLIVEIRA, T. C.; NAKATANI, J. K.; SANTANA, H. G. Lucros perfurados: vigilância constante. Pragas. **Cultivar HF**, Pelotas, n. 58, p.3-7, out./nov. 2009. Encarte técnico.

DENT, D. **Insect pest management**. 2nd ed. Wallingford: CABI Publishing, 2000. 432 p.

DUSI, A. N. Manejo integrado de viroses em hortaliças. In: ZAMBOLIM, L.; LOPES, C. A.; PICANÇO, M. C.; COSTA, H. (Ed.). **Manejo integrado de doenças e pragas**: hortaliças. Viçosa, MG: UFV: DFP, 2007. p. 163-187.

EMBRAPA. **Cultivo de tomate para industrialização**. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Tomate/TomateIndustrial/pragas.htm>. Acesso em: 25 mar. 2011.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. rev. ampl. Viçosa, MG: UFV, 2003. 412 p.

FERNÁNDEZ-MUÑOZ, R.; SALINAS, M.; ÁLVAREZ, M.; CUARTERO, J. Inheritance of resistance to two-spotted spider mite and glandular leaf trichomes in wild tomato *Lycopersicon pimpinellifolium* (Jusl.) Mill. **Journal of the American Society for Horticulture Science**, Alexandria, v. 128, p. 188-195, 2003.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura**: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2003. 412 p.

FRANÇA, F. H.; CASTELO BRANCO, M. Ocorrência da traça-do-tomateiro (*Scrobipalpuloides absoluta*) em solanáceas silvestres no Brasil Central. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 10, p. 3-10, 1992.

FRANÇA, F. H., VILLAS BOAS, G. L.; CASTELO BRANCO, M. Ocorrência de *Bemisia argentifolii* Bellows & Perring (Homoptera: Aleyrodidae) no Distrito Federal. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil,** Jaboticabal, v. 25, p. 369-372, 1996.

FRANÇA, F. H.; VILLAS BÔAS, G. L.; CASTELO BRANCO, M.; MEDEIROS, M. A. Manejo integrado de pragas. In: SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B. (Org.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia: Embrapa Hortaliças, 2000. p. 112-127.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GUSMÃO, M. R. **Amostragem de *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) no tomateiro**. 2004. 83 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

HAJI, F. N. P. Controle biológico da traça do tomateiro com *Trichogramma* no Nordeste do Brasil. In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). ***Trichogramma* e o controle biológico aplicado**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 319-324.

HAJI, F. N.; MORAES, G. J. de; LACERDA, C. A. de; SOUZA JÚNIOR, M. M. Controle químico do ácaro do bronzeamento do tomateiro *Aculops lycopersici* (Massée, 1937). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 17, n. 2, p. 437-442, 1988.

HAJI, F. N. P.; PREZOTTI, L.; CARNEIRO, J. S.; ALENCAR, J. A. *Trichogramma pretiosum* para o controle de pragas no tomateiro industrial. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (Ed.). **Controle biológico no Brasil**: parasitóides e predadores. São Paulo: Manole, 2002. p. 477-494.

HAJI, F. N. P.; FERREIRA, R. C. F.; MOREIRA, A. N. Descrição morfológica, aspectos biológicos, danos e importância econômica. In: Haji, F. N. P.; BLEICHER, E. (Ed.). **Avanços no manejo da mosca-branca *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae)**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. p. 21-30.

HILJE, L. Possibilidades para el manejo integrado del complejo mosca branca-geminivirus em tomate, em América central. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16.; ENCONTRO NACIONAL DE FITOSSANITARISTAS, 6.,1997, Salvador. **Resumos...** Salvador: Sociedade Entomologia Brasileira: Embrapa-CNPMF, [1997?]. p. 9.

HULL, R. **Matthew´s plant virology**. 4th ed. San Diego: Academic Press, 2002. 1001 p.

INOUE-NAGATA, A. K. Pulgões: distribuidor de vírus**. Cultivar Hortaliças e Frutas**, Pelotas, v.3, n. 16, p. 26-29, out./nov. 2002.

INOUE-NAGATA, A. K.; GIORDANO, L. B.; FONSECA, M. E. N.; RIBEIRO, S. G.; ÁVILA, A. C.; ALBUQUERQUE, L. C.; BOITEUX, L. S. Occurrence of begomovirus in tomato and other plant species in Central Brazil. In: INTERNATIONAL GEMINIVIRUS SYMPOSIUM, 4.; INTERNATIONAL SSDNA COMPARATIVE VIROLOGY WORKSHOP, 2., 2004, Cape Town. **Programme & abstracts...** Cape Town: Graduate School of Business, 2004. p. 77.

INOUE-NAGATA, A. K.; ÁVILA, A. C. de; VILLAS-BÔAS, G. L. **Geminivírus em sistema de produção integrada de tomate indústria**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. 12 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 71).

KIST, B. B.; REETZ, E. R. Rei do pedaço. **Anuário Brasileiro de Hortaliças**, Santa Cruz do Sul, v. 1, p. 66-69, 2011.

LÔBO, A. P. **Interferência de componentes do feromônio sexual, da densidade de armadilhas e do estado reprodutivo de machos de *Tuta absoluta* (Meyrick, 1917) (Lepidoptera: Gelechiidae) na coleta massal**. 2005. 96 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

LOPES, M. C.; STRIPARI, P. C. A cultura do tomateiro. In: GOTO, R.; TIVELLI, S. W. **Produção de hortaliças em ambiente protegido**: condições subtropicais. São Paulo: UNESP, 1998. p. 195-223.

LOURENÇÃO, A. L.; NAGAI, H. Surtos populacionais de *Bemisia tabaci* no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 53, n. 1, p. 53-59, 1994.

MARCANO, R. Estudio de la biologia y algunos aspectos del comportamiento del perforador del fruto del tomate *Neoleucinodes elegantalis* (Lepidoptera: Pyralidae) en tomate. **Agronomia Tropical**, Maracay, v. 41, n. 5-6, p. 257-263, 1991.

MEDEIROS, M. A.; VILAS-BOAS, G. L.; VILELA, N. J.; CARRIJO, O. A. Estudo preliminar do controle biológico da traça-do-tomateiro com o parasitóide *Trichogramma pretiosum* em ambientes protegidos. **Horticultura Brasileira**, BRASÍLIA, DF, V. 27, N. 1, P. 80-85, 2009.

MICHEREFF FILHO, M.; VILELA, E. F.; ATTYGALLE, A. B.; MEINWALD, J.; SVATOS, A.; JHAM, G. N. Initial studies of mating disruption of the tomato moth, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) using synthetic sex pheromone. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 11, p. 621 - 628, 2000.

MONTEIRO, R. C.; MOUND, L. A.; ZUCCHI, R. A. Espécies de *Frankliniella* (Thysanoptera: Thripidae) de importância agrícola no Brasil. **Neotropical Entomology**, Lodrina, v. 30, n. 1, p. 65-72, 2001.

MORAES, G. J.; RAMALHO, R. S.; OLIVEIRA, C. A. V. de FREIRE, L. C. **Artrópodes associados ao tomateiro industrial em Petrolina, PE e racionalização do uso de defensivos agrícolas**. Petrolina: Embrapa-CPTSA, 1986. 29 p. (Embrapa-CPTSA. Boletim de Pesquisa, 28).

MORAES, G. J. de; FLECHTMANN, C. H. W. **Manual de acarologia:** acarologia básica e ácaros de plantas cultivadas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos, 2008. 288 p.

MORAIS, E. G. F.; PICANÇO, M. C.; SENA, M. E.; BACCI, L.; SILVA, G. A.; CAMPOS, M. R. Identificação das principais pragas de hortaliças no Brasil. In: ZAMBOLIM, L.; LOPES, C. A.; PICANÇO, M. C.; COSTA, H. (Ed.). **Manejo integrado de doenças e pragas**: hortaliças. Viçosa, MG: UFV: DFP, 2007. p. 381-422.

MONTEIRO, L. C.; MOUND, L. A.; ZUCCHI, R. A. Espécies de *Thrips* (Thysanoptera: Thripidae) no Brasil. **Neotropical Entomology**, Londrina, n. 1, p. 61-63, 2001.

MOUND, L. A. The Thysanoptera vector species of Tospoviruses. **Acta Horticulturae,** The Hague, n. 431, 298-307, 1996.

MUÑOZ, E.; SERRANO, A.; PULIDO, J. I.; DE LA CRUZ, J. Ciclo de vida, hábitos y enemigos naturales de *Neoleucinodes elegantalis* (Guenée, 1854), (Lepidoptera: Pyralidae), passador del fruto del lulo *Solanum quitoense* Lam. en el valle del Cauca. **Acta Agronomica**, Palmira, v. 41, p. 99-104, 1991.

NAGATA, T.; RESENDE, R. O.; INOUE-NAGATA, A. K.; ÁVILA, A. C. de. The fluctuation of transmission specificity and efficiency of tomato spotted wilt virus by *Frankliniella schultzei*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 32, n. 5, p. 439, set./out. 2007.

OLIVEIRA, M. R. V.; FARIA, M. R. **Mosca-branca do complexo *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera, Aleyrodidae)**: bioecologia e medidas de controle. Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2000. 111 p. (Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. Documentos, 48).

OLIVEIRA, M. R. V.; HENNEBERRY, T. J.; ANDERSON, P. History, current status, and collaborative research projects for *Bemisia tabaci*. **Crop Protection**, Guildford, v. 20, p. 709-723, 2001.

OMOTO, C. Modo de ação dos inseticidas e resistência de insetos a inseticidas. In: GUEDES, J. C.; COSTA, I. D., CASTIGLIONI, E. (Ed.). **Bases e técnicas de manejo de insetos**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2000. p. 30-49.

PARRELLA, M. P. Biology of *Liriomyza*. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 32, p. 201-224, 1987.

PEDIGO, L. P. **Entomology and pest management**. 4th ed. Prentice Hall: Upper Saddle River, 2002. 742 p.

PERRING, T. M.; COOPER, A.; RODRIGUEZ, R. J.; FARRAR, C. A.; BELLOWS JUNIOR, T. S. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. **Science**, Washington, v. 259, p. 74-77, 1993.

PICANÇO, M. C.; GIRALDO, A. S.; BACCI, L.; MORAIS, E. G. F.; SILVA, G. A.; SENA, M. E. Controle biológico das principais pragas de hortaliças no Brasil. In: ZAMBOLIM, L.; LOPES, C. A.; PICANÇO, M. C.; COSTA, H. (Ed.). **Manejo integrado de doenças e pragas**: hortaliças. Viçosa, MG: UFV: DFP, 2007. p. 505-538.

PINENTI, S. M. J.; CARVALHO, G. S. Biologia de *Frankliniella schultzei* (Trybom) (Thysanoptera: Thripidae) em tomateiro. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 27, n. 4, p. 519-524, 1998.

PRATISSOLI, D.; PARRA, J. R. P. Fertility life table of *Trichogramma pretiosum* (Hym., Trichogrammatidae) in eggs of *Tuta absoluta* (Lep., Gelechiidae) at different temperatures. **Journal Applied of Entomology**, Berlim, v. 124, n. 9-10, p. 339-342, 2000.

RESENDE, J. T. V.; MALUF, W. F.; VENTURA FARIA, M. V.; PFANN, A. Z.; NASCIMENTO, I. R. Acylsugars in tomato leaflets confer Resistance to the South American Tomato Pinworm, *Tuta absoluta* Meyr. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, p. 20-25, 2006.

SALAS, J.; ALVAREZ, C,; PARRA, A. Contribución al conocimiento de la ecologia del perforador del fruto del tomate *Neoleucinodes elegantalis* Guenée (Lepidoptera: Pyraustidae). **Agronomia Tropical**, Maracay, v. 41, n. 5-6, p. 275-283, 1991.

SANTOS, J. P.; BECKER, W. F.; WAMSER, A. F.; MUELLER, S.; ROMANO, F. Incidência de machos adultos de traça-do-tomateiro nos sistemas de produção convencional e integrada de tomates em Caçador, SC. **Agropecuária Catarinense**, Florianópolis, v. 21, n. 1, p. 66-73, 2008.

SILVA, A. L.; CARNEIRO, I. F.; COUTO, D.; SILVEIRA, C. A. Controle químico do pulgão verde (*Myzus persicae* Sulzer, 1776) e da vaquinha (*Diabrotica speciosa* Germ., 1824) na cultura do tomate rasteiro. **Anais da Escola de Agronomia e Veterinária da UFG**, Goiânia, v. 25, n. 2, 1995.

SILVA, A. C.; CARVALHO, G. A. Manejo integrado de pragas. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Tomate**: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004. p. 309-366.

SILVA, J. B. C.; QUEZADO-SOARES, A. M.; DUSI, A. N.; ÁVILA, A. C.; MOITA, A. W.; LOPES, C. A.; SILVA, C.; FRANÇA, F. H. **Aprimoramento do sistema de produção do tomateiro para o processamento industrial enfatizando alguns dos componentes do MIP**: relatório final do projeto 05.1999.020. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2002. 80 p. (Embrapa Hortaliças. Documentos, 43).

SPENCER, K. A. **Host specialization in the world Agromyzidae (Diptera)**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1990. 444 p.

VALE, F. X. R.; ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; ALVARENGA, M. A. R. Manejo integrado das doenças do tomateiro: epidemiologia e controle. In: ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Tomate**: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004. p. 213-308.

