

Irrigação da cultura do **TOMATEIRO ORGÂNICO**

Enfoque no manejo de
doenças e de insetos-praga



*Waldir Aparecido Marouelli
Daniel Anacleto da Costa Lage
Marcos Brandão Braga*

Irrigação da cultura do TOMATEIRO ORGÂNICO

Enfoque no manejo de
doenças e de insetos-praga

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

Irrigação da cultura do TOMATEIRO ORGÂNICO

Enfoque no manejo de
doenças e de insetos-praga

*Waldir Aparecido Marouelli
Daniel Anacleto da Costa Lage
Marcos Brandão Braga*

Embrapa
Brasília, DF
2014

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Hortaliças

Rodovia Brasília-Anápolis, BR-060, Km 9
70351-970 Gama, DF
Fone: (61) 3385-9000
Fax: (61) 3556-5744
www.cnph.embrapa.br
cnph.sac@embrapa.br

Unidade responsável pelo conteúdo

Embrapa Hortaliças

Comitê Local de Publicações

Presidente

Warley Marcos Nascimento

Editor-técnico

Fábio Akiyoshi Suinaga

Supervisor editorial

George James

Membros

Mariane Carvalho Vidal

Jadir Borges Pinheiro

Ricardo Borges Pereira

Ítalo Moraes Rocha Guedes

Carlos Eduardo Pacheco Lima

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica (PqEB)
Av. W3 Norte (Final)
70770-901 Brasília, DF
Fone: (61) 3448-4236
Fax: (61) 3448-2494
www.embrapa.br/livraria
livraria@embrapa.br

Unidade responsável pela edição

Embrapa Informação Tecnológica

Coordenação editorial

Selma Lúcia Lira Beltrão

Lucilene Maria de Andrade

Nilda Maria da Cunha Sette

Supervisão editorial

Josmária Madalena Lopes

Revisão de texto

Francisco C. Martins

Normalização bibliográfica

Márcia Maria Pereira de Souza

Projeto gráfico e editoração eletrônica

Júlio César da Silva Delfino

Capa

Júlio César da Silva Delfino

Fotos da capa e da orelha da capa

Waldir Aparecido Marouelli

Foto da orelha da quarta capa

Paula Fernandes Rodrigues

1ª edição

1ª impressão (2014): 1.000 exemplares

Todos os direitos reservados

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Informação Tecnológica

Marouelli, Waldir Aparecido.

Irrigação da cultura do tomateiro orgânico : enfoque no manejo de doenças e de insetos-praga /
Waldir Aparecido Marouelli, Daniel Anacleto da Costa Lage, Marcos Brandão Braga. – Brasília,
DF : Embrapa, 2014.

107 p. : il. color ; 16 cm x 22 cm.

ISBN 978-85-7035-286-6

1. Sistema de cultivo. 2. Agroecologia. 3. Cultura irrigada. 4. Manejo de água. 5. Manejo
integrado de pragas. I. Lage, Daniel Anacleto da Costa. II. Braga, Marcos Brandão. III. Embrapa
Hortaliças.

CDD 630.5

© Embrapa 2014

Autores

Waldir Aparecido Marouelli

Engenheiro-agrícola, doutor em Engenharia Agrícola e de Biosistemas, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF
waldir.marouelli@embrapa.br

Daniel Anacleto da Costa Lage

Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitopatologia, pesquisador da Agrícola Wehrmann, Brasília, DF
danielcostalage@gmail.com

Marcos Brandão Braga

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Hortaliças, Brasília, DF
marcos.braga@embrapa.br

Irrigando tomates orgânicos

*Muitas doenças são favorecidas pela água...
Outras poucas e alguns insetos-praga,
reduzidos.*

*Se para produzir tomates temos que irrigar...
Que a água seja aplicada de forma correta às
plantas.*

*Doenças e insetos-praga serão reduzidos...
Maior produção e frutos de melhor qualidade
colhidos.*

*O produtor, o consumidor e o ambiente
agradecem.*

E nós, pesquisadores, gratificados.

Waldir Marouelli

Os autores desta obra a dedicam àqueles que atuam com agricultura orgânica ou de base agroecológica, nas áreas de produção, pesquisa, ensino e transferência, e aos consumidores que demandam alimentos livres de resíduos químicos, produzidos de maneira ambientalmente sustentável.

Os autores desta obra agradecem aos colegas da Embrapa e de instituições parceiras, incluindo estudantes de graduação e de pós-graduação, que contribuíram na condução de experimentos de campo e unidades de validação de muitas das tecnologias aqui apresentadas.

Agradecem, também, à Embrapa e ao Conselho Nacional de Pesquisa Tecnológica (CNPq), pelo aporte financeiro em vários projetos de pesquisa e desenvolvimento, além de atividades de validação e de transferência de tecnologias.

Apresentação

O crescimento da demanda por produtos orgânicos – livres de resíduos químicos – e a busca contínua por maior sustentabilidade das atividades agrícolas têm exigido do setor produtivo e dos governos mais investimentos para o desenvolvimento de tecnologias que possibilitem aumentar a produção de alimentos orgânicos, seja pela incorporação de novas áreas ao sistema produtivo, seja, principalmente, pelo aumento da produtividade.

Entre os alimentos produzidos em ambientes livres de agrotóxicos, as hortaliças vêm merecendo grande atenção de pesquisadores em todo o mundo, com vistas a aumentar a eficiência dos sistemas orgânicos de produção. A exemplo de outras instituições públicas e privadas – e ciente da demanda crescente por tais produtos – a Embrapa tem buscado adaptar, aprimorar e desenvolver tecnologias específicas para produção de orgânicos.

O tomateiro é uma das hortaliças que demanda maior uso de agrotóxicos em sistemas convencionais de produção. Isso decorre da grande suscetibilidade dessa cultura a doenças e a insetos-praga, além do desconhecimento, por parte de alguns produtores, do emprego de outras medidas de manejo, tornando o cultivo dessa hortaliça um desafio para a produção em sistemas orgânicos. Geralmente, a produção de tomate em sistemas orgânicos é de 20% a no máximo 50% daquela obtida em sistemas convencionais, além de os frutos terem aspecto visual inferior aos tomates produzidos convencionalmente.

Entre as práticas culturais, a irrigação é das mais fundamentais para o cultivo do tomateiro. Mesmo durante a estação chuvosa, essa prática deve ser aplicada, para garantir o suprimento hídrico das plantas, sobretudo em períodos de veranicos. Além disso, muitos cultivos são feitos em ambientes protegidos. Por sua vez, a irrigação é uma das práticas que causam maiores impactos na ocorrência de doenças dessa cultura.

O manejo adequado da irrigação também pode reduzir a incidência de insetos-praga, os quais são controlados em sistemas convencionais de produção com uso frequente de agrotóxicos. Na produção orgânica – aliada a outras práticas de manejo –, a irrigação deve ser usada de modo a

desfavorecer a prevalência de tais pragas e auxiliar o controle fitossanitário por meio do equilíbrio e do aumento da biodiversidade no ambiente.

Neste trabalho, a irrigação não é tratada apenas como forma de se fornecer água para as plantas, mas como importante prática no manejo integrado de doenças e de insetos-praga. Manejando-se a irrigação dentro desse enfoque sistêmico e integrado, é possível obter produtividades acima de 100 t ha⁻¹ em sistemas orgânicos de produção. Além disso, mesmo tratando-se de uma publicação focada na produção de tomate em sistemas orgânicos, muitas das informações e tecnologias aqui apresentadas podem ser aplicadas com vantagens em sistemas convencionais de produção de tomate.

Irrigação da cultura do tomateiro orgânico: enfoque no manejo de doenças e de insetos-praga resulta da experiência dos autores, adquirida na condução de inúmeros experimentos de campo, além do aperfeiçoamento técnico e da validação de tecnologias aqui apresentadas.

Esta publicação reúne uma série de tecnologias, arranjos tecnológicos e recomendações técnicas sobre irrigação em tomateiro orgânico, capazes de incrementar a lucratividade e a sustentabilidade do setor produtivo do tomate, assim como possibilitar a oferta de tomates orgânicos de melhor qualidade e com preços mais acessíveis ao consumidor.

Jairo Vidal Vieira
Chefe-Geral da Embrapa Hortaliças

Prefácio

Irrigação da cultura do tomateiro orgânico: enfoque no manejo de doenças e de insetos-praga é um livro de conteúdo prático, com recomendações técnicas atuais e originais sobre irrigação, dentro de uma abordagem sistêmica e integrada com as medidas de manejo de doenças e de insetos-praga, fundamental para o sucesso da produção de tomate em sistemas orgânicos.

Em primeiro lugar, são apresentados e discutidos os sistemas de irrigação com maior potencial de aproveitamento na produção de tomate em cultivos orgânicos. Também é proposto o uso de sistemas conjugados em que a irrigação é feita dependendo das condições climáticas e valendo-se de equipamentos que molham apenas o solo ou a planta, sempre visando reduzir a ocorrência de doenças e de insetos-praga.

Em seguida, são mostrados critérios mais adequados na seleção de sistemas de irrigação para condições específicas de cultivo orgânico. Depois, são descritos os principais cuidados e procedimentos de manutenção para melhor funcionamento do sistema selecionado. Logo após, é abordada a necessidade de água nos diferentes estádios de desenvolvimento do tomateiro nesse tipo de cultivo.

Por último, são descritos os tipos de manejo da água de irrigação, em que se apresentam três procedimentos práticos para determinar quando e quanto irrigar o tomateiro. Além disso, há recomendações gerais sobre o manejo de água em solos com algum tipo de cobertura, em cultivos de tomate em sistemas de consórcio e em casas de vegetação, bem como critérios para determinar o melhor horário para irrigar.

Além de fonte de consulta atualizada para pesquisadores, professores e estudantes de graduação e de pós-graduação na área agrícola, este livro também fornece a produtores e técnicos ligados à área de produção de tomate um conjunto de informações, procedimentos e tecnologias – para aprimoramento do manejo da água de irrigação –, incluindo manejo integrado de doenças e insetos-praga em sistemas orgânicos de produção.

Uma vez adotadas, as recomendações contidas nesta obra contribuirão na redução do desperdício de água e de energia para irrigação, na melhoria do uso de nutrientes pelas plantas, no controle de doenças e de insetos-praga e no aumento da produtividade de tomate orgânico.