VAN DRIESCHE, R. G.; BELLOWS, T. S. **Biological control**. New York: Chapman & Hall, 1996. 539 P.

VENZON, M.; PAULA JÚNIOR, T. J.; PALLINI, A. **Controle alternativo de pragas e doenças na agricultura orgânica**. Viçosa, MG: Epamig, 2010. 232 p. v. 1.

VILLAS-BÔAS, G. L.; CASTELO BRANCO, M. Manejo integrado de pragas de hortaliças. In: SIMPÓSIO DE MANEJO INTEGRADO DE PRAGAS E NematoideS, 1., 1990, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNESP, 1990. v. 1, p. 147-150.

VILLAS BÔAS, G. L.; FRANÇA, F. H.; ÁVILA, A. C. de; BEZERRA, I. C**. Manejo integrado da mosca-branca *Bemisia argentifolii***. Brasília: Embrapa Hortaliças, 1997. 11 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 9).

VILLAS BÔAS, G. L.; MELO, P. E.; CASTELO BRANCO, M.; GIORDANO, L. B.; MELO, W.F. Desenvolvimento de um modelo de produção integrada de tomate indústria – PITI. In: ZAMBOLIM, L.; LOPES, C. A.; PICANÇO, M. C.; COSTA, H. (Ed.). **Manejo integrado de doenças e pragas**: hortaliças. Viçosa: UFV: DFP, 2007. p. 349-362.

VILLAS-BÔAS, G. L.; CASTELO BRANCO, M. **Manejo integrado da mosca-branca (Bemisia tabaci biótipo B) em sistema de produção integrada de tomate indústria (PITI).** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. 16 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 70).

VINSON, S. B. Comportamento de seleção hospedeira de parasitóides de ovos, com ênfase na família Trichogrammatidae, In: PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A. ***Trichogramma* e o controle aplicado**. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 67-119.

WEBB, S., TSAI, J.; MITCHELL, F. Bionomics of *Frankliniella bispinosa* and its transmission of tomato spotted wilt virus. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TOSPOVIRUSES AND THIPS IN FLORAL AND VEGETABLE CROPS, 4., 1998, Wageningen, NL. **Recent progress in tospovirus thrips research**: abstracts of papers and poster presentations. Wageningen: Experimental Plant Science: Production Ecology, 1998. p. 67

ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.; COSTA, H. (ED.). **Controle de doenças de plantas**: HORTALIÇAS. Viçosa, MG: UFV, 2000. 878 p. v. 2.

ZAMBOLIM, L.; PICANÇO, M. C.; SILVA, A. A.; FERREIRA, L. R.; FERREIRA, F. A.; JESUS JUNIOR, W. C. (Ed.). **Produtos fitossanitários**: fungicidas, inseticidas , acaricidas e herbicidas. Viçosa, MG: UFV: DFP, 2008. 652 p.

ZUCCHI, R. A.; SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O. **Guia de identificação de pragas agrícolas**. Piracicaba: FEALQ, 1993. 139 p.

Capítulo 13

QUALIDADE E SEGURANÇA ALIMENTAR NA CADEIA PRODUTIVA

13.1 Introdução 303
13.2 Qualidade 304
13.3 Fatores que contribuem para a perda de qualidade da matéria prima 304
13.4 Segurança na produção de tomates para processamento industrial 304
13.5 Boas Práticas Agrícolas 305
13.5.1 Condições de higiene do ambiente de produção 305
13.5.2 Insumos utilizados na produção 306
13.5.3 Saúde e higiene dos trabalhadores e instalações na propriedade 307
13.6 Equipamentos associados com o cultivo e a colheita 307
13.6.1 Manuseio e transporte 308
13.6.2 Limpeza, manutenção e sanificação 308
13.7 Principais perigos na produção de tomate industrial 309
13.7.1 Microbiológicos 309
13.7.2 Químicos 309
13.7.3 Físicos 309
13.8 Análise de perigos 310
13.9 Rastreabilidade 310
13.10 Referências 311

Capítulo 13

QUALIDADE E SEGURANÇA ALIMENTAR NA CADEIA PRODUTIVA

Leonora Mansur Matos
Celso Luiz Moretti

13.1 Introdução

A cadeia produtiva do tomate para processamento industrial está inserida em um mercado extremamente competitivo, dominado em grande parte pelos Estados Unidos, principalmente pelo Estado da Califórnia, e pelos países da região mediterrânica da União Europeia. A participação do Brasil na produção mundial é de pouco mais de 2,5% do total, ocupando a 9º posição entre os principais países processadores.

O tomate para indústria vem se destacando na produção mundial de hortaliças com uma expansão marcante nos últimos anos, possivelmente atribuída à industrialização em larga escala. Essa expansão se deve a um conjunto de fatores: aumento da demanda de alimentos prontos para consumo, do número de refeições fora do domicílio, ao crescimento das redes de *fast food* e ao menor tempo destinado ao preparo dos alimentos em casa, resultado da maior inserção da mulher no mercado de trabalho.

A adoção de práticas culturais adequadas, a definição do ponto de colheita e as características do produto colhido são fatores diretamente associados à qualidade do produto final. Fatores como presença de terra, teor de sólidos solúveis, cor e percentagem de frutos verdes são levados em consideração na aquisição de frutos para o processamento.

Outra questão relevante está relacionada à segurança do alimento produzido. A não observância de uma série de cuidados durante as fases de produção e processamento pode causar contaminações de ordem química, física ou microbiológica do produto final. Desta forma, é extremamente desejável e oportuna a busca por ferramentas de gestão da qualidade visando à obtenção de tomates produzidos de forma segura.

O presente capítulo tem o objetivo de apresentar as principais características de qualidade de tomates para processamento industrial, bem como recomendações de caráter geral que permitam uniformizar a adoção de procedimentos que assegurem a inocuidade, minimizando a ocorrência de contaminações químicas, físicas e biológicas.

13.2 Qualidade

Além de seguros, os alimentos devem atender a padrões mínimos de qualidade. O tomate destinado ao processamento industrial pode ter sua qualidade afetada por diversos fatores pré e pós-colheita. Alguns dos principais fatores são a condução da cultura, manejo dos solos e da irrigação, ponto e sistemas de colheita, danos causados por fatores bióticos e abióticos, temperatura durante o processo produtivo e na fase de pós-colheita, formas de acondicionamento e transporte. A definição do ponto de colheita depende de uma série de fatores relacionados com a fase anterior à colheita. Disponibilidade de nutrientes, temperatura, comprimento do dia, dentre outros, influenciam diretamente a qualidade do produto.

Avaliações de qualidade são uma prática rotineira em diversos laboratórios no Brasil e no mundo. Os objetivos podem ser os mais variados, como suporte a programas de melhoramento, avaliação do efeito de diferentes fatores ou tratamentos pré-colheita na qualidade pós-colheita, principalmente visando à extensão da vida de prateleira. As características de qualidade exigidas para o tomate destinado ao processamento industrial diferem daquelas necessárias para os frutos consumidos *in natura*. Para a indústria, fatores como presença de defeitos, de frutos verdes, teor de sólidos solúveis e presença de terra, dentre outros fatores, são primordiais na definição da qualidade de processamento.

13.3 Fatores que contribuem para a perda de qualidade da matéria prima

Em função do seu alto teor de umidade (93 a 95%), o tomate é um fruto altamente perecível, além de possuir uma película bastante fina que o torna frágil durante a colheita e a movimentação logística. As perdas de tomate industrial podem ser devidas a diversos fatores, tais como imaturidade na colheita, severidade dos danos físicos e demora entre a colheita e o processamento.

Nos últimos anos cresceu de maneira significativa a colheita mecanizada de tomate para processamento industrial chegando, segundo estimativas, a praticamente 90% da área de produção. Após a colheita, um dos grandes desafios é a redução das perdas ocorridas no trajeto entre o campo e a indústria. Fatores diversos como as condições das estradas, distância da indústria, tempo de viagem e organização da carga nas carretas constituem problemas que afetam a qualidade da matéria prima.

A ocorrência de doenças, pragas e estresses abióticos na cultura do tomate, nas regiões tropicais e subtropicais, afeta o rendimento e promove a perda de qualidade e a depreciação da matéria prima. O desenvolvimento de genótipos com resistência genética a diferentes patógenos apresenta-se como a uma opção bastante racional do ponto de vista ambiental, favorecendo o crescimento da agroindústria do tomate nas próximas décadas, aumentando a eficiência de fatores econômicos e ambientais.

13.4 Segurança na produção de tomates para processamento industrial

A cada dia que passa a população entende que sua saúde está relacionada com o alimento consumido. As hortaliças são parte integrante da dieta da população mundial, apesar de no Brasil o consumo ser ainda reduzido. Dados de 2008 da Pesquisa de Orçamento Familiar (POF)

indicam uma redução média de 6,7% no consumo de hortaliças no Brasil, em comparação com os valores consumidos em 2002. Apesar de um cenário momentaneamente desfavorável, e em função de algumas espécies de hortaliças serem excelente fonte de vitaminas, sais minerais e substâncias antioxidantes, como a vitamina C e o β-caroteno, além de fornecerem compostos que previnem o câncer, como o pigmento licopeno, abundante em hortaliças como o tomate e a melancia, o consumo de hortaliças deve ser estimulado no país.

O uso de ferramentas de gestão de qualidade visando a obtenção de alimentos seguros tem crescido de forma significativa na produção primária. Tais ferramentas são extremamente importantes na prevenção de perigos potencias ao consumidor, como a presença de microrganismos ou suas toxinas, resíduos químicos e corpos estranhos, que podem aparecer devido às condições normais inerentes ao processamento, ou mesmo acidentalmente.

A adoção das Boas Práticas Agrícolas (BPA) para a produção de tomate destinado ao processamento industrial permite minimizar a ocorrência de contaminações de caráter químico, físico e biológico, possibilitando que o consumidor tenha um alimento mais saudável e livre de contaminação. Em outras palavras, um alimento seguro e de qualidade.

13.5 Boas Práticas Agrícolas

Em função de ser produzido sob variadas condições climáticas e edáficas, utilizando-se distintas tecnologias, em propriedades de diferentes tamanhos, não é difícil imaginar que os perigos microbiológicos, químicos e físicos podem variar de um local para outro. Em cada área de produção é necessário levar em consideração as práticas de produção empregadas, que permitem a obtenção de frutos de boa qualidade, considerando-se as condições específicas de cada área; o tipo de produto e os métodos empregados. Todos os procedimentos utilizados para a produção de tomate devem ser conduzidos sob condições estritamente higiênicas e devem minimizar os riscos potenciais à saúde do consumidor devido à contaminação.

A seguir são descritos os principais pontos que devem ser observados por produtores e técnicos com o intuito de se obter tomate de qualidade superior para o consumo humano.

13.5.1 Condições de higiene do ambiente de produção

As fontes potenciais de contaminação do ambiente de produção devem ser identificadas, com o objetivo de reduzir suas ações. De maneira geral, a produção não deverá ser conduzida em áreas com a presença de substâncias que poderão levar à contaminação dos frutos. Os produtores devem ter conhecimento do histórico de utilização da área de produção bem como das regiões vizinhas. Essa informação pode permitir identificar possíveis fontes de contaminação do seu produto, tanto do ponto de vista microbiológico (presença de fossas ou esgoto doméstico próximo à fonte de captação de água para irrigação) quanto químico (presença de aterros de agrotóxicos, entre outros).

Independentemente da razão do aumento dos roedores nos campos de produção, é extremamente importante que sejam tomadas medidas de curto, médio e longo prazo, para se contornar o problema. A reavaliação do processo de rotação de culturas, o estudo da ecologia dos roedores mais prevalentes nos campos de produção, o emprego de sistemas de

repelência dos ratos nos campos no momento da colheita e a revisão da legislação vigente são ações que devem ser avaliadas e implementadas após ampla discussão com os envolvidos na cadeia produtiva. Sabe-se de antemão que os pelos dos roedores acabam indo parar nas linhas de processamento por ficarem aderidos aos frutos que vêm do campo. Esse problema ocorre quando os frutos são esmagados por compressão, ao serem colocados nas carrocerias dos caminhões que os transportarão para a indústria.

Nos últimos anos, a Resolução da Diretoria Colegiada da Agência Nacional de vigilância Sanitária (Anvisa) RDC 175/2003, que trata sobre a presença de matérias estranhas em produtos embalados e envasados, foi revista visando-se a adequação de limites da presença de matérias estranhas à realidade da produção e processamento de alimentos no país. Não obstante, ações visando a melhoria das Boas Práticas Agrícolas em campos de produção também têm sido evidenciadas.

13.5.2 Insumos utilizados na produção

a – Água

Os produtores devem identificar as fontes de água utilizadas para irrigação, isto é, se a água é reutilizada a partir de outros sistemas de irrigação, de poços, canais abertos, lagos, ou outra fonte. A qualidade microbiológica e química da água deve ser avaliada periodicamente, certificando-se de que é apropriada para utilização. A frequência de teste para contaminação dependerá da fonte de água utilizada e dos riscos de contaminação devido à ocorrência de enchentes.

Outro emprego da água na agricultura diz respeito a sua utilização como veículo de fertilizantes (fertigação) e agrotóxicos (quimigação). Nestes casos, a qualidade da água também deve ser levada em consideração, não podendo conter nenhum tipo de contaminação microbiológica, física ou química que ocasione redução da eficiência de quaisquer produtos a serem aplicados na lavoura.

b – Adubos Orgânicos e Minerais

A utilização de adubos orgânicos e minerais na produção de tomate deve ser monitorada visando limitar o potencial de contaminação química ou microbiológica. O emprego de esterco contaminado com metais pesados, no caso da produção ocorrer em área próxima a estações de tratamento de esgoto e aterros sanitários, pode afetar significativamente a qualidade final dos frutos. Metais pesados são mais facilmente encontrados nos corretivos (calcários) e outros adubos químicos. Os fertilizantes orgânicos não compostados apresentam risco de contaminação biológica (microrganismos, helmintos e demais verminoses).

c – Solo

Os solos empregados na produção de hortaliças devem ser avaliados quanto ao potencial de contaminação por microrganismos ou produtos químicos. Caso suspeite-se que exista contaminação, o solo deve ser testado para a presença de contaminantes químicos ou microbiológicos.

Do ponto de vista microbiológico, a presença de microrganismos patogênicos ao ser humano, como *Salmonella* sp., *Listeria* sp., coliformes, dentre outros, no solo ou na água de irrigação deve ser analisada. Quanto ao perigo químico, a presença de resíduos de agrotóxicos ou metais pesados, no solo, também deve ser avaliada.

Caso seja constatada a presença de contaminantes microbiológicos ou químicos, e ações corretivas não puderem ser adotadas, a área não deve ser utilizada.

d – Agrotóxicos

Os produtores de tomate devem utilizar agrotóxicos registrados para a cultura pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), observando-se as dosagens recomendadas e os períodos de carência. Os trabalhadores rurais que realizam a aplicação devem utilizar sempre os equipamentos de proteção individual (EPI). Outros pontos que devem ser obedecidos para a aplicação dos produtos são: que cada área deve possuir um histórico sobre a aplicação dos diferentes agrotóxicos; a aplicação deve ser feita evitando-se a contaminação dos mananciais e solos adjacentes à área de produção; os bicos dos aplicadores devem estar bem regulados, e após a aplicação, devem ser bem lavados eliminando-se possíveis resíduos. Ressalta-se que os agrotóxicos devem ser mantidos em suas embalagens originais, rotuladas e com as instruções de aplicação e o descarte das embalagens e dos resíduos de agrotóxicos seja realizado de acordo com a legislação vigente.

13.5.3 Saúde e higiene dos trabalhadores e instalações na propriedade

A saúde e o asseio pessoal de todos os trabalhadores que entrem em contato direto com as hortaliças frescas devem ser monitorados periodicamente. As instalações sanitárias devem estar disponíveis em locais próximos aos campos de produção, a fim de possibilitar a higiene pessoal dos trabalhadores. Elas devem ser mantidas em boas condições de funcionamento e limpeza e possuírem projeto adequado, de tal forma a permitir a retirada periódica de dejetos sem contaminar o meio ambiente.

No que diz respeito à saúde dos trabalhadores, é importante evitar que aqueles com alguma moléstia entrem em contato direto com tomates recém-colhidos. Moléstias muito comuns como infecção de ferimentos superficiais, diarreia, gripe e vômitos devem ser informadas aos supervisores e os trabalhadores portadores devem ser afastados de suas atividades. Além da saúde, o asseio pessoal dos trabalhadores, principalmente daqueles que entram em contato direto com o produto colhido, deve ser observado.

13.6 Equipamentos associados com o cultivo e a colheita

Os equipamentos e contentores que entrarem em contato com os frutos devem ser feitos de material atóxico. Devem ser projetados e construídos de tal forma a assegurar que possam ser limpos e desinfestados. Os procedimentos específicos de higiene para cada equipamento/contentor devem ser descritos.

Os contentores para lixo, subprodutos, partes não-comestíveis ou substâncias perigosas devem ser devidamente identificados e construídos com material apropriado. Nos casos em que se julgar necessário, devem ser feitos de material impermeável.

13.6.1 Manuseio e transporte

Durante a produção, colheita e procedimentos pós-colheita é necessário cuidado com o risco de contaminação cruzada. Para evitar-se a ocorrência deste tipo de contaminação, os indivíduos que entrarem em contato com tomates frescos devem, além do que foi descrito anteriormente, observar que tomates sem condições adequadas ao consumo humano devem ser separados durante os processos de produção e colheita; os trabalhadores envolvidos com a colheita (no caso de colheita manual) não devem carregar nos contentores destinados a produtos colhidos outros materiais, como alimentos, agrotóxicos, entre outros; equipamentos e contentores utilizados previamente para o transporte de substâncias tóxicas (agrotóxicos, esterco, lixo) não devem ser utilizados para o manuseio de tomates frescos e materiais de limpeza e substâncias tóxicas devem ser adequadamente identificados e mantidos ou armazenados em locais seguros.

Os tomates devem ser transportados para a planta de processamento em condições que minimizem a possibilidade de contaminação química, física ou microbiana. O s frutos impróprios ao consumo humano devem ser retirados antes do transporte para a planta de processamento. Essa tarefa deve ser desempenhada pelos trabalhadores envolvidos com a colheita, encarregados de remover o máximo possível de sujeira (solo, pedaços de madeira, pedras, entre outros) antes de enviar o produto para planta de processamento. Vale ressaltar que as carrocerias dos caminhões destinadas ao transporte devem ser construídas de tal forma a minimizar a ocorrência de danos mecânicos, evitar o acesso de animais, e devem ser periodicamente higienizadas visando reduzir a possibilidade de contaminação cruzada.

13.6.2 Limpeza, manutenção e sanificação

Os equipamentos utilizados na produção e colheita dos frutos, quando esta for realizada manualmente, devem ser mantidos em bom estado de conservação. O mesmo se aplica às colhedeiras. Os equipamentos e os contentores passíveis de reutilização devem ser limpos e desinfetados antes de entrarem em contato novamente com os tomates.

Os agentes mais comuns utilizados para a limpeza são a água e detergentes. Estes últimos podem ser classificados de acordo com suas propriedades como tensoativos, alcalinos, ácidos, sequestrantes e fosfatos.

A limpeza e a sanificação dos equipamentos e das instalações são pré-requisitos para a manutenção da qualidade do produto final. A sanificação ou desinfecção consiste na redução da população de microrganismos presentes numa superfície higienizada para níveis próximos a zero. Tais microrganismos podem estar alojados nos resíduos imperceptíveis que ainda permanecem nas superfícies após a limpeza. Diversos produtos podem ser utilizados para a sanificação.

Não é objetivo das BPA abranger as práticas que mantenham a segurança do produto durante a fase de processamento ou comercialização. Para isso já existem normas estabelecidas, como as Boas Práticas de Fabricação (BPF), Procedimentos Padrão de Higiene Operacional (PPHO) e Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC).

O sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) garante a qualidade na cadeia produtiva de tomate a fim de oferecer alimentos seguros, livres de contaminação

química, física ou biológica. Todos os sistemas de gestão de qualidade consistem na aplicação de medidas preventivas e corretivas, sendo necessária a obediência de uma série de etapas que devem ser desenvolvidas e constantemente reavaliadas, constituindo um mecanismo contínuo.

No sistema de produção de tomate para processamento industrial, várias etapas levadas a cabo podem oferecer algum risco à saúde do consumidor, quer seja pela introdução de microrganismos ou suas respectivas toxinas, quer seja pela contaminação com resíduos de agrotóxicos e, ainda, pela presença de materiais estranhos.

13.7 Principais perigos na produção de tomate industrial

13.7.1 Microbiológicos

Os perigos microbiológicos na produção de tomates estão, basicamente, relacionados com a presença de microrganismos patogênicos ao ser humano. Esses organismos podem estar presentes no ambiente de cultivo (solo), na água de irrigação, nos adubos orgânicos, na água utilizada nos procedimentos de pós-colheita, nas mãos dos trabalhadores que manuseiam os frutos no momento da colheita e nas etapas de pós-colheita.

Os principais microrganismos presentes nas etapas de produção do tomate são bactérias, protozoários, helmintos, vírus e fungos. Tais microrganismos são responsáveis por inúmeras doenças gastrointestinais comuns na população, que nos casos mais graves podem causar a morte. Assim, tem sido verificado que uma porcentagem significativa de pessoas portadoras de entamoebas, giárdias, estrongilóides, tênias, necátors, tricocéfalos, áscaris e oxiúros têm sido contaminadas pelo consumo de produtos hortícolas irrigados com águas que recebem efluentes não tratados.

13.7.2 Químicos

Os perigos químicos na produção de tomate estão relacionados com a presença de agrotóxicos, metais pesados e micotoxinas os quais podem causar diversas doenças ao consumidor. Em função do risco à saúde e ao ambiente, o uso de agrotóxicos deve ser criterioso e empregado apenas quando realmente necessário. O elevado número de aplicações nas lavouras de tomate tem levantado constante preocupação. Dados da Anvisa revelam tanto a presença de resíduos de agrotóxicos acima do limite máximo de resíduo (LMR) quanto a presença de ingredientes ativos não autorizados para a cultura.

A contaminação por micotoxinas pode ocorrer durante o crescimento, colheita, transporte, armazenamento e/ou processamento dos produtos derivados de tomates. Uma vez produzidas, as micotoxinas não são eliminadas com tratamentos a altas temperaturas.

13.7.3 Físicos

Os perigos físicos na cultura do tomate são, em comparação com os microbiológicos e químicos, de menor ocorrência. O processo de lavagem dos frutos com água limpa e de boa qualidade elimina grande parte dos corpos estranhos como pedaços de madeira, solo, areia, metal, dentre outros, que podem estar aderidos à superfície dos frutos; este processo de limpeza já se inicia na própria colhedeira. Como relatado anteriormente, a presença de

pelos de roedores em produtos processados tem como origem, possivelmente, o campo de produção. Tais matérias estranhas constituem-se como um perigo físico. É possível que a causa do aparecimento desses animais nos campos de produção seja devida a uma série de fatores ecológicos, ambientais e de manejo da cultura.

13.8 Análise de perigos

A análise dos perigos consiste numa abordagem sistematizada e estruturada de identificação de perigos e da probabilidade da sua ocorrência em toda a cadeia produtiva, por meio da definição de medidas de controle. As etapas de produção do tomate destinado ao processamento industrial que devem ser monitoradas são: ambiente de produção, água para irrigação, adubação orgânica, adubação química, aplicação de agrotóxicos, instalações sanitárias, colheita (manual) e manuseio do tomate.

As Boas Práticas Agrícolas na etapa de pós-colheita, incluindo os seus procedimentos, são consideradas como pré-requisito do Sistema APPCC e têm por finalidade controlar muitos perigos identificados (Pontos de Controle – PC). Os pontos que não são controlados, total ou parcialmente por meio das Boas Práticas Agrícolas devem ser avaliados no escopo do Sistema APPCC. Caso um controle seja considerado crítico, em função da natureza e da gravidade de determinados perigos, a etapa deve ser considerada um Ponto Crítico de Controle (PCC).

13.9 Rastreabilidade

Os produtores de tomate para processamento devem manter anotações atualizadas sobre as práticas de produção, colheita e distribuição de seus produtos. Tais dados devem ser mantidos por períodos de tempo superior ao da comercialização de seus produtos, sendo que tal período deve seguir o estipulado pela legislação vigente. A documentação dá credibilidade ao produtor e facilita a condução de um programa de produção segura.

Os principais pontos a serem anotados são local de produção, talhão, época de plantio e transplantio, informações concernentes aos insumos utilizados (adubação mineral e orgânica), agrotóxicos aplicados (dosagem, nível de toxidez, número de aplicações), tipo de irrigação e informações sobre a qualidade da água utilizada, controle de pestes (roedores) e data da colheita, dentre outros. Os lotes devem ser identificados, preferencialmente com códigos de barra.

A sistematização destas informações permite que o produtor esteja apto a adotar e receber certificações como a da Produção Integrada de Tomate Industrial (PITI), que tem como um dos pré-requisitos a adoção das Boas Práticas Agrícolas (BPA).

13.10 Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE MAÇÃ. **Produção integrada de maçãs (pim) memória da produção integrada de frutas**. Disponível em: <http://www.abpm.or.br/producaointegrada/historico.htm>. Acesso em: 7 ago. 2003.

ANDRADE, N. J.; MARTYN, M. E. L. **Limpeza e sanitização na indústria de alimentos**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 1996. 39 p.

ARAUJO, A. C. P.; NOGUEIRA, D. P.; AUGUSTO, L. G. S. Impacto dos praguicidas na saúde: estudo da cultura de tomate. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 34, n.3, p. 309-313, 2000.

CAVALLI, S. B. Segurança alimentar: a abordagem dos alimentos transgênicos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v.14, p. 41-46, 2001. Suplemento

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. **Guia para elaboração do plano APPCC**: frutas, hortaliças e derivados. 2. ed. Brasília, DF: CNI: SENAI: SEBRAE, 2000. 140 p. (Serie Qualidade e Segurança Alimentar).

EMBRAPA / USDA. **Melhoria da qualidade e segurança de frutas e verduras frescas**: curso para multiplicadores. Petrolina, 2001. 190 p.

FREITAS, M. C. S.; PENA, P. G. L. Segurança alimentar e nutricional: a produção do conhecimento com ênfase nos aspectos da cultura. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 20, n. 1, p. 69-81, 2007.

GELLI, D. S.; LEITAO, M. F. F.; MORETTI, C. L.; CRUZ, J. C. (Org.). **Manual de boas práticas agrícolas e sistema APPCC**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 98 p. v. 1.