Assim, o produtor poderá reduzir os riscos fitossanitários, ter maior lucratividade e ainda aumentar a oferta de tomates de melhor qualidade, beneficiando o consumidor final.

Os autores

Sumário

Introdução	19
Sistemas de irrigação	21
Irrigação por aspersão	24
Irrigação por aspersão subcopa	32
Irrigação por gotejamento.....	34
Irrigação por sulco	40
Irrigação com sistema conjugado.....	42
Seleção de sistemas de irrigação	47
Cuidados e manutenção de sistemas de irrigação	53
Necessidade de água da cultura	55
Estádio de formação de mudas	57
Estádio inicial.....	58
Estádio vegetativo.....	59
Estádio de frutificação	59
Estádio de maturação	60
Manejo da água de irrigação	61
Método do calendário de irrigação.....	62
Método do tato-aparência	71
Método simplificado da tensão de água no solo.....	75
Horário de irrigar	78
Irrigação em solo com cobertura (<i>mulch</i>).....	80
Irrigação em cultivos consorciados	83
Irrigação em casas de vegetação	86
Irrigação de tomateiro para processamento.....	88
Referências	91
Literatura recomendada	93
Glossário	97

Introdução

Sistemas orgânicos de produção buscam minimizar a dependência de insumos externos à propriedade e potencializar o uso de recursos naturais com práticas mais sustentáveis e que harmonizem o ambiente, de modo a reduzir, por exemplo, impactos com doenças e insetos-praga e o uso inadequado de água, não permitindo o uso de fertilizantes químicos, de defensivos sintéticos e de reguladores de crescimento, garantindo assim a produção de alimentos livres de resíduos químicos e com menor impacto ambiental, comparativamente aos sistemas convencionais de produção.

Acompanhando a crescente demanda do mercado interno e mundial por alimentos livres de agrotóxicos e produzidos em ambientes mais sustentáveis, as hortaliças vêm merecendo grande atenção de pesquisadores em todo o mundo, com vistas a adaptar, aprimorar e aumentar a eficiência dos sistemas orgânicos de produção.

O cultivo do tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) é um desafio para a produção em sistemas orgânicos em decorrência da grande suscetibilidade da cultura a doenças e insetos-praga. Por isso, requer maior uso de agrotóxicos em sistemas convencionais de produção, sendo preciso fazer de uma a três pulverizações semanais. Isso faz com que o tomate produzido em sistemas orgânicos seja muito demandado pelo consumidor e torne seu custo superior ao do tomate produzido em sistemas convencionais.

Dentro da concepção da agricultura orgânica, o produtor deve conviver com as pragas e manejar o sistema produtivo de modo a desfavorecê-las, e não eliminá-las por completo, de maneira que a utilização de diversas práticas culturais – que aumentem o equilíbrio e a biodiversidade do ambiente e minimizem o impacto das pragas – se torne imprescindível.

Em decorrência dos diversos problemas fitossanitários, a produção de tomate é realizada, principalmente, durante a estação seca do ano, sendo a irrigação prática fundamental para garantir o pleno desenvolvimento do tomateiro. Mesmo quando o cultivo é feito na estação chuvosa, a irrigação deve ser usada para suplementar as exigências hídricas do tomateiro, em especial durante períodos de veranicos.

A irrigação é uma das práticas culturais com maior impacto na ocorrência de doenças no tomateiro, na produtividade e na qualidade de frutos. A frequência de irrigação, a quantidade de água fornecida e a

forma com que esta é aplicada às plantas interferem na disseminação e na sobrevivência dos patógenos e no processo de colonização e infecção da planta, afetando a severidade da doença. Mesmo em menor intensidade, a irrigação também pode afetar a ocorrência de diferentes insetos-praga.

Tanto quanto a deficiência, o excesso de água tem efeito prejudicial sobre a produtividade e a qualidade de frutos. Muitas vezes, é possível obter incrementos significativos de produtividade e tomates de melhor qualidade com redução na quantidade de água aplicada, somente irrigando-se corretamente. No entanto, apesar de ser uma prática incorporada ao sistema produtivo do tomateiro, a irrigação ainda é praticada de maneira inadequada pela grande maioria dos produtores.

O objetivo desta obra é sugerir procedimentos e apresentar informações técnicas atualizadas sobre os principais sistemas de irrigação e métodos de manejo de água disponíveis sobre a produção de tomate em sistemas orgânicos, com enfoque no manejo integrado de doenças e de insetos-praga.

Sistemas de irrigação

O tomateiro pode ter crescimento indeterminado (Figura 1), sendo usado, principalmente, na produção de frutos de mesa (consumo in natura), ou crescimento determinado (Figura 2), quando produz não apenas para frutos de mesa, mas também para processamento industrial.

Por apresentar ciclo mais longo, as cultivares de crescimento indeterminado geralmente são mais suscetíveis a problemas fitossanitários. Para minimizar tais problemas, as plantas são tutoradas na vertical e as irrigações, em sistemas convencionais de produção, são comumente feitas por gotejamento ou por sulco.

Por sua vez, o tomateiro de crescimento determinado é conduzido sem tutoramento e, por motivo econômico, as irrigações são feitas por aspersão, ainda que maiores produtividades sejam alcançadas quando se irriga por gotejamento.

Existe uma estreita relação entre a ocorrência de algumas doenças e insetos-praga no tomateiro e a forma com que a água é aplicada às plantas, ou seja, o sistema de irrigação adotado. Geralmente, a aspersão



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 1. Plantas de tomateiro de crescimento indeterminado conduzido por tutoramento, para produção de frutos de mesa (consumo in natura).

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Figura 2. Plantas de tomateiro de crescimento determinado, com produção destinada para frutos de mesa (consumo in natura) ou para processamento industrial.

acarreta maior ocorrência de doenças de parte aérea, enquanto os sistemas por sulco e por gotejamento favorecem doenças provocadas por patógenos de solo (Tabela 1). Quanto aos insetos-praga, o impacto das gotas d'água aplicadas na aspersão pode agir na remoção de ovos e larvas, reduzindo os danos causados por alguns insetos danosos para a cultura.

Diferentemente da produção convencional de tomate de mesa feita de forma tutorada, em que o sistema de irrigação por gotejamento é tido como o mais apropriado, não existe nenhum sistema que possa ser considerado ideal para a produção de tomate orgânico. Todos os sistemas apresentam vantagens e desvantagens, sobretudo no que se refere à forma com que cada sistema interage com o manejo nutricional e, principalmente, com as doenças e insetos-praga em lavouras de tomate orgânico. Assim, para se selecionar o sistema mais adequado, é preciso que se avalie cada condição específica de cultivo, incluindo-se clima e solo.

Estudos conduzidos na Embrapa Hortaliças, desde 2008, avaliaram diferentes configurações de sistemas de irrigação para a produção de tomate orgânico, incluindo-se irrigação por gotejamento, por sulco e por aspersão. Na irrigação por gotejamento, foram testados sistemas com uma e duas linhas laterais por fileiras de plantas, incluindo o uso de cobertura

Tabela 1. Intensidade relativa⁽¹⁾ de algumas doenças do tomateiro, conforme o sistema de irrigação adotado.

Doença	Sistema de irrigação				
	Aspersão gotas grandes	Aspersão gotas pequenas	Microaspersão "subcopa"	Sulco	Gotejo
Bacterianas					
Mancha-bacteriana (<i>Xanthomonas</i> spp.)	5	3	3	1	1
Murcha-bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>)	2	2	2	5	5
Pinta-bacteriana (<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>tomato</i>)	5	3	3	1	1
Fúngicas					
Murcha-de-fusário (<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Lycopersici</i>)	2	2	2	4	4
Oídio (<i>Leveillula taurica</i>)	1	1	3	5	5
Pinta-preta (<i>Alternaria</i> spp.)	5	5	4	3	3
Requeima (<i>Phytophthora infestans</i>)	5	5	3	2	2
Rizoctoniose-dos- frutos (<i>Rhizoctonia solani</i>)	3	3	3	2	1
Septoriose (<i>Septoria lycopersici</i>)	5	3	2	1	1

⁽¹⁾ Escala entre 1 e 5, em que 1 representa pequena intensidade e 5 representa grande intensidade de doença.

Fonte: adaptado de Lopes et al. (2006).

do solo (*mulch*) com lona plástica preta e palhada. No sistema por aspersão convencional, foram avaliados aspersores de impacto de médio porte, posicionados acima do dossel das plantas, e microaspersores para irrigação subcopa e acima do dossel, com e sem cobertura do solo com palhada.

Nesses estudos, também avaliou-se o uso conjugado de dois sistemas distintos de irrigação, sendo um capaz de molhar toda a parte aérea do tomateiro (aspersão) e o outro de molhar apenas o solo (gotejamento ou sulco). O sistema conjugado alcançou grande sucesso, em termos econômicos e de produtividade, por aliar os aspectos positivos de cada sistema individual, quando aplicado no momento adequado e manejado de forma correta.

Irrigação por aspersão

Entre os sistemas de irrigação por aspersão, aqueles por aspersão convencional (Figura 3) são os mais recomendados na produção de tomate orgânico, por sua maior flexibilidade para uso em pequenas áreas. Sistema pivô central (Figura 4), muito usado na produção convencional de tomate para processamento em grandes áreas, não é economicamente viável, na produção de tomate orgânico.

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Figura 3. Sistema de irrigação por aspersão convencional, com aspersores de impacto, em lavoura de tomate.

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Figura 4. Sistema de irrigação por aspersão tipo pivô central em lavoura de tomate para processamento industrial.

Aspectos gerais dos sistemas

Dependendo de como o equipamento é manejado no campo, os sistemas convencionais por aspersão são classificados em portátil, semiportátil e fixo. Os principais componentes dos sistemas são (Figura 5):

- Conjunto motobomba.
- Linha adutora.
- Linha principal.
- Linhas laterais.
- Aspersores.