MAIA, M. L.; MORETTI, C. L. (Org.). **Manual de segurança e qualidade na produção de alface americana minimamente processada**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 41 p. v. 1.

MELO, P. C. T.; VILELA, N. J. Desafios e perspectivas para a cadeia brasileira do tomate para processamento industrial. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 23, n. 1, p. 154-157, 2005.

MORETTI, C. L.; PESSOA, H. B.; VIEIRA, J. V.; MAKISHIMA, N. (Org.). **Manual de segurança e qualidade para a cultura da cenoura**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 59 p. v. 1.

MORETTI, C. L. Vegetable crops production. IN: ASSAD, M. L.; SPEEDY, A.; HAIGHT, B.; KUENEMANN, E.; CAMPOS, F. A. A.; MACEDO, J. IZQUIERDO, J.; PORTO, M. C. M. BARBROSA, S. (ORG.). **Guidelines for good agricultural practices**. Brasília, DF: Embrapa, 2002, v. 1, p. 65-97.

MORETTI, C. L. **Casa de embalagem e transporte**. In: Elementos de Apoio de Boas Práticas Agrícolas e o Sistema APPCC. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. v.1, p. 165-180.

MORETTI, C. L.; SARGENT, S. A. Alteração de sabor e aroma em tomates causada por impacto. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 3, p.385-388, 2000.

ROUQUAYROL, M. Z. **Epidemiologia & saúde**. Fortaleza: UNIFOR, 1983. 327p.

SILVA, J. B. C.; GIORDANO, L. B.; BOITEUX, L. S.; LOPES, C. A.; FRANCA, F. H.; SANTOS, J. R. M.; FURUMOTO, O.; FONTES, R. R.; MAROUELLI, W. A.; NASCIMENTO, W. M.; SILVA, W. L. C.; PEREIRA, W. **Cultivo do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) para industrialização**. Brasília, DF: Embrapa-CNPH, 1994. 36 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Guide to minimize microbial food safety hazards for fresh fruits and vegetables**. 1988. 40 p.

WORLD PROCESSING TOMATO COUNCIL. **WPTC crop update as of 1 may 2009**. Disponível em: < http://www.wptc.to/Releases-wptc.aspx>. Acesso em: 06 jan. 2011.

ZEPP, G.; KUCHLER, F.; LUCIER, G. Food safety and fresh fruits and vegetables: is there a difference between imported and domestically produced products?. **Vegetables and Specialties, Situation and Outlook Report**, Washington, v. 274, p. 23-28, 1998.

Capítulo 14

TRANSPLANTIO E COLHEITA MECANIZADA

14.1 Introdução 315

14.2 Transplantio 315

14.3 Preparo do solo para o transplantio 316

14.4 Transplantio mecânico 318

14.5 Transplantio manual 320

14.6 Colheita 320

14.6.1 Colheita mecanizada 321

a – Operações para a colheita 321

b – Caminhão de transporte de tomate 326

14.6.2 Colheita Manual 326

14.7 Referências 327

Capítulo 14

TRANSPLANTIO E COLHEITA MECANIZADA

Leonardo Ubiali Jacinto
Bruno Borges Soares
Rogério Rangel
Ana Flávia Visconde Ubiali Jacinto

14.1 Introdução

A adoção da mecanização agrícola nos trabalhos que envolvem a cadeia de produção do tomate para processamento industrial foi um dos fatores que impulsionou a expansão e, consequente sucesso desta cultura, principalmente no Estado de Goiás.

Tendo a visão da necessidade e oportunidade que a mecanização poderia agregar na estrutura da cadeia produtiva, algumas empresas foram pioneiras na implantação destas práticas e iniciaram seus trabalhos neste setor por volta dos anos de 2004 e 2005.

Atualmente, com a consolidação da colheita mecânica recomendam-se alguns cuidados em todo o ciclo de cultivo do tomate para processamento, desde a escolha e preparo da área, como seleção de áreas com topografia regular e de pouco declive. Cuidados minuciosos evitando áreas com pedras, tocos e outros materiais que possam danificar o equipamento e prejudicar a eficiência do sistema e/ou a qualidade do produto, também devem ser tomados. O presente capítulo tem por objetivo apresentar de maneira sucinta e objetiva os processos que envolvem a mecanização no ciclo de produção do tomate industrial, dando ênfase as operações de transplantio e colheita.

14.2 Transplantio

O sistema de transplantio tem como vantagens sobre a semeadura direta o menor gasto de sementes; menor tempo de permanência da planta no campo; redução das despesas com irrigações e pulverizações, e a redução dos níveis de infecção precoce por begomovírus, geminivírus e tospovírus. Entretanto, a produção de mudas tem que ser feita sob rigoroso controle sanitário, para evitar que elas sejam focos de disseminação de pragas e doenças.

A introdução do sistema de transplantio de mudas viabilizou, ainda, a utilização de cultivares híbridas, cujas sementes têm custo muito superior ao das cultivares de polinização aberta. As principais atividades envolvidas nessa operação são:

14.3 Preparo do solo para o transplantio

Existem várias opções de preparo do solo e a escolha depende de diversos fatores como a época de plantio e o sistema a ser adotado (manual ou mecanizado), disponibilidade de equipamentos, textura e grau de compactação do solo.

Em áreas plantadas nos meses de fevereiro e março, períodos de freqüentes chuvas na região do cerrado central, pode-se realizar o plantio direto (SPD) ou plantio na palha, para evitar erosões e perdas de mudas (Figuras 1 e 2). Em plantios realizados nos meses de abril, maio e junho, normalmente menos chuvosos, considera-se a opção de realizar o preparo convencional no solo.

Fotos: Bruno B. Soares



Figura 1 - Plantio na palha de milho.



Figura 2 - Plantio na palha de soja.

Uma prática bastante comum observada entre produtores de Goiás é a aplicação do rolo compactador após a passagem da adubadeira para que se destruam os torrões provocados por ela e consequentemente reduzir os descontos e multas aplicados pelas indústrias processadoras de tomate quando a carga possui elevado percentual de terra. A terra aderida ao tomate ou na forma de torrões provoca sérios danos aos equipamentos das fábricas e é importante vetor de patógenos que podem comprometer a qualidade da polpa e demais produtos processados. A Figura 3 demonstra do lado direito a área após a passagem do rolinho (sem grandes torrões). O rolo compactador também pode ser utilizado em pós transplantio, com o mesmo objetivo, diminuir o volume de terra na carga.

Com a necessidade de reduzir os gastos com transporte e descontos provocados pelo alto índice de terra durante a colheita, o produtor Celso Martins, da Fazenda Saltador, situada no município de Palminópolis em Goiás, quebrou paradigmas e inovou no preparo do solo. Ao perceber que a transplantadeira levantava torrões e criava sulcos que poderiam aumentar o percentual de terra na colheita, passou a utilizar o rolo compactador liso sobre as mudas logo após o transplantio sistematizando o solo novamente. Em uma pequena área para experimentação, após uma semana, foi observado o desenvolvimento normal das mudas, como se pode observar comparando as Figuras 4 e 5.



Fotos: Bruno B. Soares

Figura 3 - Diferença no preparo do solo antes e depois da passagem do rolinho.



Figura 4 - Área sem o rolo compactador após o transplantio.



Figura 5 - Área com o rolo compactador após o transplantio.

Fotos: Bruno B. Soares

Após constatar o bom desenvolvimento das plantas o produtor implantou a técnica em outras áreas. Durante a colheita teve uma redução de até 44% do volume de terra sem comprometer a produtividade em comparação com área que não foi utilizado o rolo compactador em pós transplantio.

14.4 Transplantio mecânico

No transplantio mecânico, uma das opções de máquinas mais utilizadas atualmente para realização desta operação tem sido o equipamento ilustrado nas Figuras 6 e 7. Esse equipamento é composto de chassis, duas rodas motoras para acionar os eixos e engrenagens das linhas de transplantio, um assento para cada operador que fará a colocação das mudas, porta bandeja e o estoque de bandejas, alocado atrás de cada operador. Todo o equipamento é rebocado por um trator.

Fotos: Vilmar Rodrigues Gonçalves



Figura 6 - Transplantadeira em trabalho.



Figura 7 - Detalhe porta bandeja.

As linhas das transplantadeiras são compostas de um carrossel com 8 a 10 alojamentos onde serão depositadas as mudas; é importante ressaltar que estas devem ter sistema radicular firme para permanecerem integras durante a operação (Figura 8). O carrossel (Figura 9), por intermédio de engrenagens e transmissões gira no sentido horário e, a medida que o alojamento passa em cima da linha de plantio, uma portinhola instalada no fundo do carrossel se abre, deixando a muda cair com a raiz para baixo em um sulco aberto por um disco na transplantadeira. Logo em seguida, pequenas enxadas tampam as raízes e 2 rodas compactadoras dão uma leve pressão no solo nas laterais da muda (Figura 10), para compactar o solo em volta das raízes, garantindo não haver a formação de bolhas de ar nesta região, que poderiam levar ao atraso ou desuniformidades no "pegamento" das mudas.

Fotos: Vilmar Rodrigues Gonçalves



Figura 8 - Muda pronta para transplantio.



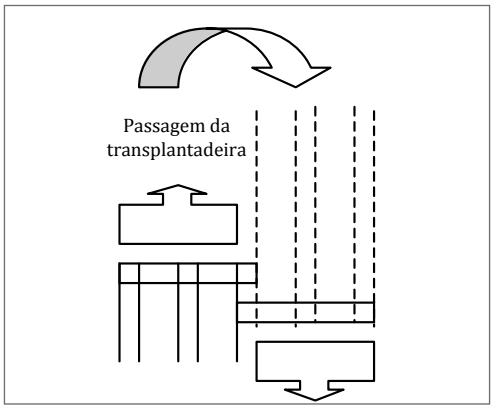
Figura 9 - Carrossel de distribuição das mudas.

É importante evitar que ocorram linhas de plantio atrás do rastro do trator (em função da compactação); por isso adota-se um número ímpar de linhas no caso de adoção do esquema de plantio de linhas simples. Dessa maneira, considera-se que uma linha ficará atrás do trator (entre os sulcos das rodas) e as outras ficarão divididas em número igual para as laterais. Adotando-se o esquema de transplantio com linhas duplas, coloca-se uma linha dupla (com espaçamento mais próximo) atrás do rastro das rodas do trator, enquanto as demais ficam nas laterais, mantendo-se sempre a linha da extremidade como linha simples, que terá sua dupla formada na próxima passagem da transplantadeira (Figura 11).



Foto: Vilmar Rodrigues Gonçalves

Figura 10 - Roda compactadora.



Arte: Flávia Clemente

Figura 11 - Esquema de plantio em linhas duplas.

A opção pelo esquema de linhas simples ou duplas varia conforme as condições de adaptabilidade de cada produtor. No caso da adoção de linhas duplas, a distância usualmente adotada pelos produtores é de 0,90 a 1,00 m entre as linhas e cerca de 0,34 a 0,37 m entre plantas na mesma linha, em pivô central. Os espaçamentos podem variar de 1,10 x 0,70 m a 1,20 x 0,60 m entre linhas e de até 0,37m entre plantas na fileira. Na condição de plantio em linhas simples, geralmente adotado quando o sistema de irrigação é por gotejamento, usa-se o espaçamento de 1,50m entre linhas, com cerca de 0,23 m entre plantas. As Figuras 12 e 13 demonstram as distribuições de mudas mais utilizadas em áreas comerciais.



Figura 12 - Espaçamento de 0,60m x 1,20m em linha dupla.



Fotos: Vilmar Rodrigues Gonçalves

Figura 13 - Espaçamento de 1,50 m em linha simples.

A população total de mudas em ambos os casos aproxima-se de 30.000 plantas.ha^{-1}. A regulagem das máquinas transpantadeiras permite ajustes de 3, 5 ou 7 linhas simples com espaçamentos entre linhas que variam de 1,10 a 1,40 m ou 4 e 6 linhas duplas com espaçamentos que variam de 1,60 a 1,80 m x 0,40 a 0,60 m.

Na operação de transplantio mecanizado, o sistema de distribuição de mudas dispõe de um sulcador, que é regulado para coincidir com a linha anteriormente fertilizada, visando promover a incorporação do fertilizante com o solo a profundidade de adubo de 10 cm para evitar o contato direto das raízes das mudas com o fertilizante; pois, na adubação ocorre o sulcamento do solo e a distribuição do fertilizante, que é aplicado imediatamente atrás do sulco recém-aberto.

Produtores agrícolas, em conjunto com a pesquisa pública e privada, vêm avaliando a eficiência do sistema de plantio direto que consiste em efetuar o transplantio das mudas sem realizar o preparo físico do solo, mantendo a palha da cultura anterior. A presença da palha é importante para proteger o solo contra o impacto da chuva ou da irrigação por aspersão evitando assim a erosão e também auxiliando no controle de plantas invasoras, na manutenção da umidade e na criação de um ambiente favorável ao bom desenvolvimento do sistema radicular do tomateiro.

14.5 Transplantio manual

Assim como mencionado anteriormente, a utilização do transplantio manual vem se reduzindo nas principais regiões produtores de tomate no País, principalmente em função das dificuldades trabalhistas, tanto em considerações legais quanto na escassez e qualidade da mão de obra propriamente dita. Há estimativas de que represente menos de 10% de toda da área plantada.

O transplantio manual é realizado em 5 etapas; a primeira, diz respeito ao preparo de solo, a segunda refere-se a adubação das linhas de plantio. Na terceira etapa ocorre a passagem dos rolinhos, que irão ajudar a prensar alguns torrões que se encontrem por cima do solo, enterrando-os ou quebrando-os. Até esse ponto os processos são comuns entre o transplantio mecânico e o manual. A quarta etapa é definida pela passagem de um perfurador marcador que sinalizará onde ficarão as mudas, e na quinta etapa ocorre o transplantio propriamente dito, que é a operação braçal de enterrio da área radicular das mudas e seus ajustes, para que haja seu bom posicionamento no solo. A uniformidade desta operação é fundamental, pois do contrário, poderá ocorrer diferenciação de dias no “pegamento” das mudas e consequentemente, o desenvolvimento entre elas será desuniforme, resultando na maturação mais desigual dos frutos, causando mais perdas na colheita em função do número de frutos verdes.

14.6 Colheita

A colheita mecanizada teve inicio no Brasil entre os anos 1997/98, quando foram importadas em torno de 25 máquinas. Porém o trabalho de adequação da cultura, preparo de solo e variedades adequadas ao novo sistema, não permitiram um sucesso expressivo na ocasião. Apenas alguns produtores na região de Patos de Minas (MG) estavam colhendo mecanicamente, e cerca de 2/3 das máquinas importadas prestavam serviço na região de Goiânia (GO).

14.6.1 Colheita mecanizada

Principalmente em função de não se ter um bom preparo de solo e um bom cuidado no transplantio visando a colheita mecanizada (evitando torrões, sulcos e ondulações), esta ficou restrita a 5 a 10% das áreas de tomate industrial do País.

Nos anos 2004/2005 iniciou-se um trabalho liderado na época pela Unilever Brasil, que tinha como meta implementar a mecanização da colheita do tomate em 100% de suas áreas de produção em 5 anos. A partir de então, foram elaborados planos de trabalho que tiveram grande interferência e responsabilidade pela profissionalização que o segmento atingiu nos dias atuais. Iniciou-se uma série de adequações ao sistema produtivo, desde preparo de solo, ajustes de espaçamentos de plantio, técnicas de adubação, transplantio, novas variedades, etc., para que a lavoura do tomate industrial pudesse ser colhida mecanicamente.

a – Operações para a colheita

Para a entrada da colhedeira na área, é importante que a lavoura esteja livre de plantas daninhas, pois estas podem causar problemas durante a operação de colheita. Um fator importante a se considerar é o enleiramento das plantas, também chamado “penteamento das ramas”, que consiste em posicionar as ramas no solo na linha de plantio, deixando a planta no alcance da plataforma da colhedeira. Esta é uma operação de alto custo para o produtor e realizada manualmente, necessitando-se em média de 3 pessoas para enleirar 1 ha por dia de trabalho. Atualmente observa-se uma tendência de adoção do plantio em linhas simples em algumas regiões para que não seja necessária essa operação.

Outro fator importante a se considerar são os reflexos do trabalho bem realizado de preparo de solo no plantio que se tornam expressivos na colheita, pois desta forma há uma redução significativa na presença de pedras, tocos, torrões e demais “impurezas” que venham a danificar a máquina. Existem outras consequencias quando essa é operação realizada com eficiência, como a redução de perdas diretas de frutos no momento da colheita ocasionados em consequencia da formação de sulcos profundos próximos a linha de plantio, que geram prejuízo direto ao produtor. Nesta condição, há um percentual maior de perdas de frutos que na passagem da colhedeira, quando estes se desprenderem da planta, escorrem para os sulcos “fugindo” do alcance da plataforma máquina.

Atualmente a colheita mecanizada é feita através de colhedeiras automotrizes, com uma plataforma de corte e recolhimento das plantas de 1,2 m a 1,5 m de largura, que permite a colheita de linhas de plantio duplas ou simples.

- Recolha

A plataforma de recolha é equipada com dedos levantadores que erguem as plantas que estão apoiadas no solo. Logo à frente, a plataforma possui uma lamina de corte paralela ao solo, que passa cortando os caules das plantas bem rente; as plantas livres são conduzidas para o interior da máquina, por intermédio de uma esteira de recolha auxiliada por uma esteira de ramas (Figura 14).

Fotos: Leonardo Ubiali Jacinto



Figura 14 - Esteira de recolha; (A) Vista superior; (B) Vista do solo.

- Soltio dos frutos

Após este primeiro estágio da colheita, que é a recolha das plantas, elas seguem para a etapa seguinte, que é a de soltar os frutos e separá-los. Este processo era feito nas máquinas antigas por uma esteira de dedos oscilantes que forçavam os frutos a se soltarem das plantas, porém, nas máquinas mais modernas, este trabalho é executado por um rotor com inúmeros dedos de fibra de vidro que tem 2 movimentos, um giratório e outro vibratório; permitindo que os frutos se soltem das plantas com mais facilidade e sem danos, se comparados com o sistema de dedos oscilantes, além de permitir um maior desempenho das máquinas, que em média, colhem 3 $ha.h^{-1}$ (Figura 15).

Fotos: Leonardo Ubiali Jacinto

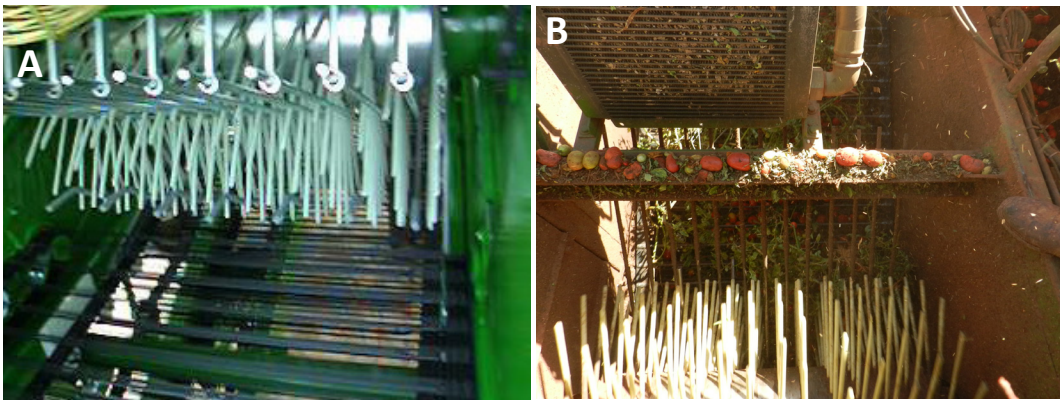


Figura 15 - Detalhe dos dedos de fibra de vidro (A) e (B).

- Descarte das folhas e ramas

Nesta etapa, logo após os frutos se soltarem das plantas, eles caem em uma esteira de taliscas de metal, espaçadas uma das outras em aproximadamente 3 a 4 cm. As plantas sem os frutos são conduzidas em uma outra esteira com taliscas mais espaçadas uma das outras, e com o auxílio de

um enorme ventilador, as plantas, folhas e ramas são jogadas para trás da colhedeira (Figura 16); enquanto os tomates são conduzidos por uma esteira transversal no fundo da máquina, que conduz os frutos até a esteira de seleção localizada no outro lado da colhedeira.



Fotos: Rodrigo Aparecido da Silva

Figura 16 - Descarte de folhas e ramas (A) e (B).

• Seleção manual

Ao lado da esteira de seleção há uma passarela em que operadores trabalham na seleção dos frutos. Esta etapa abriga de 5 a 6 pessoas, que irão retirar objetos indesejáveis tais como, talo de milho com raiz (restos de palhada), torrões, pedras, ramas e frutos podres (Figura 17).



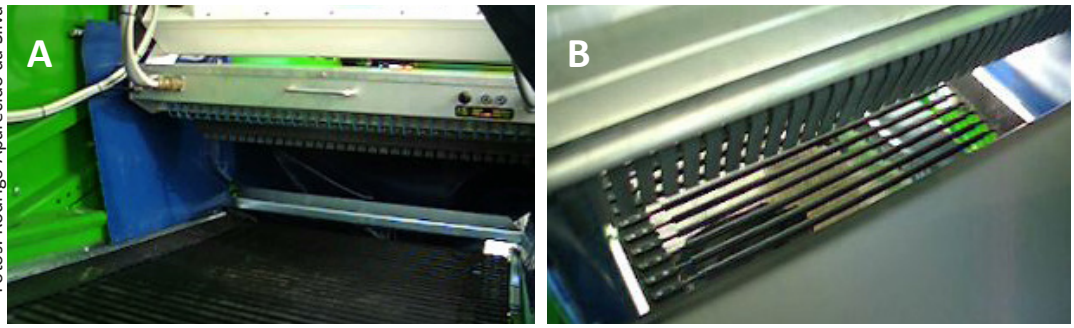
Fotos: Rodrigo Aparecido da Silva

Figura 17 - Seleção manual; visão geral (A); detalhe (B).

• Seletor eletrônico

Esta fase de seleção é dividida em duas esteiras; entre elas há um pequeno degrau para que os frutos passem de uma esteira para a outra. Neste intervalo é instalado um seletor eletrônico de frutos que trabalha com luz infravermelha, que, conforme a regulagem, retira os frutos verdes e amarelados. Nessa condição, o sistema poderá retirar também torrões, que por serem de coloração mais clara são então eliminados, ou seja, como o tomate naturalmente tem superfície

brilhante e o torrão não, o fruto será detectado e retido, o torrão será eliminado. Contudo, boa parte dos solos cultivados com tomate industrial no Brasil são latossolos avermelhados, o que dificulta a leitura correta por parte do equipamento (Figura 18).



Fotos: Rodrigo Aparecido da Silva

Figura 18 - Detalhes do seletor eletrônico (A) e (B).

Este dispositivo não deve ser acionado quando houver tomates já em decomposição, que liberam água molhando e sujando outros frutos com terra, tornando-os também opacos, fazendo com que sejam eliminados junto com os torrões. O mesmo ocorre quando, nos dias chuvosos próximos à colheita, os frutos bons se sujam de terra.

Posteriormente à passagem dos frutos pelo degrau onde está montado o seletor, os mesmos seguem por uma segunda esteira de seleção onde há mais 2 ou 3 pessoas trabalhando na retirada de objetos indesejáveis (Figura 19). Estes operadores só são necessários caso haja muitos torrões, muitos frutos desintegrados e se as plantas não estiverem inteiras e verdes.

Quando as plantas têm seus frutos uniformemente maduros, há uma maior eficiência desta operação como um todo, pois esperar que os frutos verdes amadureçam levaria ao apodrecimento dos frutos já maduros. Também se considera que a planta, após o inicio de senescência natural, começará a perder suas folhas e ramas que ficarão frágeis, acarretando no desperdício de parte dos frutos, pois estes ficarão no solo quando as plantas forem recolhidas.

Uma alternativa para evitar esta situação é abaixar a plataforma de recolha, o que, porém, traz consequencias que podem não ser benéficas, pois esta operação trará mais torrões e estes dificultarão a seleção, prejudicando a atuação do seletor. Todas estas considerações evidenciam a importância da decisão da época de colheita, sendo o momento ideal quando o máximo de frutos estiver maduros (vermelhos), porém com a planta e ramas ainda em excelente vigor. Desta forma os tomates podem ser colhidos sem a presença de pessoas na esteira de seleção, como ocorre na Europa, reduzindo o custo de produção, tanto pela melhoria da qualidade do fruto colhido, como pela menor utilização de mão de obra.



Fotos: Bruno B. Soares

Figura 19 - Foto do seletor em operação.

- Descarga dos tomates

Depois da seleção, os frutos seguem para uma esteira de descarga que é montada em posição transversal à máquina, que irá abastecer continuamente as caçambas dos caminhões ou carretas que andam paralelo a colhedeira (em cima da área já colhida), recebendo os tomates colhidos (Figura 20).



Fotos: Vilmar Rodrigues Gonçalves

Figura 20 - Fotos da esteira de descarga (A) e (B).

b – Caminhão de transporte de tomate

O caminhão que transporta os tomates recebe os frutos direto da colhedeira durante a colheita; como a velocidade de deslocamento é pequena, é engatado um trator para puxar o caminhão, que estará com o cambio no chamado “ponto morto”, possibilitando ser rebocado (Figura 21).

Fotos: Vilmar Rodrigues Gonçalves

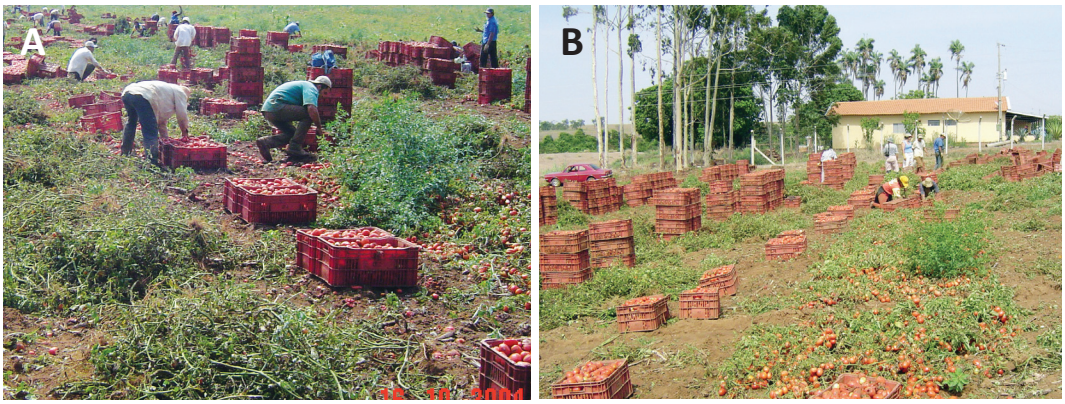


Figuras 21 - Trator rebocando caminhão.