No sistema portátil, os componentes são deslocados, manualmente, na área a ser irrigada. Seu custo inicial de aquisição é relativamente baixo, mas requer maior quantidade de mão de obra para as mudanças dos componentes de posição. No sistema fixo, nenhum dos componentes do sistema deve ser movido, o que aumenta o custo desse sistema, mas reduz, expressivamente, o uso de mão de obra. No sistema semiportátil,

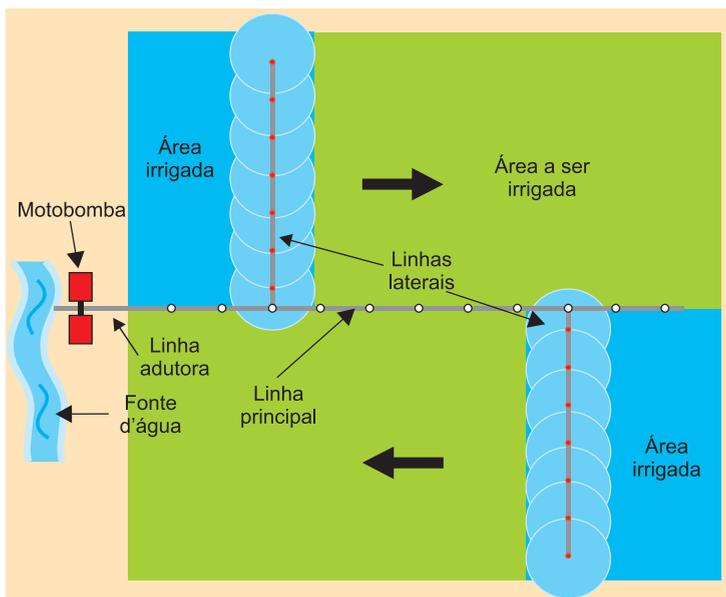


Figura 5. Sistema de irrigação por aspersão convencional semiportátil, com duas linhas laterais móveis.

Fonte: Marouelli et al. (2008).

as linhas laterais e os aspersores são movidos manualmente, enquanto seus demais componentes permanecem fixos.

Aspersores de impacto, tamanho pequeno e médio, com raio de alcance inferior a 25 m, com espaçamento de 6 m x 6 m até 18 m x 24 m, operando a pressões de serviço entre 150 kPa e 300 kPa, são os mais usados na aspersão convencional. Aspersores que operam sob tais condições proporcionam uma intensidade de aplicação de água entre 10 mm h⁻¹ e 30 mm h⁻¹ e produzem gotas de tamanho médio a grande, sendo tanto maiores quanto maior o diâmetro dos bocais e menor a pressão de serviço.

Sistemas convencionais por aspersão também englobam aqueles por microaspersão (Figura 6) e com tubos perfurados do tipo Santeno[®] (Figura 7), quando usados para irrigar toda a superfície do solo. Microaspersores e tubos perfurados geram gotas de água de pequeno diâmetro, as quais são mais facilmente transportadas pelo vento.

Geralmente, microaspersores são espaçados entre 2 m e 6 m e funcionam com pressão de serviço de 80 kPa a 200 kPa. No sistema Santeno[®], a água é distribuída através de tubos de polietileno perfurados, com orifícios na ordem de 0,3 mm de diâmetro e pressão de serviço de 75 kPa a 100 kPa. Para se obter boa distribuição de água

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Figura 6. Sistema de irrigação por aspersão convencional, com microaspersores, em lavoura de tomate.



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 7. Sistema de irrigação por aspersão convencional, com tubos perfurados instalados acima das plantas, em lavoura de tomate.

na lavoura, o espaçamento entre tubos perfurados pode ser de até 3 m, caso os tubos sejam instalados acima do dossel. Se os tubos forem instalados sobre a superfície do solo, a partir de certa idade, as plantas interceptam os jatos de água; assim, para que toda a área seja irrigada, deve-se instalar um tubo perfurado entre cada duas fileiras de plantas.

A adoção de espaçamento correto entre aspersores e microaspersores é fundamental para que sistemas por aspersão apliquem água às plantas com uniformidade de distribuição aceitável. Como regra geral, o espaçamento deve ser tal que um aspersor seja capaz de jogar água no outro, ou seja, deve ser próximo ao raio de alcance do aspersor. Tal critério se aplica para condições de vento leve a moderado. Para situações de muito vento, deve-se reduzir o espaçamento entre aspersores ou adotar outro sistema de irrigação.

Em decorrência da arquitetura da planta de tomate e das características dos equipamentos por aspersão disponíveis no mercado, a quase totalidade dos emissores de água (aspersores, microaspersores e tubos perfurados) deve ser instalada acima do dossel (20 cm a 50 cm), para evitar que as plantas interceptem as gotas de água que saem dos emissores e prejudiquem a uniformidade de distribuição de água na lavoura. Assim, toda a planta é molhada no momento em que é irrigada.

As principais vantagens dos sistemas por aspersão convencional são a flexibilidade de manejo e a possibilidade de uso desse sistema nos mais diferentes tipos de solo e topografia, assim como a capacidade de irrigar outras espécies de plantas. A eficiência de irrigação varia entre 60% e 75%, podendo atingir 85% em sistemas convencionais fixos, quando bem dimensionados, manejados e em condições de pouco vento.

O custo de implantação dos sistemas por aspersão convencional é bastante variável, sendo que o custo do sistema fixo pode superar quatro vezes o do sistema portátil. Os custos variam também de acordo com a qualidade dos equipamentos e com o tamanho da área irrigada, entre outros.

Associação da irrigação por aspersão com doenças e insetos-praga

A principal limitação do uso da aspersão na produção de tomate está relacionada ao aumento de doenças de parte aérea, favorecido pelo molhamento da folhagem e pela remoção de produtos aplicados às folhas para a proteção da planta. As principais doenças fúngicas e bacterianas de parte aérea são: requeima (*Phytophthora infestans*) (Figura 8), pinta-preta (*Alternaria* spp.) e septoriose (*Septoria lycopersici*) (Figura 9), mancha-bacteriana (*Xanthomonas* spp.) e pinta-bacteriana (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato*).

Na região Centro-Oeste, de maio a outubro, o clima seco, a baixa umidade relativa do ar (UR) e a possibilidade de se adotar turnos de rega entre 5 e 10 dias, principalmente quando se utiliza cobertura do solo com palhada, contribuem para minimizar a incidência e a severidade de doenças de parte aérea em lavouras de tomate irrigadas por aspersão, sobretudo em anos mais secos. Sob tais condições, tem sido possível obter altas produtividades de frutos, irrigando-se por aspersão; inclusive, maiores do que as verificadas em lavouras irrigadas por outros sistemas.

Por sua vez, epidemias de oídio (*Leveillula taurica*) (Figura 10), muito severas em condições de clima seco com UR abaixo de 50%, são reduzidas a níveis consideravelmente baixos em lavouras de tomate irrigadas por aspersão. Isso se deve ao fato de a água de irrigação – quando aplicada por aspersão, assim como a chuva – ter excelente efeito na redução do inóculo do fungo sobre a superfície foliar, contribuindo para reduzir a taxa de progresso da doença.



Fotos: Daniel Anacleto da Costa Lage

Figura 8. Lavoura de tomate irrigada por aspersão com ocorrência severa de requeima (*Phytophthora infestans*) (A) e detalhe do sintoma da doença nas folhas (B).



Foto: Daniel Anacleto da Costa Lage

Figura 9. Septoriose (*Septoria lycopersici*) em plantas de tomate irrigadas por aspersão.



Figura 10. Lavroua de tomate irrigada por gotejamento com ocorrência de oídio (*Leveillula taurica*) (A) e detalhe do sintoma da doença (B).

Enquanto o tamanho das gotas de água aspergida sobre as plantas tem pequeno efeito na severidade do oídio, gotas grandes, como aquelas geradas por aspersores rotativos de impacto, provocam aumento substancial na severidade da septoriose, comparativamente às gotas pequenas provenientes de microaspersores. Isso ocorre porque os conídios (esporos) de *Septoria lycopersici*, que se agregam por meio de uma substância mucilaginosa no orifício do corpo de frutificação, dependem do impacto das gotas de água para sua dispersão. Assim, quanto maior o tamanho e a velocidade de deslocamento da gota, maior a energia cinética e maior a sua capacidade de desagregação e dispersão dos conídios.

A ação mecânica das gotas d'água aplicadas sobre as plantas também possibilita a remoção de ovos e larvas de insetos, como da traça-do-tomateiro (*Tuta absoluta*) e da broca-grande (*Spodoptera eridania* e *Helicoverpa zea*), além de desfavorecer a movimentação de alguns tipos de insetos adultos entre plantas, como a mosca-branca (*Bemisia tabaci*), reduzindo a ocorrência e os danos causados por esses insetos.

Em lavouras de tomate orgânico, sobretudo quando irrigadas por aspersão, é fundamental haver um microambiente mais seco e arejado entre as plantas, e que seja menos favorável à ocorrência de doenças de parte aérea. Assim, os espaçamentos entre as plantas devem ser maiores que aqueles adotados na produção convencional. No caso de tomateiro tutorado, o espaçamento para plantio em fileiras simples vai de 90 cm a 120 cm, enquanto para fileiras duplas varia de 120 cm a 160 cm por 50 cm a 80 cm.

Deve-se optar por plantio em fileiras simples, quando se irriga por aspersão, pois esse sistema faz com que as plantas sequem mais rápido após as irrigações. Assim, quanto menos as plantas permanecerem molhadas, menores são os problemas com doenças de parte aérea. O espaçamento na fileira de plantio varia de 40 cm a 80 cm para condução com uma haste por planta, podendo chegar a 100 cm para condução com duas hastes.

Outras estratégias para reduzir o tempo de molhamento das folhas do tomateiro são:

- Irrigar nos horários mais secos e quentes do dia.
- Aumentar ao máximo o intervalo entre duas irrigações consecutivas.
- Reduzir o tempo de irrigação.

Para aumentar o intervalo entre irrigações, deve-se aplicar a máxima quantidade de água que o solo pode armazenar. Além disso, podem-se adotar práticas para reduzir as perdas de água por evaporação, como no uso de cobertura morta sobre o solo. Para se aplicar a quantidade de água necessária no menor tempo possível, o sistema de irrigação deve ser dimensionado com intensidade de aplicação de água próxima à velocidade de infiltração básica do solo. Sistemas com intensidade de aplicação acima da velocidade de infiltração provocam escoamento superficial e erosão.

Sistemas do tipo Santeno[®], por exemplo, proporcionam baixa intensidade de aplicação de água quando os tubos perfurados são espaçados a cada 300 cm, o que vai demandar irrigar por longos períodos. Pode-se irrigar num terço do tempo, reduzindo-se o espaçamento entre tubos para 100 cm. No entanto, tal estratégia só é possível, se o solo tiver capacidade de infiltrar toda a água aplicada. Além disso, haverá um aumento considerável no custo do sistema de irrigação.

Irrigação por aspersão subcopa

Existem microaspersores que podem ser usados na irrigação do tomateiro tutorado, sem que haja molhamento significativo das folhas acima dos primeiros 20 cm da planta e com o molhamento de praticamente 100% da superfície do solo. Ao longo de todo o texto, essa configuração de sistema será denominada aspersão subcopa.

Aspectos gerais do sistema

Os microaspersores a serem usados devem aplicar água em formato de cone e em direção ao solo, num raio de alcance ligeiramente superior a 50% do espaçamento entre fileiras de plantas, em torno de 60 cm a 70 cm. Para irrigar toda a superfície do solo, com um mínimo de molhamento foliar, deve-se instalar uma linha lateral entre todas as fileiras de plantas, espaçar os microaspersores de forma que haja uma sobreposição dos círculos de molhamento (80 cm a 120 cm) e posicioná-los entre 15 cm e 20 cm acima do solo. A eficiência de irrigação varia entre 70% e 85%.

Diferentemente dos microaspersores para aplicação de água acima do dossel, os modelos disponíveis no mercado para irrigação subcopa (Figura 11) do tomateiro tutorado são escassos e desconhecidos pela maioria dos revendedores de equipamentos de irrigação. Por isso, o produtor deve buscar e testar os diferentes modelos que possa encontrar no mercado. Alguns microaspersores são dotados de um dispositivo que possibilita manter o jato d'água para cima ou para baixo, apenas invertendo a direção do emissor de ponta-cabeça.

Além da existência de poucos modelos de microaspersores no mercado, a aspersão subcopa apresenta outras desvantagens, como:

- Alto custo do sistema (até dez vezes o custo do sistema por aspersão convencional portátil).
- Dificuldade nas operações de condução da cultura, em razão da grande quantidade de mangueiras e de microaspersores nas entrelinhas do tomateiro.
- Não permitir controle eficiente de oídio.
- Não minimizar a incidência de insetos-praga.



Figura 11. Sistema de irrigação por aspersão convencional, com tubos perfurados instalados sobre a superfície do solo, em lavoura de tomate.

Em lavouras de tomate tutorado, quando instalados na superfície do solo, tubos perfurados do tipo Santeno® molham a maior parte das plantas e não garantem uma irrigação uniforme, pois os jatos d'água são interceptados pelas plantas. Caso os tubos sejam instalados com os furos virados para baixo, não haverá molhamento das folhas do tomateiro, mas também não será possível molhar toda a superfície do solo. Qualquer que seja a configuração de instalação, não é possível alcançar as mesmas vantagens de um sistema de irrigação por aspersão subcopa na forma anteriormente definida.

Associação da irrigação por aspersão subcopa com doenças e insetos-praga

Comparativamente à irrigação por aspersão acima do dossel, denominada a partir de agora apenas aspersão, o sistema por aspersão subcopa (Figura 12) tem se mostrado bastante eficiente na redução da severidade da grande maioria das doenças de parte aérea do tomateiro, garantindo elevadas produtividades de frutos, mesmo em períodos com alta UR.



Figura 12. Sistema de irrigação por microaspersão subcropa, com 100% de molhamento da superfície do solo, em lavoura de tomate.

Em contrapartida, por não molhar toda a planta, o oídio pode ocorrer em níveis mais severos que na aspersão acima do dossel, principalmente em condições de clima muito seco. Entretanto, muitas vezes a lavagem das folhas baixas do tomateiro é suficiente para retardar o início da epidemia do oídio, comparando-se com a irrigação por gotejamento e sulco, sobretudo quando se irriga em regime de alta frequência. Isso ocorre porque há redução de fontes de inóculo nas folhas baixas, e são elas as primeiras a se tornar favoráveis à infecção do patógeno. Assim, a doença inicia mais tarde, podendo representar um ganho de até 2 semanas livre da doença, se comparada às plantas irrigadas por gotejamento ou sulco.

Por aplicar gotas d'água de pequeno calibre e não molhar toda a planta, a irrigação por aspersão subcropa favorece a maior incidência de insetos-praga e de frutos com danos por insetos broqueadores, diferentemente da irrigação por aspersão.

Irrigação por gotejamento

É do conhecimento de técnicos e produtores que a irrigação por gotejamento (Figura 13) possibilita incrementos expressivos na produtividade



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 13. Sistema de irrigação por gotejamento em lavoura de tomate.

e na qualidade de tomates produzidos em sistemas convencionais. Tal desempenho é possível graças à aplicação de água e de fertilizantes de forma parcelada nas raízes, sem molhar as plantas, impedindo a lavagem dos agrotóxicos aplicados, o que reduz a ocorrência de doenças de parte aérea e o apodrecimento de frutos.

Aspectos gerais do sistema

Apesar dos inúmeros benefícios do sistema por gotejamento, algumas desvantagens podem limitar seu uso na irrigação do tomateiro em sistemas orgânicos de produção, como:

- Alto custo de implantação do sistema (duas a quatro vezes o custo do sistema por aspersão convencional portátil).
- Alto custo de manutenção (5% a 20% do custo do sistema por ano).
- Problemas de entupimento.
- Exigência de mão de obra especializada para seu manejo e manutenção.

- Redução do volume de solo explorado pelas raízes.
- Favorecimento da maior ocorrência de doenças de solo, oídio e insetos-praga.

Quando devidamente instalado e manejado, o sistema por gotejamento proporciona alta eficiência de irrigação (80% a 95%) e uma economia de água e de energia na ordem de 20% a 35% em relação à aspersão. O menor gasto de água é resultante da menor perda de água por evaporação, pois o sistema molha somente parte da superfície do solo.

Com referência ao sistema de irrigação por sulco, que é muito usado em tomateiro tutorado, a economia de água no gotejamento ultrapassa 50%. Assim, o sistema por gotejamento pode viabilizar a irrigação em propriedades com baixa disponibilidade de água, sobretudo se for usado com algum tipo de cobertura de solo, como lona plástica ou palhada.

O espaçamento entre as linhas laterais (tubos gotejadores) é função da distância entre fileiras de plantas e da forma de plantio, ou seja, se em fileiras simples ou duplas. Muito embora a maioria dos produtores adote uma linha lateral por fileira simples de plantas (Figura 14), é usualmente recomendado usar duas linhas laterais (Figura 15), uma de cada lado da fileira de plantas. Tal estratégia possibilita maior desenvolvimento lateral das raízes do tomateiro e melhor eficiência na absorção dos nutrientes



Figura 14. Sistema de irrigação por gotejamento, com uma linha lateral por fileira de plantas, em lavoura de tomate.



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 15. Sistema de irrigação por gotejamento, com duas linhas laterais por fileira de plantas, em lavoura de tomate.

pelas plantas, principalmente em solos com bulbo molhado reduzido, com ganhos de produtividade que podem ultrapassar a 15%. Apesar de aumentar o custo do sistema de irrigação, usar duas linhas laterais por fileira simples é viável em termos econômicos.

No cultivo em fileiras duplas, deve-se usar pelo menos uma linha lateral para cada fileira de plantas, ou seja, duas linhas laterais por fileira dupla de plantas. Para solos arenosos ou com movimentação lateral de água muito limitada (baixa condutividade hidráulica), deve-se usar de três a quatro linhas laterais por fileira dupla de plantas.

Para melhor pegamento e desenvolvimento inicial das mudas, dependendo do tipo de solo, as linhas laterais devem ser posicionadas entre 5 cm e 15 cm do lado de cada fileira de plantas. Depois, devem ser afastadas para 15 cm a 30 cm, para aumentar o volume de solo molhado e desenvolver as raízes laterais. Gotejadores junto às plantas, por longo períodos de tempo, restringem o desenvolvimento das raízes e favorecem doenças de solo.

Com relação ao espaçamento entre gotejadores ao longo da linha lateral, maior produtividade de tomate está associada à formação de uma faixa molhada contínua e uniforme ao longo das fileiras de plantas. Isso pode ser alcançado espaçando-se os emissores entre 50% e 70% do

diâmetro do bulbo molhado formado por cada gotejador. Dependendo do tipo de solo, podem-se adotar espaçamentos de até 40 cm. Para solos arenosos e alguns solos de Cerrado, mesmo com teor de argila acima de 50%, a formação de uma faixa molhada contínua só ocorre com gotejadores espaçados de 10 cm a 20 cm.

Existe, no mercado, grande variedade de tipos de gotejadores. Geralmente, os gotejadores já vêm acoplados a um tubo flexível de polietileno. O diâmetro dos tubos varia de 16 mm a 20 mm e a espessura de parede entre 0,1 mm e 1,2 mm, sendo que os de maior espessura geralmente apresentam maior durabilidade e custo. Tubos gotejadores – com diâmetro de 16 mm e espessura entre 0,1 mm e 0,4 mm – são os mais requisitados por reduzir custos e facilitar que sejam recolhidos e guardados ao final de cada safra. A vazão por gotejador pode variar desde menos de 0,5 L h⁻¹ até mais de 4,0 L h⁻¹, sendo aqueles com vazões entre 1,0 L h⁻¹ e 2,5 L h⁻¹ os mais indicados.

Gotejadores do tipo autocompensado apresentam pequena variação de vazão quando submetidos a variações de pressão na linha lateral, permitindo maior uniformidade na distribuição da água e comprimento de laterais. Contudo, apresentam custo mais elevado, o que pode inviabilizar seu uso para a irrigação do tomateiro, principalmente se usados de forma inadequada.

Associação da irrigação por gotejamento com doenças e insetos-praga

Ao contrário de outras doenças de parte aérea do tomateiro, na germinação de conídios do fungo causador do oídio não há necessidade de água livre na superfície foliar. Esse fungo é capaz de germinar e de infectar a planta em condições extremamente desfavoráveis a outros patógenos. Assim, na irrigação por gotejamento e por sulco, o efeito da lavagem foliar com redução de inóculo, que ocorre na aspersão, é suprimido e a doença encontra condições ideais para se desenvolver, mesmo quando caldas protetoras são aplicadas, visando ao controle de doenças.