14.6.2 Colheita Manual

A colheita manual demanda um período maior de tempo, quando comparada com a colheita mecanizada. Geralmente é realizada em duas etapas, a primeira quando 70% dos frutos estão maduros e a segunda é uma espécie de “repasse” da primeira, realizada cerca de 15 dias após. Esta segunda operação onera substancialmente o custo da operação, sendo, porém inevitável.

Todo o preparo e logística de caixas, pessoas e equipamentos têm que ser considerado previamente, para que não ocorram desordens e atrasos com os colhedores já em campo. É realizado “penteamento das plantas” na linha de plantio, assim como foi mencionado para a colheita mecanizada. São distribuídas as caixas de maneira uniforme e coordenada em função do número de colhedores e planejamento diário do rendimento de área colhida. Em média, cerca de 30 operários ficam subordinados a um coordenador de campo, encarregado de fazer o controle de qualidade, orientar os demais operários para não danificar as plantas e organizar as caixas. O rendimento médio de um bom operário é de 70 caixas de 22 Kg por dia de serviço (Figura 22).



Fotos: Vilmar Rodrigues Gonçalves

Figura 22 - Colheita manual (A) e (B).

As caixas com os tomates colhidos são colocadas de maneira ordenada entre as linhas de plantio para a passagem do caminhão. Gradualmente as caixas são descarregadas na caçamba do caminhão e, sob um fluxo previamente programado, seguem para a indústria.

Há uma grande demanda de mão de obra no campo para a operação da colheita, este fato onera consideravelmente o custo de produção. As questões trabalhistas devem ser consideradas e pelo volume de pessoas na área torna-se um fator de grande responsabilidade, por todas as partes envolvidas: trabalhador, produtor e indústria.

14.7 Referências

ALVARENGA, M. A. R. (Ed). **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia**. Lavras: Universidade Federal de Lavras 2004. 393 p.

GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C; (Org.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia: Embrapa-CNPH, 2000. 168 p.

Capítulo 15

ASPECTOS INDUSTRIAIS DA CULTURA

15.1 Introdução 331
15.2 Modelo produtivo 333
15.3 Planejamento de safra 334
15.4 Época do plantio 335
15.5 Características dos materiais cultivados 336
15.5.1 Ciclo 337
15.5.2 Sólidos solúveis totais 337
15.5.3 Viscosidade aparente ou consistência 337
15.5.4 Coloração 337
15.5.5 Arquitetura da planta 337
15.5.6 Acidez 338
15.5.7 Firmeza 338
15.5.8 Concentração de maturação 338
15.5.9 Resistência a doenças 338
15.5.10 Retenção de pedúnculo 338
15.5.11 Formato e tamanho do fruto 338
15.6 Colheita e transporte 339
15.7 Classificação 340
15.7.1 Fruto bom 341
15.7.2 Defeitos gerais 341
15.8 Mercado 342
15.9 Referências 344

Capítulo 15

ASPECTOS INDUSTRIAIS DA CULTURA

Bruno Borges Soares
Rogério Rangel

15.1 Introdução

O processamento industrial de tomate no Brasil começou em Pernambuco no início do século XX, porém apresentou crescimento significativo apenas na segunda metade do século no Estado de São Paulo. Nas últimas décadas, a cadeia produtiva de tomate para processamento, após alguns anos de presença no Nordeste, concentrou-se na região central do Brasil, com grande destaque para o cerrado dos estados de Goiás e Minas Gerais.

Até a metade da década de 90, a maior parte das processadoras instaladas no Brasil manteve o suprimento de matéria prima necessária para o abastecimento do mercado doméstico brasileiro dividido entre duas frentes: tomate produzido em regiões próximas às fábricas e polpa de tomate concentrada importada. O tomate era cultivado por agricultores contratados para fornecimento exclusivo para o processamento industrial e também por produtores que visavam o mercado de consumo fresco e eventualmente vendiam parte da produção para a processadora. A polpa de tomate importada, armazenada em embalagens assépticas e amplamente comercializada em todo o mundo, completava o volume necessário para o abastecimento das linhas de produtos finais. A polpa para completar o abastecimento das fábricas instaladas no Brasil tinha origens diversas, sendo o Chile, país com longa tradição no cultivo de tomate e com grande experiência na exportação de produtos de origem vegetal, uma das principais fontes.

Por muitos anos a indústria de tomate, por contar com parte de sua necessidade abastecida pela importação de polpa, sofreu com variações cambiais e alterações nos preços internacionais, que provocavam graves distorções de custo e afetavam fortemente a saúde financeira das empresas processadoras e comercializadoras de produtos à base de tomate. Com o objetivo de minimizar estes problemas, as empresas processadoras desenvolveram estratégias de suprimento para garantir o abastecimento total das fábricas, através da produção local de tomate.

Dentre as medidas adotadas, destacamos o desenvolvimento de novas regiões produtoras, a adoção de novas técnicas de produção e a maior integração da cadeia produtiva de tomate. Como resultado deste esforço, observamos um contínuo crescimento da produção

nacional, que é destinada quase que exclusivamente ao atendimento do mercado doméstico, e que tem variado entre 1,1 e 1,7 milhão de toneladas anuais nas últimas safras.

Atualmente o Brasil é responsável por cerca de 4% da produção mundial de tomate para processamento industrial e se consolidou como o principal produtor de tomate da América Latina, seguido por Chile e Argentina. De forma geral, o país tem atingido nas últimas safras produção suficiente para garantir o abastecimento local; porém, dependendo das condições climáticas e da consequente produtividade atingida pelas lavouras, o Brasil pode se apresentar em alguns anos como exportador de eventuais excessos de produção e em outros como importador de polpa para completar suas necessidades (Tabela 1).

Tabela 1
Evolução da produção anual de tomate industrial na América do Sul (em milhares de toneladas).

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Brasil	1.003	1.273	1.186	1.000	1.100	1.250	1.400	1.200	1.150	1.290	1.200	1.150	1.795
Chile	855	923	914	725	550	675	720	725	625	670	510	619	860
Argentina	221	326	330	255	215	340	417	360	290	340	350	450	390
Peru	47	59	118	45	45	45	45	30	45	70	70	70	70
Venezuela	7	44	37	40	5	20	35	30	40	40	40	40	40

Fonte: www.tomatoland.com

Para atender o aumento da demanda por produtos finais à base de tomate, as empresas processadoras, em conjunto com produtores rurais, institutos de pesquisa e fornecedores de insumos, desenvolveram a condução de lavouras específicas para abastecimento das fábricas. A utilização de variedades com características próprias para processamento (uniformidade de maturação, firmeza, cor, viscosidade, etc) e o cultivo em áreas mais extensas foram ações adotadas com o objetivo de aumentar o volume e a qualidade do tomate produzido. O investimento em novas fábricas e o rendimento fabril também evoluíram, com a implementação de novas tecnologias, e proporcionaram ao país a possibilidade de atender as necessidades de um crescente mercado consumidor de produtos atomatados.

Entre a segunda metade da década de 90 e o início deste século, a introdução e o rápido aumento da área plantada com híbridos, somados à utilização de transplantio de mudas, gerou forte aumento da produtividade média. Em 1998, informações obtidas nas indústrias processadoras indicaram que 45% da área plantada foi ocupada por cultivares híbridos. A partir de 2002, a quase totalidade das áreas passou a ser plantada com híbridos.

Na última década não foram observados grandes saltos na produtividade média, e a ocorrência de grandes diferenças de produtividade e qualidade observada entre produtores em uma mesma safra, e nas médias gerais das safras brasileiras, é um dos desafios que precisam ser resolvidos. Esta inconstância provoca graves desgastes na relação entre os participantes da cadeia produtiva e tem gerado significativos custos adicionais à atividade.

Após passar por um período de concentração nos anos 90, com a compra ou união de empresas, a indústria do tomate observou no início do século XXI o aparecimento de novas agroindústrias de capital nacional. Alguns destes novos processadores de tomate focaram

principalmente a produção de polpa concentrada, enquanto outros lançaram produtos finais no mercado brasileiro, com atuação predominantemente regional.

Recentemente, a indústria passou por um novo período de modificação e tem atraído o interesse de novos participantes de grande porte e com destacada presença no mercado internacional de alimentos.

15.2 Modelo produtivo

Na maior parte dos casos, a cadeia produtiva do tomate para processamento industrial no Brasil pode ser classificada com integrada, pois tem a presença coordenada dos vários participantes: fornecedores de insumos e serviços, pesquisa pública e privada, produtor rural e empresas processadoras.

A integração dos diversos participantes da cadeia é fator fundamental para o atingimento de bons resultados e para proporcionar a manutenção ou o crescimento das partes envovidas. Por outro lado, a fragilidade da cadeia produtiva será determinada pelo seu elo mais fraco.

Neste contexto, a evolução contínua dos participantes deve ser constantemente perseguida, para que a cadeia produtiva possa expressar todo o seu potencial.

A cadeia produtiva do tomate industrial passou por um longo período caracterizado pela baixa integração entre os diversos participantes. O importante é registrar os avanços alcançados nos últimos anos, que têm contribuído para a evolução da indústria do tomate no Brasil. Destacam-se as seguintes iniciativas como fundamentais para esta evolução:

- realização de eventos técnicos nacionais com destaque para o Congresso Brasileiro de Tomate, que é realizado anualmente;

- participação de comitivas brasileiras nos principais eventos mundiais relacionados à produção de tomate industrial;

- criação da Comissão Brasileira de Tomate Industrial;

- adesão do Brasil ao WPTC (Word Processors Tomato Council).

Os modelos de cadeia produtiva podem ser classificados de acordo com as distintas formas de relação entre processadores e produtores agrícolas. Destacaremos abaixo o modelo integrado, o não integrado e outras variações.

Considerando um modelo não integrado, temos a compra de tomate sem contrato prévio, conhecida como mercado “spot”, realizada pelos processadores junto aos produtores rurais. Esse mercado tem como vantagem o aproveitamento de eventuais oportunidades de mercado, como excesso de produção agrícola ou o uso de capacidade de processamento ociosa nas fábricas; porém, a adoção deste modelo apresenta grande risco tanto para as empresas processadoras quanto para os produtores, pois pode provocar perda de tomate no campo ou desabastecimento das fábricas.

No outro extremo temos a integração vertical, na qual a empresa processadora mantém áreas próprias de produção agrícola. Este modelo pode proporcionar benefícios à processadora, que se apropria da margem da atividade agrícola e tem a oportunidade de controlar mais intensamente várias das etapas da cadeia produtiva. Por outro lado, é necessário maior investimento de capital e existe uma concentração dos riscos nos âmbitos agrícola e industrial.

Entre estes extremos existem as relações para abastecimento de tomate: contratos de comercialização, contratos de produção e *joint ventures* ou associações entre processadores e agricultores.

A Figura 1 apresenta os diversos modelos que podem ser adotados pela cadeia produtiva, de acordo com o grau de integração. Os relacionamentos entre os diversos participantes do sistema agroalimentar ocorrem cada vez mais através de arranjos.

Arte: Rogério Rangel



Figura 1 - Modelos de cadeia produtiva em função do grau de integração.

Assim como no tomate para uso industrial, os sistemas agroindustriais do frango de corte, do suco de laranja e do açúcar e álcool são exemplos onde predominam os arranjos contratuais entre produtores e indústria.

A crescente adoção dos contratos na agricultura é explicada pelo aumento da eficiência da coordenação vertical e pela economia dos custos de transação entre os participantes da cadeia agroindustrial. Os contratos trazem vantagens para as duas partes envolvidas; as empresas processadoras têm a possibilidade de realizar a aquisição de matéria-prima agrícola na quantidade e qualidade desejada e os produtores são beneficiados pela transferência de tecnologia, recebimento de crédito e insumos, maior acesso a mercados e possibilidade de gestão do risco de preço.

15.3 Planejamento de safra

Um importante fator de sucesso do modelo de produção integrada de tomate para processamento industrial é o correto planejamento da safra. O grande número de variáveis e as amplas ocilações de resultados dos principais indicadores de desempenho tornam esta tarefa extremamente crítica e podem levar a distorções que afetarão os diversos participantes envolvidos.

As empresas processadoras são, de forma geral, responsáveis pela coordenação do planejamento de safra. Isso se deve ao fato de terem contato com os produtores, pesquisadores e fornecedores de insumos e serviços e ao mesmo tempo conhecerem as capacidades de processamento disponíveis em suas unidades fabris.

Com base na necessidade de produtos acabados para atender o mercado consumidor, na área irrigada disponível e na capacidade de processamento das fábricas, é desenvolvido o plano de produção, no qual os períodos mais adequados de produção agrícola de tomate são levados em consideração.

Os resultados históricos das diversas regiões, épocas de plantio, cultivares e produtores são analisados e servem como base para o início do planejamento de safra. Porém, as variações climáticas anuais – é de vasto conhecimento a suscetibilidade do cultivo de tomate às condições climáticas – e os avanços tecnológicos aplicados à produção também devem ser considerados.