Diferentemente da irrigação por aspersão, que favorece a grande maioria das doenças de parte aérea, a irrigação por gotejamento predispõe a maior ocorrência de doenças de solo, como a murcha-bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) (Figura 16) e a murcha-de-fusário (*Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici*) (Figura 17), caso o solo esteja contaminado.



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 16. Murcha-bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) em tomateiro cultivado em solo coberto com lona plástica preta e irrigado por gotejamento.



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 17. Murcha-de-fusário (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) em tomateiro irrigado por gotejamento.

Isso ocorre porque, após cada irrigação, forma-se uma área de saturação temporária no volume de solo imediatamente abaixo do gotejador, na qual a umidade no solo se mantém elevada por mais tempo, onde há grande concentração de raízes.

No caso da murcha-bacteriana, por exemplo, o problema é agravado quando o tomateiro irrigado por gotejamento é cultivado em solo coberto com plástico. Nesse sistema de cultivo, tanto a umidade quanto a temperatura do solo permanecem por mais tempo elevadas, principalmente na camada de solo com maior concentração de raízes, o que torna o ambiente mais favorável à multiplicação e à infecção das plantas pela bactéria *Ralstonia solanacearum*. No Distrito Federal, tem-se verificado que a cobertura do solo com lona plástica preta acarreta um acréscimo médio na temperatura do solo, a 10 cm de profundidade, de 2,5 °C, comparativamente a solos sem cobertura.

Irrigação por sulco

O sistema de cultivo do tomateiro, geralmente feito em fileiras simples, com plantas espaçadas de 90 cm a 120 cm e tutoradas na vertical, favorece a irrigação por sulco (Figura 18).



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 18. Sistema de irrigação por sulco em lavoura de tomate.

O baixo custo do sistema, associado ao fato de não molhar as plantas, faz do sistema por sulco um dos mais usados em lavouras de tomateiro tutorado, sobretudo em solos pouco permeáveis (baixa infiltração). Esse sistema também é adotado em lavouras de tomateiro rasteiro (crescimento determinado) no Nordeste, com produção destinada ao mercado in natura.

Aspectos gerais do sistema

Comparativamente aos demais, o sistema por sulco geralmente apresenta baixa eficiência de irrigação (40% a 60%), requer grande quantidade de água e de mão de obra e apresenta maior dificuldade para o manejo da irrigação em decorrência das características inerentes ao próprio sistema. Apesar disso, é o sistema que, em termos gerais, apresenta o menor custo entre todos.

Eficiências de irrigação entre 60% e 80% podem ser obtidas desde que o terreno seja adequadamente nivelado, o solo apresente baixa taxa de infiltração de água, os sulcos sejam curtos e o sistema bem manejado. Em solos com alta taxa de infiltração e em terrenos de topografia irregular não é recomendado o uso desse sistema.

Para melhor desempenho, sugere-se que se façam testes de campo para determinar o comprimento, a declividade e a vazão de água a ser aplicada em cada sulco. Geralmente, quanto mais grossa a textura do solo, mais curtos devem ser os sulcos, menor sua declividade e menor também a vazão de entrada de água em cada sulco. Uma estratégia adotada, para aumentar a eficiência de irrigação em solos com velocidade de infiltração moderada, onde são incluídos até mesmo solos argilosos de Cerrado, é adotar sulcos com até 20 m, declividade entre 0,5% e 1,0% e extremidade oposta fechada, para não haver perda de água para além da área irrigada.

Os sulcos devem ser feitos em terrenos nivelados ou seguindo as curvas de nível da área. Por sua vez, as mudas devem ser plantadas na parede lateral dos sulcos, dentro da faixa molhada, para que não sofram falta de água. Elas não devem ser plantadas no fundo dos sulcos para não prejudicar o deslocamento da água e para que o excesso desta não favoreça as doenças de solo.

O fornecimento de água para os sulcos pode ser feito com sifões de plástico ou de mangotes, a partir de um canal de distribuição. Muitos

produtores fazem o desvio da água para os sulcos com auxílio de uma enxada, enxadão e/ou pá, prática que não garante qualquer controle da quantidade de água aplicada nos sulcos, além de favorecer maior erosão do solo. A condução e a distribuição da água podem ainda ser feitas com mangueiras flexíveis acopladas a tubos de PVC, por meio de registros, que mesmo aumentando os custos, garante maior economia de água.

Quando manejada de forma correta, a irrigação por sulco geralmente possibilita maiores produtividades de tomate em sistemas orgânicos que quando se irriga por gotejamento, principalmente quando se utiliza apenas uma linha lateral de gotejadores por fileira de plantas. A maior área molhada promovida pela irrigação por sulco permite que o tomateiro desenvolva um sistema radicular mais volumoso e seja mais eficiente na absorção dos nutrientes disponíveis em todo o terreno.

Associação da irrigação por sulco com doenças e insetos-praga

Por não molhar a parte aérea do tomateiro, a irrigação por sulco reduz a ocorrência da grande maioria das doenças de parte aérea e facilita o manejo de pulverizações para o controle de doenças e de insetos-praga ou suplementação nutricional. Pelas mesmas razões, favorece, em condições propícias, o desenvolvimento de severas epidemias de oídio e maior incidência de insetos-praga danosos, como a traça-do-tomateiro.

Além das dificuldades típicas inerentes ao próprio sistema, a irrigação por sulco, principalmente quando feita de forma inadequada, propicia maior ocorrência de doenças de solo, como a murcha-bacteriana, a murcha-de-fusário e a murcha-de-verticílio (*Verticillium dahliae*). Além de o excesso de água favorecer o desenvolvimento dessas doenças, fitopatógenos de solo podem ser transmitidos a outras plantas, pela água em movimento, ao longo dos sulcos.

Irrigação com sistema conjugado

De acordo com o que foi relatado anteriormente, não existe um sistema de irrigação ideal para a produção de tomate orgânico para todas as condições. Do ponto de vista fitossanitário, os sistemas que molham toda a planta (aspersão) favorecem doenças de parte aérea, notadamente

em períodos com elevada UR. Contudo, a aspersão possibilita o controle de oídio, quando se irriga com frequência de 7 a 15 dias, além de minimizar o ataque de insetos-praga. Irrigações mais frequentes podem proporcionar melhor controle na ocorrência de oídio e na incidência de insetos-praga, mas tal medida deve ser adotada em condições de clima seco, pois irrigações muito frequentes favorecem maior ocorrência de outras doenças de parte aérea. Por sua vez, os sistemas por gotejamento e por sulco propiciam maior ocorrência de patógenos de solo e contribuem para isso, sobretudo em áreas com problemas de drenagem e de oídio.

Além dos aspectos fitossanitários, o sistema de irrigação adotado também tem efeito sobre os aspectos nutricionais do tomateiro. Enquanto alguns sistemas de irrigação, como a aspersão, molham toda a superfície do solo, outros, a exemplo do gotejamento, molham apenas parte. Em consequência, o crescimento lateral das raízes do tomateiro irrigado por aspersão é muito maior que quando irrigado por gotejamento. Como a disponibilização de nutrientes pelo solo em sistemas orgânicos de produção é lenta e gradativa, em decorrência do uso de fertilizantes de baixa solubilidade, percebe-se que quanto maior o volume de solo explorado pelas raízes do tomateiro, maior é a eficiência na absorção de nutrientes pelas plantas, com reflexos na produtividade de frutos.

Estudos conduzidos na região Centro-Oeste, pela Embrapa Hortaliças, indicam que, para se obter maiores produtividades de tomate em cultivos orgânicos, deve-se adotar a irrigação por aspersão durante a estação seca, em regiões com UR inferior a 70%, na ausência de orvalho e de chuvas. No entanto, as condições climáticas, mesmo em regiões com estação seca bem definida, são variáveis, podendo ocorrer, com alguma frequência em noites com orvalho. Em anos em que as condições climáticas são favoráveis às principais doenças de parte aérea, como a requeima, a produtividade em lavouras irrigadas por aspersão diminui, podendo ser menor que em lavouras irrigadas por gotejamento, sulco ou aspersão subcopia.

Para minimizar o efeito das variações climáticas na ocorrência de doenças de parte aérea e buscar mais estabilidade na produção e na produtividade de tomate a cada safra, recomenda-se instalar dois sistemas de irrigação na mesma lavoura: um que molhe toda a planta e outro que molhe somente o solo (Figuras 19 e 20). Estudos também conduzidos pela Embrapa Hortaliças demonstram que a adoção desses dois sistemas distintos de irrigação é viável (do ponto de vista técnico e econômico)

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Figura 19. Sistema conjugado de irrigação por aspersão convencional e gotejamento em lavoura de tomate.

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Figura 20. Sistema conjugado de irrigação por aspersão convencional e sulco em lavoura de tomate.

para a produção de tomate orgânico durante a estação seca na região Centro-Oeste.

A aspersão convencional, com aspersores de impacto ou com microaspersores acima do dossel, deve ser um dos sistemas a ser adotado. O segundo sistema a ser empregado não deve provocar o molhamento da parte aérea das plantas, podendo ser usados os sistemas por sulco, gotejamento ou até mesmo por microaspersão subcopa. Por possibilitar maior desenvolvimento radicular do tomateiro e apresentar menos custo, o sistema por sulco pode ser o escolhido para condições de solo e topografia que permitam sua utilização. No caso da escolha recair sobre o gotejamento, devem ser usadas duas linhas laterais por fileira de plantas.

Quando se adotam dois sistemas distintos de irrigação (sistema conjugado), as regas devem ser feitas, preferencialmente, por aspersão, a menos que as condições climáticas sejam favoráveis a ocorrências de doenças de parte aérea, ou seja, condições climáticas com alta UR e ocorrência de orvalho. A decisão sobre quando não se deve irrigar por aspersão pode ser tomada com base na Tabela 2, a qual mostra o risco relativo do desenvolvimento de epidemias de requeima e de pinta-preta (*Alternaria solani*) em tomateiro para diferentes condições climáticas.

O uso de um sistema conjugado visa à aplicação racional da irrigação, buscando-se aproveitar os aspectos positivos de ambos os sistemas instalados. A escolha de qual sistema adotar a cada irrigação dependerá da avaliação das condições ambientais da área de cultivo. Diariamente, o produtor deve registrar as condições de UR, temperatura e precipitações, para entender como cada variável poderá favorecer (ou desfavorecer) a incidência e a severidade das principais doenças de parte aérea do tomateiro.