Com este plano inicial, os produtores rurais que têm áreas irrigadas e estão localizados em regiões previamente selecionadas são contatados e recebem propostas para o plantio. O preço por tonelada de tomate é, na maioria dos casos, acertado antecipadamente entre as partes, assim como a data de plantio, a variedade a ser plantada, o ciclo esperado e a produtividade estimada para cada área.

A distância entre a fábrica e a fazenda, topografia, estrutura administrativa e equipamentos do produtor rural, altitude, regime pluviométrico da região, entre outros fatores, também são avaliados no momento de escolha das áreas.

Levando-se em conta o custo de produção do tomate e a produtividade estimada, é feita uma proposta comercial aos produtores rurais interessados na cultura. A rentabilidade potencial de culturas alternativas para a mesma época de plantio também deve ser considerada.

Em uma análise do custo de produção do tomate para processamento industrial podemos observar que os principais formadores do custo são: insumos agrícolas (sementes, mudas, defensivos agrícolas e fertilizantes), transporte, colheita e operacionais (mão de obra, energia elétrica, diesel, manutenção, etc).

A representatividade de cada um destes grupos de custos no custo total de produção do tomate depende de fatores como produtividade, tipo de contrato, distância da fábrica, época de plantio, taxa de câmbio e preços dos principais *commodities*, entre outros.

O preço total pago aos produtores é fortemente baseado no peso do tomate produzido e neste mercado considera-se, em geral, em R$/tonelada. Algumas empresas oferecem adicionalmente aos produtores uma remuneração variável, que pode estar atrelada à qualidade da matéria prima ou a outros fatores. Nos casos em que a qualidade é considerada para a formação do preço total temos um incentivo, a médio e longo prazo, ao aumento da competitividade do mercado brasileiro de tomate industrial.

15.4 Época do plantio

Na região do Brasil Central o plantio se inicia em fevereiro e se estende até junho. A colheita normalmente é iniciada em junho e segue até outubro.

O período de cultivo de tomate no Brasil em uma mesma safra é o mais extenso dentre as principais nações produtoras e este fato se dá devido à ausência de fatores limitantes, tanto no início quanto no final da safra. Ao contrário dos demais países representativos no cultivo de tomate industrial, o Brasil não apresenta, nas áreas tradicionalmente cultivadas, frio intenso que possa limitar o desenvolvimento da cultura de tomate. Apesar de não contar com fatores classificados como limitantes, é importante salientar que nos extremos da safra existem fatores restritivos que dificultam a produção e não permitem que a cultura do tomate alcance todo o seu potencial produtivo e de qualidade. O principal fator restritivo é a forte umidade presente no período das chuvas das regiões tradicionais de cultivo, que atingem a cultura de tomate nas áreas iniciais transplantadas em fevereiro e podem afetar a colheita planejada para outubro.

De forma geral temos períodos de colheita mais curtos na China, com cerca de 45 dias, e mais longos em diversos países da Europa, entre 60 a 75 dias. Na Califórnia, principal

região produtora mundial, a colheita é distribuída em cerca de 90 a 100 dias. No cenário nacional, observamos alguns casos em que o período de colheita fica próximo de 150 dias.

Esta safra longa tem como benefício o melhor aproveitamento da capacidade instalada das fábricas e das áreas irrigadas das fazendas produtoras; por outro lado, tende a provocar maior variação nos principais indicadores da cadeia produtiva do tomate industrial (produtividade, volume de safra, Brix, cor etc).

O Estado de Goiás, principal produtor de tomate para processamento no Brasil, instituiu, com o objetivo de minimizar a proliferação de algumas pragas muito agressivas ao tomate, a Instrução Normativa nº 006/2011, com a determinação de que os plantios de tomate rasteiro no estado só podem ocorrer entre os dias 1º de fevereiro e 30 de junho de cada ano. O tomate tutorado destinado ao consumo fresco não sofre a mesma restrição em todos os municípios do estado e, desta forma, o benefício que esta regulamentação poderia proporcionar não é aproveitado na sua íntegra.

Dependendo da capacidade de processamento da fábrica e da demanda do mercado, algumas empresas aproveitam todo esse período para realizarem seus plantios.

Na Figura 2 temos as épocas de realização das principais atividades no cultivo de tomate nas principais regiões produtoras do Brasil.

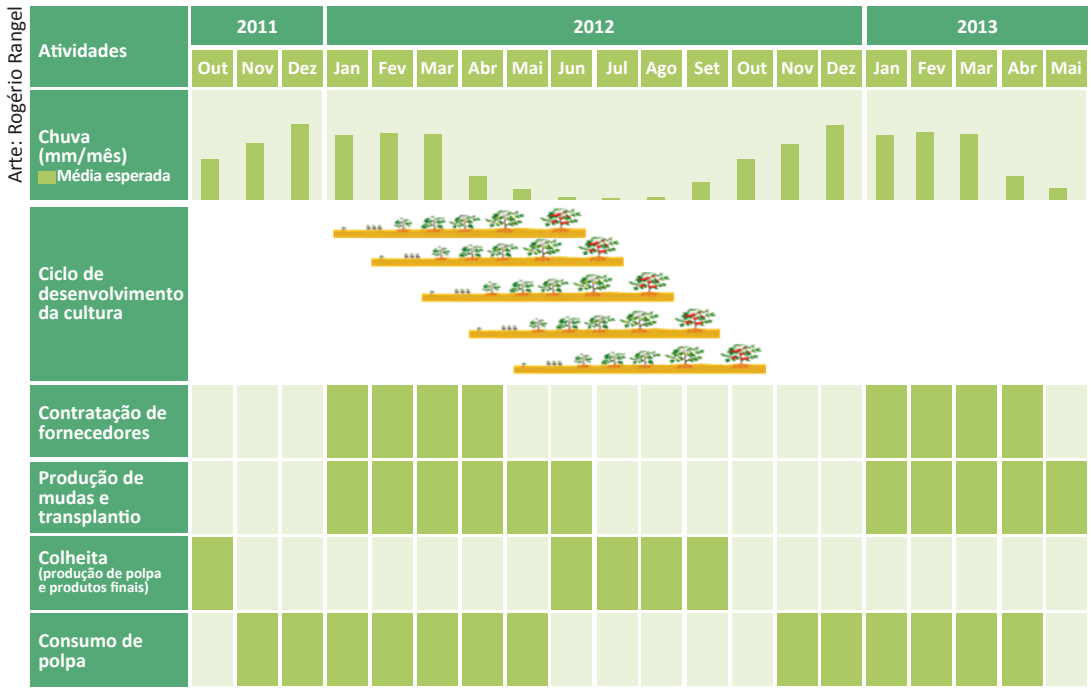


Figura 2 - Épocas das atividades no cultivo do tomate brasileiro.

15.5 Características dos materiais cultivados

Os recursos genéticos do tomateiro têm sido exaustivamente explorados em todo o mundo. No mercado são encontradas centenas de cultivares e híbridos com as mais diversas características. Na escolha de uma cultivar deve-se levar em consideração as seguintes características:

15.5.1 Ciclo

A maior parte das cultivares listadas nos catálogos das empresas de sementes possui ciclo de 105 a 145 dias. Entretanto, o período de cultivo é dependente das condições climáticas, da fertilidade do solo, da intensidade de irrigação, do ataque de pragas e da época de plantio. Plantios realizados de fevereiro a março resultam em redução do ciclo da cultura em até quinze dias, devido às temperaturas mais altas encontradas nesses períodos em relação ao plantio realizado em abril e maio. Em condições de temperaturas altas e com o desenvolvimento mais acelerado da planta, estas se apresentam com menor porte e com maturação mais concentrada de frutos. Estas variações de ciclo podem provocar a concentração de colheitas, dificultando o recebimento de tomate acima da capacidade fabril.

15.5.2 Sólidos solúveis totais

O nível dos sólidos solúveis obtidos no fruto do tomate é de vital importância para a produção de produtos industriais à base de tomate.

O indicador, formado pelo resultado do Brix médio do tomate produzido multiplicado pela produtividade em t/ha da área, representa a eficiência na produção de tomate industrial.

Quando comparada aos países grandes produtores mundiais, a produção brasileira de tomate industrial apresenta bom nível de produtividade, porém os níveis de Brix são frequentemente inferiores e comprometem a produção de sólidos solúveis totais. Com isso, as vantagens econômicas favoráveis à produção de tomates, como terra e água com boa disponibilidade e baixo custo, são anulados pelos baixos valores de sólidos solúveis obtidos.

Níveis inferiores de sólidos solúveis provocam a menor diluição dos custos fixos de produção, maiores custos com colheita e transporte e gastos adicionais no processo industrial.

15.5.3 Viscosidade aparente ou consistência

É um fator importante de qualidade dos produtos industrializados (extratos, molhos, catchups, sucos e sopas) e mede a resistência encontrada pelas moléculas ao se moverem no interior de um líquido. Nos produtos derivados de tomate mede-se a “viscosidade aparente” ou consistência. A consistência do produto processado depende não somente da cultivar, mas também da quantidade e extensão da degradação da pectina, do grau de maturação com que os frutos são colhidos e do processamento industrial.

15.5.4 Coloração

A cor é um parâmetro essencial para classificar o produto industrializado. O fruto deve apresentar cor vermelho-intensa e uniforme, externa e internamente. Tomates com boa coloração apresentam altos teores de licopeno (pigmento responsável pela coloração vermelha).

A cor dos frutos tem grande interferência na cor dos produtos finais produzidos. A polpa pode, entre outros fatores, ter o seu preço determinado pela cor.

15.5.5 Arquitetura da planta

A arquitetura da planta deve ser levada em consideração para determinação de cuidados fitossanitários, irrigação e fertilização.

As folhas protegem os frutos contra o excesso de radiação solar, que podem causar a escaldadura (queima dos frutos pela incidência direta da luz solar). Entretanto, o excesso de folhas dificulta a distribuição uniforme de agrotóxicos e mantém maior umidade sob as plantas, favorecendo o desenvolvimento de patógenos.

15.5.6 Acidez

Além de influenciar o sabor, também interfere no período de aquecimento necessário para a esterilização dos produtos. Em geral, é desejável um pH inferior a 4,5 para impedir a proliferação de microrganismos no produto final. Valores superiores requerem períodos mais longos de esterilização, ocasionando maior consumo de energia e maior custo de processamento. Quando são utilizados tomates com acidez inferior a 4,0 existe a possibilidade de que o produto final tenha sabor excessivamente ácido, característica não apreciada pelo consumidor.

15.5.7 Firmeza

A firmeza do fruto confere resistência a danos durante o transporte, que geralmente é feito a granel. Os frutos considerados moles são mais sujeitos a deformações e ao rompimento da epiderme, com liberação do suco celular, ocorrendo fermentação, deterioração e perda de rendimento industrial.

A firmeza é também característica desejável na colheita mecanizada, pois frutos mais firmes sofrem menor nível de danos nesta operação.

15.5.8 Concentração de maturação

Com a utilização da colheita mecanizada, a concentração da maturação dos frutos tornou-se uma característica ainda mais importante a ser considerada na escolha da cultivar. A concentração de maturação também é influenciada pelas condições climáticas, teor de umidade no solo e época de paralisação ou redução da irrigação.

15.5.9 Resistência a doenças

As cultivares devem apresentar tolerância ou resistência ao maior número de doenças possíveis, principalmente às de difícil controle, tais como: murcha-de-fusário, mancha-de-estenfílio, pinta-bacteriana, mancha-bacteriana, murcha-de-verticílio, requeima, nematoides, tospovírus, geminivírus, etc.

15.5.10 Retenção de pedúnculo

Em algumas cultivares, o pedúnculo não se destaca facilmente da planta por ocasião da colheita devido à ausência de uma camada de abscisão no mesmo. Nessas cultivares o fruto segue para o processamento com pedúnculo, que permanece aderido à planta. Sem o pedúnculo, a colheita é facilitada e evita-se o trabalho de remoção dos pedúnculos na linha de processamento. Cultivares com essa característica são denominadas “jointless” (“sem joelho”).

15.5.11 Formato e tamanho do fruto

A forma dos frutos é importante na caracterização de cultivares e, dependendo do tipo de produto processado a que se destina o tomate, existe certa preferência por determinados formatos de fruto. As cultivares com frutos do tipo periforme e oblongos são as preferidas para produção de frutos pelados inteiros e também para produção de tomate em cubos. Para produção de polpa concentrada, extrato ou catchup, o formato não é relevante.

Cultivares com frutos muito pequenos, menores que 3 cm de diâmetro, não são recomendadas, por ocasionarem menor rendimento durante o processo de colheita.

Evidentemente, é muito difícil encontrar híbridos cujas plantas apresentem todas estas características em níveis ideais. Por isso, a demanda dos produtores envolvidos diretamente

na cadeia produtiva se encarrega de optar por híbridos que combinem maior produtividade com qualidade e que atendam, consequentemente, à demanda da indústria (Tabela 2).

Tabela 2
Principais híbridos de tomate para processamento industrial.