Vários trabalhos foram conduzidos para desenvolver um sistema computadorizado de previsão de doenças em tomateiro, baseado nas variáveis climáticas acima citadas. Apesar de eficientes, esses sistemas de previsão não são amplamente adotados na produção convencional de tomate, pois a maioria dos produtores ainda prefere usar o *Calendário de Aplicação Preventiva de Fungicidas*. Tais sistemas podem ser validados para produção orgânica, podendo se tornar ferramenta útil no manejo racional do sistema de irrigação conjugado e na aplicação de caldas protetoras.

Tabela 2. Interpretação do risco de desenvolvimento de epidemias de requeima (*Phytophthora infestans*) e de pinta-preta (*Alternaria* spp.) em tomateiro irrigado por aspersão, conforme a umidade relativa (UR) e a ocorrência de orvalho.

Condição climática	Requeima	Pinta-preta
UR diurna muito baixa (< 35%) e noites sem orvalho	Ausência de epidemia	Pequeno desenvolvimento de epidemia somente quando irrigar
UR diurna baixa (< 50%) e noites com pouco orvalho	Só o orvalho é insuficiente, sendo a irrigação necessária para o desenvolvimento de epidemia	Só o orvalho é insuficiente, sendo a irrigação necessária para o desenvolvimento de epidemia
UR diurna baixa (< 50%) e noites com orvalho moderado	Quando as temperaturas forem amenas, o orvalho é suficiente, mas a irrigação favorece a epidemia	O orvalho é suficiente, mas a irrigação favorece a epidemia
UR diurna moderadamente alta (> 60%) e noites com muito orvalho	O orvalho é suficiente, mas a irrigação favorece epidemia altamente destrutiva	Só o orvalho é suficiente para haver epidemia
UR sempre alta (> 80%) e noites com muito orvalho	Só o orvalho é suficiente para haver epidemia altamente destrutiva	Só o orvalho é suficiente para haver epidemia

Fonte: adaptado de Lopes et al. (2006).

Seleção de sistemas de irrigação

De conformidade com o que foi relatado anteriormente, não existe um único sistema de irrigação que possa ser indicado como o mais apropriado para produção de tomate orgânico em todas as regiões e condições de cultivo. Diversos fatores agronômicos e fitossanitários relacionados à cultura, ao solo, ao clima e ao próprio sistema de irrigação devem ser considerados na seleção daqueles que sejam tecnicamente mais indicados para determinada situação.

A Tabela 3 mostra os diferentes fatores técnicos e de ordem geral que podem auxiliar na seleção de sistemas de irrigação na produção de tomate orgânico. Na referida tabela, o sinal negativo (-) não deve ser interpretado como se o sistema fosse totalmente inadequado para determinada condição, visto que pode haver limitações que também inviabilizem a seleção de outros sistemas. Muito embora a Tabela 3 não seja suficientemente ampla para possibilitar uma seleção final do sistema mais viável, em decorrência do reduzido número de fatores sociais e econômicos apresentados, ela deve ser usada, juntamente com a Tabela 1, como guia de orientação.

A seleção final do sistema de irrigação, entre aqueles pré-selecionados como tecnicamente viáveis na Tabela 3, deveria ser resultante de uma análise de eficiência econômica. Um procedimento para avaliar a eficiência econômica de sistemas de irrigação é apresentado por Marouelli e Silva (2011), estando a publicação disponível na página da Embrapa Hortaliças¹.

Para análise econômica, devem ser determinados todos os custos e receitas anuais associados aos sistemas de irrigação e de produção do tomateiro, o que torna o processo trabalhoso. Infelizmente, na grande maioria das regiões brasileiras, não existem dados de produtividade de lavouras de tomate orgânico irrigadas por diferentes sistemas.

No período 2008–2012, estudos conduzidos no Distrito Federal, pela Embrapa Hortaliças, indicam que, quando a cultura é conduzida adequadamente, a produção de tomate orgânico apresenta alto retorno econômico, independentemente do sistema de irrigação adotado.

A menor produtividade de frutos e a menor receita líquida, em todos os anos, ocorreu quando o tomateiro foi irrigado por gotejamento

¹ Disponível em: <www.cnph.embrapa.br>.

Tabela 3. Guia para pré-seleção de sistemas de irrigação⁽¹⁾ em tomateiro orgânico tutorado, em que: (0) indica que o fator não tem influência na seleção do sistema, (+) indica possível razão para preferência e (-) indica possível razão para se escolher outro sistema.

Fatores	Sistema de irrigação								
	GO _{1L}	GO _{2L}	SU	AS _{SP}	AS _F	MI _A	MI _S	AS/GO	AS/SU
Práticas culturais									
Rotação de cultura	0	0	0	+	+	0	-	0	0
Cultivo em consórcio	-	0	0	+	+	0	-	0	0
Cultivo protegido	+	+	0	-	-	0	0	0	0
Doenças de solo	-	-	-	+	+	+	0	0	0
Doenças de parte aérea	+	+	+	-	-	-	0	0	0
Mulch com plástico	+	+	0	-	-	-	-	-	-
Mulch com palhada	0	0	-	+	+	+	+	+	-
Pulverizações constantes	+	+	+	-	-	-	0	0	0
Terreno – Solo									
Formato irregular	+	+	0	0	0	+	+	0	0
Ondulado	+	+	-	+	+	+	+	+	-
Muito inclinado	+	+	-	0	0	+	+	+	-
Inclinado e cascalho	+	+	-	0	+	+	+	+	-
Infiltração alta (arenoso)	0	+	-	0	0	0	+	0	-
Infiltração baixa (argiloso)	0	0	+	0	0	0	0	0	0
Baixa retenção de água	-	0	-	0	+	+	+	0	-
Salino	+	+	-	-	0	0	0	0	-
Drenagem deficiente	0	0	-	0	0	+	+	0	-
Muito erosível	+	+	-	0	0	+	+	0	-
Fonte de água									
Subterrânea	+	+	-	0	0	0	0	0	-
Fornecimento períodos fixos	-	-	0	-	-	-	-	-	0
Fornecimento contínuo	+	+	0	0	0	0	+	0	0

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Fatores	Sistema de irrigação								
	GO _{1L}	GO _{2L}	SU	AS _{SP}	AS _F	MI _A	MI _S	AS/GO	AS/SU
Muito sedimento	-	-	+	-	-	-	-	-	0
Muita matéria orgânica	-	-	+	0	0	-	-		
Muito salina	0	0	0	-	-	-	-	0	0
Vazão pequena	+	+	-	0	0	0	0	0	-
Climáticos									
Precipitação moderada	+	+	+	-	-	-	0	0	0
Precipitação baixa	0	0	0	0	0	0	+	0	0
Precipitação ausente	-	-	-	0	0	0	-	+	+
Orvalho constante	+	+	+	-	-	-	0	-	-
Orvalho moderado	+	+	+	-	-	-	0	+	+
Orvalho esporádico	-	-	-	0	0	0	-	+	+
Orvalho ausente	-	-	-	+	+	+	-	-	-
Muito vento	+	+	+	-	-	-	0	0	0
Temperatura alta	0	0	0	-	-	-	0	0	0
Geadas	0	0	0	0	+	+	0	+	+
Outros									
Mão de obra desqualificada	-	-	0	0	+	-	-	-	0
Mão de obra escassa	+	+	-	-	+	+	0	+	-
Reposição limitada de peças	-	-	0	-	0	-	-	-	0
Assistência técnica limitada	-	-	0	0	0	-	-	-	0
Energia cara	0	0	0	-	-	0	0	0	0
Potencial de fertigação	+	+	-	0	0	0	+	0	-
Capital limitado	+	0	+	+	0	0	-	-	0

⁽¹⁾ GO_{1L} = gotejamento com 1 lateral por fileira de plantas; GO_{2L} = gotejamento com 2 laterais por fileira de plantas; SU = sulco; AS_{SP} = aspersão convencional semiportátil acima do dossel; AS_F = aspersão convencional fixa acima do dossel; MI_A = microaspersão acima do dossel; MI_S = microaspersão "subcopa" fixa; AS/GO = aspersão ou microaspersão acima do dossel e gotejamento (sistema conjugado); AS/SU = aspersão ou microaspersão fixa acima do dossel e sulco (sistema conjugado).

Fonte: adaptado de Marouelli e Silva (2011).

com uma linha lateral por fileira de plantas, justamente um dos sistemas de irrigação mais usados na produção de tomate.

Em comparação com o gotejamento com linha lateral, verificou-se aumento médio na produtividade de tomate e na receita líquida do produtor de 30% e 45%, respectivamente, quando se irrigou por aspersão, 21% e 32% por sulco, 32% e 41% por aspersão subcopa, 19% e 27% por gotejamento com duas laterais por fileira de plantas e 14% e 17% por gotejamento em solo coberto com lona plástica preta. A resposta em favor da aspersão foi consideravelmente melhor nos anos mais secos, sem ocorrência de orvalho ou de chuva, ou seja, quando não houve problemas com outras doenças, como a requeima.

Em 3 dos 5 anos avaliados, houve ocorrência significativa de orvalho e problemas com requeima, principalmente no tomateiro irrigado por aspersão. Mesmo nos anos com requeima, o tomateiro irrigado por aspersão teve produtividade de 12% e receita líquida de 18% acima do irrigado por gotejamento com uma linha lateral por fileira de plantas. Nesses 3 anos, o tomateiro irrigado por sulco e por aspersão subcopa apresentou a maior produtividade, 21% acima do gotejamento com uma linha lateral, 11% acima do gotejamento com lona plástica preta e 8% acima do gotejamento com duas laterais e da aspersão. Por sua vez, o sistema por sulco foi o que proporcionou a maior receita líquida, 33% acima do gotejamento com uma linha lateral, 21% acima do gotejamento com lona plástica preta, 14% acima do gotejamento com duas laterais, 13% acima da aspersão e 5% acima da aspersão subcopa.

Em 2011 e 2012, também foram avaliados dois sistemas conjugados, com a instalação, na mesma lavoura, de equipamentos para irrigar por aspersão e por gotejamento, com duas linhas laterais (aspersão/gotejamento) ou por aspersão e por sulco (aspersão/sulco). Nesses sistemas conjugados, as irrigações eram feitas, prioritariamente, por aspersão, exceto nos períodos com ocorrência de orvalho ou de chuva. Durante 2 anos, houve ocorrência de requeima, mesmo quando se irrigou somente por gotejamento, por sulco ou com os sistemas conjugados, mas com muito menor severidade que quando se irrigou apenas por aspersão.

Comparativamente ao gotejamento com uma linha lateral, houve aumento médio na produtividade de tomate e na receita líquida de 37% e 52%, respectivamente, quando se irrigou com o sistema conjugado aspersão/sulco, 36% e 47% pelo sistema conjugado aspersão/gotejamento,

20% e 29% por sulco, 13% e 14% por aspersão subcopa, 9% e 13% por aspersão e 8% e 9% por gotejamento com duas linhas laterais. A maior eficiência econômica obtida quando foi usado o sistema conjugado foi em razão de se potencializar os aspectos positivos de ambos os sistemas instalados, conforme já mencionado anteriormente.

Deve-se destacar que os resultados apresentados anteriormente são válidos apenas para o período de inverno seco no Distrito Federal. Eles foram obtidos irrigando-se somente quando havia necessidade, com o fornecimento da quantidade correta de água. Principalmente no caso da irrigação por aspersão, as produtividades de frutos e a receita líquida poderão cair, expressivamente, caso se irrigue com frequência maior que a necessária, sobretudo em anos mais úmidos. Isso ocorre em razão de a maior frequência de irrigação por aspersão favorecer mais a severidade de doenças da parte aérea, como a requeima e a septoriose.

No período em que os referidos estudos foram conduzidos, a produtividade média de frutos comercializáveis foi de 100 t ha⁻¹ quando se irrigaram com o sistema conjugado aspersão/sulco, 99 t ha⁻¹ com o sistema conjugado aspersão/gotejamento, 85 t ha⁻¹ por aspersão, 82 t ha⁻¹ por aspersão subcopa, 79 t ha⁻¹ por sulco, 77 t ha⁻¹ por gotejamento com duas linhas laterais, 72 t ha⁻¹ por gotejamento com lona plástica preta e 65 t ha⁻¹ por gotejamento com uma linha lateral.

Cuidados e manutenção de sistemas de irrigação

Entre outros aspectos, o dimensionamento hidráulico de um sistema de irrigação inclui a definição da vazão de projeto, a determinação dos diâmetros e dos comprimentos de tubulações, a escolha do modelo e da potência da motobomba e a definição da taxa de aplicação de água, devendo ser feito por profissionais especializados. No caso do sistema por sulco, é preciso, ainda determinar:

- O comprimento e a declividade dos sulcos.
- A vazão máxima não erosiva.
- A vazão mínima capaz de manter todo o sulco com água.

Sistemas de irrigação mal dimensionados tanto agrônômica quanto hidráulicamente distribuem água de maneira desuniforme na lavoura, o que compromete o desenvolvimento das plantas e aumenta os gastos de água e de energia, além de favorecer mais ocorrência de doenças e de acarretar perdas de nutrientes por lixiviação, o que pode trazer problemas de contaminação do lençol freático.

Mesmo quando dimensionado no início e instalado de forma adequada, o sistema de irrigação pode sofrer modificações ao longo do tempo ou ser transferido de área sem a devida adequação técnica, o que modifica seu desempenho. Antes de qualquer modificação, o produtor deve procurar um técnico especializado para, caso necessário, redimensionar o sistema.

A manutenção preventiva e adequada de um sistema de irrigação tem por objetivo aumentar a vida útil do equipamento e mantê-lo irrigando de forma eficiente durante todo o ciclo da cultura, de conformidade com as seguintes sugestões:

- Bombas, motores e demais partes móveis devem ser mantidos conforme recomendação do fabricante.
- Aspersores devem funcionar em posição vertical e ser inspecionados periodicamente.
- Borrachas de vedação, registros, válvulas de derivação e outros acessórios devem ser substituídos quando apresentarem sinal de vazamentos.

Os cuidados mais importantes com o sistema de irrigação estão relacionados, sobretudo, à pressão de serviço do sistema. Pressão abaixo da recomendada prejudica, diretamente, a uniformidade de distribuição de água e reduz a produtividade da cultura. Em contrapartida, pressão muito alta:

- Compromete a integridade da tubulação e dos acessórios.
- Acarreta maior consumo de energia.
- No caso da aspersão, provoca formação de gotas muito pequenas, favorecendo maior evaporação e o arrastamento das gotas de água pela ação do vento, principalmente em dias com muito vento, temperatura alta e baixa UR.

Para evitar qualquer sobrecarga do motor, a partida da motobomba deve ocorrer com o registro situado após a saída da bomba fechado, sendo este aberto, lentamente, até que a pressão de serviço, indicada no manômetro instalado após o registro, atinja o valor recomendado.

No final da irrigação, deve-se proceder de forma inversa, ou seja, primeiro, fecha-se o registro lentamente, para depois desligar a bomba, a fim de evitar variações bruscas de pressão no interior da tubulação principal e no conjunto motobomba.

No caso específico da microaspersão e do gotejamento, deve-se ter especial atenção com a qualidade da água usada na irrigação, pois a presença de impurezas orgânicas e inorgânicas ou a injeção de soluções nutritivas nessa água podem entupir os emissores. Para prevenir e eliminar as impurezas suspensas na água, recomendam-se sua filtragem contínua e a lavagem periódica das linhas laterais.

A presença de carbonatos, cálcio (Ca), magnésio (Mg), ferro (Fe), manganês (Mn), e sulfetos na água de irrigação favorece a formação de precipitados que podem obstruir parcialmente filtros e gotejadores. Na região do Cerrado, a presença de ferro é verificada em algumas fontes de água e deve ser considerada no manejo do sistema de irrigação para evitar entupimento dos gotejadores.

Necessidade de água da cultura

O volume total de água necessário para irrigar o tomateiro depende das condições climáticas, do sistema de irrigação e da cultivar, entre outros fatores, podendo variar entre 300 mm e 850 mm. O consumo diário de água pelas plantas é estimado pela evapotranspiração da cultura (ETc).

Desde o transplante de mudas (Figura 21) até a colheita (Figura 22), a duração do ciclo de desenvolvimento do tomateiro varia comumente de 95 a 130 dias, no caso do tomateiro de crescimento determinado, e de 140 a 180 dias, no caso do tomateiro de crescimento indeterminado. Em decorrência das restrições de ordem fitossanitária e nutricional, o ciclo do tomateiro de crescimento indeterminado, cultivado em sistemas orgânicos de produção, geralmente varia entre 120 e 150 dias. No caso desse tomateiro, a duração do ciclo se refere ao período em que as plantas permanecem produzindo de forma econômica. O ciclo de vida das plantas será maior, caso elas sejam mantidas a campo.

Considerando o sistema de cultivo que adota transplante de mudas, com relação às necessidades hídricas e de irrigação, o ciclo do tomateiro pode ser subdividido em cinco estádios distintos:



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 21. Operação de transplante de mudas de tomateiro.

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Figura 22. Colheita de frutos em lavoura de tomate.

- Estádio de formação de mudas.
- Estádio inicial.
- Estádio vegetativo.
- Estádio de frutificação.
- Estádio de maturação.

A duração de cada estágio depende, principalmente, da cultivar e das condições climáticas e de cultivo. Ao longo de cada estágio de desenvolvimento do tomateiro, a E_{Tc} pode ser determinada, indiretamente, a partir da evapotranspiração de referência (E_{To}) e de um coeficiente de cultura específico para cada estágio do tomateiro (Tabela 4), ou seja:

$$E_{Tc} = K_c \times E_{To} \quad (1)$$

em que

K_c = coeficiente de cultura (adimensional).

E_{To} = evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}).

Para estimar a E_{To} em tempo real, deve-se usar o método da FAO Penman-Monteith, considerado padrão para a estimativa de valores diários de E_{To} . Caso não seja possível, dados de evaporação do tanque Classe A podem ser usados para estimar a E_{To} . Maiores informações

sobre ambos os métodos podem ser obtidas em Allen et al. (1998) e Coelho Filho et al. (2011).

Tabela 4. Coeficientes de cultura⁽¹⁾ (Kc) para a estimativa da evapotranspiração do tomateiro cultivado em sistemas orgânicos, conforme o estágio de desenvolvimento e o hábito de crescimento das plantas, o sistema de irrigação e o tipo de cobertura do solo (sem ou com *mulch*).

Sistema	Estádio da cultura			
	Inicial	Vegetativo	Frutificação	Maturação
Crescimento indeterminado (tutorado)				
Aspersão	0,75 ⁽²⁾	0,75	1,10	0,80
Aspersão <i>mulch</i> palha	0,50	0,65	1,05	0,75
Gotejamento	0,50	0,65	1,10	0,80
Gotejamento <i>mulch</i> palha	0,35	0,60	1,05	0,80
Gotejamento <i>mulch</i> plástico	0,25	0,55	1,00	0,75
Sulco	0,75	0,75	1,15	0,80
Crescimento determinado (rasteiro ou semitutorado)				
Aspersão	0,75 ⁽²⁾	0,70	1,05	0,75
Aspersão <i>mulch</i> palha	0,50	0,60	1,00	0,70
Gotejamento	0,50	0,60	1,05	0,75
Gotejamento <i>mulch</i> palha	0,35	0,55	1,00	0,75
Gotejamento <i>mulch</i> plástico	0,25	0,50	0,95	0,70
Sulco	0,75	0,70	1,05	0,75

⁽¹⁾ Valores médios durante cada estágio de desenvolvimento.

⁽²⁾ Para turno de rega (TR) de 1 dia, usar Kc = 1,15; TR = 2 dias; Kc = 0,85.

Obs.1: durante o estágio de formação de mudas, considerar Kc = 1,20.

Obs.2: para lavouras com restrições significativas no desenvolvimento de plantas, resultante da ocorrência de estresses hídrico e nutricional, doenças ou insetos-praga, reduzir os valores de Kc entre 5%–20%.

Fonte: adaptado de Allen et al. (1998) e Marouelli et al. (2011a, 2012).

Estádio de formação de mudas

Da sementeira até o transplante das mudas, decorre um período de 25 a 30 dias, durante o qual as irrigações devem ser leves e frequentes, a fim de garantir a germinação e a produção de mudas de boa qualidade.