Empresa	Híbridos	Época de transplantio	Ciclo (dias)	Resistência a doenças*	Tamanho do fruto	Tamanho da planta	Firmeza	Firmeza Potencial de Brix
CAMPBELL	CXD 277	Médio e Tardio	110-120	V FF N P	Médio Grande	Grande	Média	Alto
	CXD 253	Médio	105-120	V FF P Pi	Médio	Grande	Média	Médio
EMBRAPA	BRS Sena	em Avaliação	120-130	V FF N P Ty	Médio	Média	Normal	Baixo
HARRIS MORAN	HMX 7885	Médio e Tardio	110-120	V FF N	Médio Grande	Pequena	Excelente	Médio
	HMX7889	Cedo e Médio	115-130	V FF N P TSWV	Grande	Média	Boa	Alto
HEINZ	H 9889	Médio	105-115	V FF N A	Médio-Grande	Média	Alta	Alto
	H 9553	Cedo e Tardio	110-120	V FF N A	Pequeno	Grande	Alta	Baixo
	H 9995	Médio	110-120	V FF N P A	Médio	Grande	Baixa	Alto
	H 9992	Médio	120-130	V FF N P A	Pequeno	Grande	Alta	Baixo
ISI	UT 761	Médio e Tardio	145	V FF N P	Médio	Média	Alta	Médio/Alto
NUNHENZ	U2006	Cedo	110-120	V FF N	Médio	Pequena	Média	Baixo
	N901	Médio e Tardio	120-130	V F N P	Médio	Média-Grande	Boa	Médio
SEMINIS	HYpeel 108	Médio	110-115	V FF N P	Grande	Grande	Alta	Alto
	AP 533	Cedo	125-130	V FF N A Ss	Grande	Grande	Normal	Baixo
UNITED	UG 8169	Cedo e Tardio	110-120	V FF	Médio	Grande	Média	Médio
WOODBRIGDE	RIO TIETÊ	Médio	100-110	V FF N ToMV	Médio -Grande	Grande	Média	Alto
	RIO VERMELHO	Tardio	120-130	V FF N ToMV	Grande	Grande	Média	Alto

(*)V: *Verticillium dahliae*; F: Fusarium raça 1-*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raça 1; FF: genes I e I2-*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* raça 1 e 2; N: *Meloidogyne incognita*; P: Pinta-bacteriana causada por *Pseudomonas syringae* pv. Tomato, raça 0 ; Pi: *Phytophthora infestans*; A: tolerância ao cancro da haste causado por *Alternaria alternata* f. sp. *lycopersici*; Ss: *Stemphylium solani*; TSWV: *Tomato spotted wilt virus*; ToMV: *Tomato mosaic virus*; Ty: tolerância a begomovírus

Fonte: Empresas produtoras de sementes

15.6 Colheita e transporte

O tomate, para o processamento industrial, deve ser colhido o mais maduro possível, antes do início da deterioração. Contudo, a presença de frutos com defeitos é tolerada dentro de certos limites estabelecidos pela classificação da indústria.

A colheita realizada mecanicamente é uma realidade crescente e soma diversos benefícios para o produtor e para a fábrica.

O transporte do tomate é feito a granel em diversos tipos de caminhões. Não existe no Brasil uma padronização do modelo de transporte adotado pelas diversas empresas prestadoras deste serviço. O transporte a granel facilita as operações de carregamento e o descarregamento, reduzindo os gastos com mão de obra nas fazendas e nas fábricas. Entretanto, exige que a cultivar possua frutos menos sujeitos a danos mecânicos, para minimizar perdas.

O custo do transporte representa parte significativa do custo de produção do tomate industrial e sofre grande variação de acordo com a distância entre às fazendas produtoras e as fábricas. Regiões agrícolas com condições favoráveis à produção de tomate e com alta disponibilidade de áreas irrigadas têm o cultivo restringido pela inviabilidade econômica de transportar o tomate a longas distâncias.

O correto planejamento do transporte, como parte do planejamento total da safra, pode ser fator de diferenciação entre os participantes do mercado, pois afeta o custo e a qualidade da matéria-prima.

15.7 Classificação

Ao chegarem às fábricas os caminhões são postos em fila de espera, indo em seguida para a área de drenagem e classificação. Uma sonda retira uma amostra que será usada para avaliar a qualidade do tomate, determinando se haverá descontos ou premiações, e qual será sua finalidade dentro da fábrica (Figura 3).

Foto: Rogério Rangel



Figura 3 - Retirada de amostra por sonda.

Atualmente as indústrias usam como base a Portaria nº 278, de 30 de novembro de 1988, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a determinação de parâmetros de classificação, sendo os principais:

15.7.1 Fruto bom

É o fruto sadio, com coloração avermelhada, uniforme, sem pedúnculo, fisiologicamente desenvolvido, limpo, com textura de polpa firme, livre de danos mecânicos, fisiológicos, pragas e doenças.

15.7.2 Defeitos gerais

a – Fruto queimado

Apresenta descoloração, causada pela perda de folhagem por ataque de fungos, bactérias e insetos, e ação do sol ou do frio. Impacto no processamento (pasta): afeta cor e rendimento.

b – Fruto descolorido

Apresenta coloração amarelada (fisiológica) ou com início de maturação, passando do verde ao amarelo-alaranjado. O fruto com mais de 25 e menos de 50% de sua superfície verde ou amarelada, será considerado descolorido. As causas podem ser fisiológicas, genéticas, colheita antes da maturação, e/ou ataque de mosca branca. Afeta a cor no processamento.

c – Fruto amassado

Apresenta-se com depressões, devido à ação do transporte ou outras causas mecânicas, porém, sem contaminação física (ramas, folhas, etc). As principais causas são materiais com baixa firmeza, transporte (distância, altura, excesso de peso), ponto de maturação elevado, tempo de fila. Os impactos no processamento (pasta) são rompimento das células e baixo rendimento.

d – Fruto com coração preto

Se apresenta com necrose na polpa ou na placenta, causada por deficiência de nutrientes (principalmente cálcio), baixo pH do solo e deficiência hídrica. O impacto no processo (pasta) é a incidência de pintas pretas.

e – Fruto com pedúnculo

Tem o pedúnculo aderido ao fruto sendo causado, principalmente, por colheita mecânica e por determinadas variedades. Como impacto no processo (pasta), afeta a refinação e na qualidade do produto acabado (molhos com cubos de tomates).

15.7.3 Defeitos graves

a – Frutos verdes

São frutos que não atingiram seu completo desenvolvimento fisiológico, apresentando mais de 50% de sua superfície verde. Têm como causas principais a maturação desuniforme e seletores desregulados das colhedeiras. Impacta no processo (pasta) afetando a cor e consistência.

b – Frutos bichados ou brocados

Apresentam-se com presença de larvas ou seus efeitos (furos). Os impactos no processo (pasta) são incidência de pintas pretas e fragmentos de insetos.

c – Fruto mofado

Apresenta-se com mofo (podridão), causado por fungos, clima, excesso de maturação, transporte e tempo de fila. Os impactos no processo (pasta) são perda de rendimento e alta contaminação, afetando também a consistência e as características organolépticas.

d – Fruto desintegrado

Apresenta-se em decomposição, devido à excessiva maturação ou ação de agentes microbiológicos. Pode estar inteiro ou fragmentado, devido a excesso de maturação, colheita fora do ciclo, transporte e fila. No processamento industrial, pode provocar baixo rendimento, risco de contaminação e problemas de consistência.

e – Fruto com fundo preto

Apresenta-se com podridão apical, causada por falta ou excesso de água e deficiência de cálcio no solo. Os impactos no processo (pasta) são contaminação e incidência de manchas pretas.

f – Impurezas

Presença de partes da planta de tomate e de outras culturas tais como, folhas, caule, sabugos, raízes e/ou presença de outras sujidades na carga. Impactam gerando custos extras para a retirada das impurezas e desgaste maior dos equipamentos industriais.

g – Terra

Proveniente da colheita mecânica, tendo como causas principais solos mal preparados, topografia acentuada e colhedeiras desreguladas. Causa impactos negativos tanto para o produtor rural, devido ao aumento do custo de transporte e do custo de colheita, quanto para a indústria processadora, devido ao maior desgaste dos equipamentos, aumento no custo do tratamento de efluentes e risco de contaminação física e biológica do produto final.

15.8 Mercado

Os produtos à base de tomate são consumidos pelas diversas classes sociais e estão presentes em todas as regiões do País. Porém o consumo médio das famílias brasileiras pode ser considerado baixo, quando comparado aos mercados mais consolidados de países desenvolvidos e com ampla tradição no consumo destes produtos.

O contínuo crescimento apresentado pelo mercado nacional de produtos atomatados, alinhado com o aumento do poder de compra da população, tem confirmado o grande potencial existente e deve posicionar o Brasil entre os grandes consumidores nos próximos anos.

A mudança dos hábitos de consumo do brasileiro que está, sobretudo nas cidades médias e grandes, buscando alternativas de alimentos prontos ou semi-preparados é outro fator que deve favorecer o aumento do consumo nos próximos anos.

Os principais produtos feitos com tomate são os molhos prontos para consumo, os extratos, as polpas e o catchup. A Figura 4 mostra a evolução das vendas no mercado nacional de cada um destes produtos.

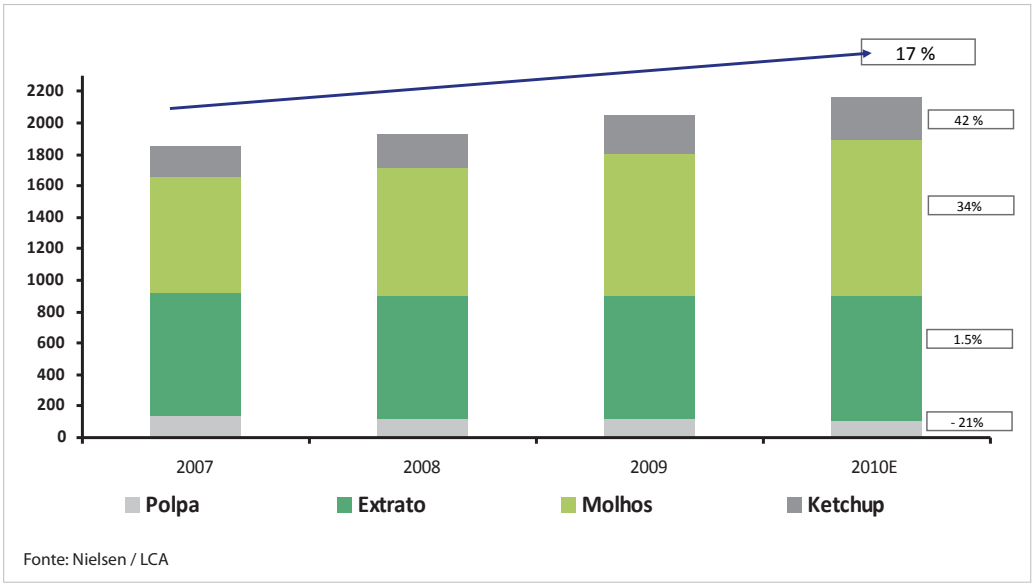


Figura 4 - Evolução das vendas no mercado nacional.

Além do crescimento da produção e venda de produtos acabados, o Brasil está sendo permanentemente analisado pelas grandes empresas processadoras e é citado em reuniões internacionais da indústria do tomate como uma alternativa de fornecimento de polpa para diversos países consumidores que não têm produção própria em nível suficiente para o total abastecimento de seus mercados.

A variação da taxa cambial nacional é um fator determinante para tornar o Brasil um exportador de polpa de tomate. Porém, em função desta oscilação cambial, existe o risco de que a produção local seja ameaçada pela entrada de polpa produzida em outras regiões do mundo (principalmente China e Chile). A definição sobre o futuro do Brasil como exportador ou importador de polpa se dará em grande parte pela relação entre o Real e as moedas internacionais.

O crescimento do mercado interno é dependente da eficiência do conjunto de fatores que o representa, inclusive para a definição de políticas públicas e econômicas que influenciam no valor relativo da moeda nacional. Portanto, é necessário que a cadeia produtiva trabalhe fortemente para superar grandes desafios:

- desenvolver acordos comerciais que tornem o País mais competitivo no mercado exportador (mesmo considerando o risco das importações);
- investir constantemente na qualidade da matéria-prima e dos produtos finais;
- melhorar o planejamento produtivo integrado e a logística agrícola;
- investir em pesquisa agrícola, para resolução dos desafios técnicos;
- aumentar continuamente a eficiência de toda a cadeia.

Desta forma, a cadeia produtiva estará mais preparada para enfrentar os desafios do mercado internacional e para aproveitar oportunidades futuras.

Dentre estas oportunidades destaca-se a diminuição dos subsídios agrícolas da União Européia, o que deve causar forte mudança no cenário internacional de polpa, e a instabilidade da produção de tomate na China, devido aos grandes riscos climáticos que ocorrem nas regiões produtoras de tomate do país, que nos últimos anos se posicionou como um dos principais exportadores mundiais.

15.9 Referências

ALVARENGA, M. A. R. (Ed.). **Tomate: produção em campo, em casa de vegetação e em hidroponia.** Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004. 393 p.

CHADDAD, F. R**. Nós estamos em todos os cantos do mundo: a transformação do sistema agroalimentar no Brasil 1990** – 2005. Disponível em: <http://www.dcomercio.com.br/especiais/outros/digesto/digesto_02/cantos_mundo_02.htm>. Acesso em: 22 jul. 2011.

GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C. (Org.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília, DF: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia: Embrapa-CNPH, 2000. 168 p.

GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C; BARBOSA, V. Escolha de cultivares e plantio. In: GIORDANO, L. B.; SILVA, J. B. C. (Org.). **Tomate para processamento industrial**. Brasília, DF: EMBRAPA Comunicação para Transferência de Tecnologia: Embrapa-CNPH, 2000. p. 36-59.

GLOVER, D.; KUSTERER, K. **Small farmers, big business**: contract farming and rural development. London: Macmillan, 1990. 170p.