Nessa fase, deve-se irrigar antes que as plantas apresentem qualquer sintoma de deficiência hídrica. Geralmente, são requeridas de 1 a 4 irrigações diárias. As regas serão mais frequentes quanto maior a temperatura e menores a UR e a capacidade de armazenamento de água pelo substrato e maior o tamanho das mudas.

Durante esse estágio, as irrigações devem ser feitas por aspersão, com microaspersores. Na produção em pequena escala, pode também ser usado regador manual com crivos finos ou mangueira com bico regador. O importante é não usar jatos de água ou gotas de grosso calibre para não descobrir as sementes, tirar o substrato da bandeja ou prejudicar as mudas.

Geralmente, as mudas são produzidas em bandejas de 128 a 288 células. A quantidade de água por irrigação depende do tipo e da quantidade de substrato em cada célula da bandeja e deve ser suficiente apenas para dar início ao escoamento de água na parte inferior da bandeja. Em decorrência do reduzido volume de substrato disponível para cada planta, principalmente em bandejas com 288 células, o controle de irrigação é muito mais delicado do que em qualquer outro estágio da cultura.

Estádio inicial

O estágio inicial vai do transplante até o pleno pegamento e desenvolvimento inicial das mudas (7 a 10 dias após o transplante). A falta d'água, principalmente durante os 5 primeiros dias do transplante, pode acarretar a morte de mudas recém-transplantadas. Contudo, irrigações em excesso favorecem maior ocorrência de doenças, como o tombamento de mudas, causadas por *Pythium* spp. e *Rhizoctonia solani*.

O transplante de mudas deve ser feito em solo úmido, seguido de irrigação. Mesmo assim, para que a água disponível no solo atinja as raízes, é preciso fazer uma leve compactação ao redor das mudas a fim de se eliminar bolsões de ar ao redor das raízes. Isso é recomendado especialmente em caso de o adubo verde ou o composto orgânico não terem sido adequadamente misturados ao solo. Em clima quente e seco, pode ser vantajoso transplantar as mudas no final da tarde.

A lâmina d'água a ser aplicada antes do transplante deve ser suficiente para elevar a umidade do solo até a condição de capacidade de campo, na camada até 30 cm de profundidade. Dependendo do tipo e da

umidade inicial do solo, deve-se aplicar uma lâmina de água entre 10 mm e 20 mm, para solos de textura grossa, e entre 20 mm e 50 mm, para os de textura média e fina. Durante o estágio inicial, as irrigações devem ser leves e frequentes, procurando-se manter a umidade na camada superficial do solo (até 20 cm), próxima à capacidade de campo.

Estádio vegetativo

O estágio vegetativo – que vai do estabelecimento das mudas até o início da frutificação – é o mais tolerante ao déficit de água no solo. Durante o estágio vegetativo, a ocorrência de déficits hídricos moderados tem pequeno efeito na produtividade do tomateiro, desde que o suprimento de água no estágio de frutificação seja adequado. Tanto neste quanto nos estádios seguintes, irrigações em excesso favorecem maior ocorrência de doenças, além da lixiviação de nutrientes nitrogenados e potássicos, que podem afetar, negativamente, a produção.

Submeter as plantas a condições de deficiência moderada de água, principalmente no início do estágio vegetativo, é uma estratégia de manejo que favorece o aprofundamento das raízes do tomateiro, permitindo maior eficiência futura na absorção de água e de nutrientes pelas raízes. Quando aplicada durante todo o estágio vegetativo, tal estratégia minimiza a ocorrência de algumas doenças causadas por patógenos de solo.

Estádio de frutificação

Similarmente a outras hortaliças pertencentes à família das solanáceas, como a berinjela e o pimentão, existe uma sobreposição dos estádios de frutificação e de maturação do tomateiro. Em outras palavras, ao mesmo tempo, podem existir plantas em pleno florescimento, com frutos em desenvolvimento e com frutos a serem colhidos. Para efeito prático, pode-se considerar que o estágio de frutificação se prolonga até cerca de 2 semanas antes da colheita final, ou seja, por ocasião da antepenúltima colheita.

O estágio de frutificação do tomateiro é o mais crítico à deficiência de água no solo e o que exige maior demanda de irrigação. Ainda que moderada, a ocorrência de déficit hídrico reduz o tamanho dos frutos e compromete a produtividade. Entretanto, a ocorrência de déficit hídrico severo pode reduzir a viabilidade do pólen e o número de frutos por

planta, além de causar distúrbios fisiológicos aos frutos, como podridão-apical e lóculo-aberto.

Irrigações em excesso podem favorecer o crescimento demasiado das plantas e maior ocorrência de doenças de parte aérea e de solo, principalmente em solos com alta fertilidade. A rizoctoniose de frutos (*R. solani*), por exemplo, está associada ao contato dos frutos com o solo úmido. Essa doença é mais comum em tomateiro de crescimento indeterminado, sem tutoramento, com vigor vegetativo excessivo em razão da manutenção de alta e constante umidade no solo.

Em condições de alta infestação de patógenos de solo e/ou visando diminuir a propagação das doenças, muitas vezes recomenda-se submeter o tomateiro a deficits hídricos moderados durante todo o estágio de frutificação. Ao se reduzir as irrigações, geralmente a redução de produtividade será menor que a provocada pela doença, caso se continue irrigando de forma plena. Tal estratégia só possibilitará algum benefício quando adotada preventivamente ou logo que se identifiquem as primeiras plantas infectadas. A mesma estratégia de manejo também é indicada para doenças de parte aérea, com exceção de oídio, em lavouras irrigadas por aspersão.

Estádio de maturação

Durante este estágio – que inicia no final do estágio de frutificação até a última colheita –, ocorre uma redução no uso de água pelas plantas, que pode variar entre 20% e 50% em relação ao estágio de frutificação. Para compensar tal redução, as irrigações devem ser feitas adotando-se um turno de rega mais espaçado do que durante o estágio de frutificação.

Irrigações em excesso prejudicam a coloração, reduzem o teor de sólidos solúveis e a acidez dos frutos e, no caso da aspersão, aumentam a porcentagem de frutos podres, principalmente quando existem frutos com danos causados por insetos. Dependendo da capacidade de armazenamento de água pelo solo e das condições climáticas, as irrigações podem ser totalmente paralisadas 1 a 2 semanas antes da última colheita.

Manejo da água de irrigação

Embora a produção de tomate seja usualmente associada a um elevado nível tecnológico, sabe-se que a irrigação do tomateiro ainda é feita de forma inadequada pela grande maioria dos produtores. As regas, geralmente feitas em excesso, são executadas a partir de observações visuais da umidade na superfície do solo e/ou da aparência das plantas, de estratégias adotadas em safras anteriores – mesmo de outras culturas – ou de experiências de produtores vizinhos. Na maioria das vezes, o uso de tais estratégias acarreta:

- Redução na produtividade de frutos.
- Desperdício de água e de energia.
- Maior ocorrência e severidade de doenças.
- Menor eficiência no uso dos nutrientes pelas plantas.
- Menor receita líquida ao produtor.

Entende-se por manejo racional da água de irrigação um conjunto de procedimentos que visam determinar o momento adequado de se irrigar (quando irrigar) e a quantidade correta de água a ser aplicada a cada irrigação (quanto irrigar).

Deve-se irrigar em tempo de prevenir que a deficiência de água no solo prejudique o desenvolvimento das plantas e a produtividade de frutos. Contudo, situações ou práticas específicas de manejo da cultura podem demandar alterações nas datas das irrigações, o que deve ser considerado pelo produtor. Por certo, não se deve irrigar logo após a aplicação foliar de produtos para controle de doenças e de insetos-praga ou de biofertilizantes, caso as irrigações sejam por aspersão, ou ainda antes e imediatamente após as capinas.

Geralmente, a quantidade de água a ser fornecida a cada irrigação é aquela necessária para que a camada de solo correspondente à profundidade efetiva do sistema radicular do tomateiro retorne a sua condição de capacidade de campo. No caso de água ou solo com problemas 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 solo.

Vários são os métodos disponíveis para manejo da água de irrigação. Vão desde os mais simples, tendo como base observações visuais do solo e da planta, até os mais complexos, dotados de sensores, programas computacionais e transmissão de dados via satélite.

Métodos simples, como do tato-aparência e do calendário de irrigação, podem ser aplicados, com vantagens, por produtores com pouca experiência em irrigação. Para produtores mais experientes e com maior capacidade de investimento, pode ser mais lucrativo adotar métodos mais precisos, como aqueles baseados na avaliação, em tempo real, da tensão de água no solo e/ou da ETC.

Método do calendário de irrigação

O calendário de irrigação é um método para se manejar a água de irrigação, o qual consiste em estabelecer, de forma antecipada, as datas das irrigações ou os turnos de regas (intervalo entre irrigações) e as lâminas de água a serem aplicadas a cada irrigação durante cada estágio de desenvolvimento da cultura.

O turno de rega e a lâmina de água são determinados em função da ETC histórica na região, da capacidade de armazenamento de água pelo solo e da profundidade efetiva do sistema radicular do tomateiro, sem que haja necessidade de se usar equipamentos ou de cálculos complicados.

Por se valer de valores históricos de ETC, o calendário de irrigação é menos preciso que métodos que avaliam a ETC e/ou a tensão de água (ou umidade) no solo em tempo real. O método, que apresenta boa precisão em regiões áridas e semiáridas ou quando aplicado durante estações secas, é indicado, principalmente, para pequenos produtores que não dispõem de recursos técnicos e financeiros para adotar métodos mais precisos.

Na cultura do tomateiro, um procedimento simplificado para utilização do calendário de irrigação para manejo de água, a ser adotado em duas situações, é apresentado a seguir:

- Na irrigação por aspersão, microaspersão e sulco.
- Na irrigação por gotejamento.

Procedimento para irrigação por aspersão, microaspersão e sulco

Passo 1 – Determinar, na Tabela 5, a ET_c para cada estágio do tomateiro, a partir de dados médios históricos de UR e temperatura do ar. Muitas vezes, os dados climáticos necessários para o cálculo da ET_c podem ser obtidos na prefeitura ou no serviço de assistência técnica disponível na região. Podem ainda ser estimados, com prudência, nos mapas de normais climatológicas disponíveis no site do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet).

Tabela 5. Evapotranspiração da cultura (ET_c) do tomateiro (mm dia^{-1}) irrigada por aspersão, microaspersão ou sulco (solo sem cobertura com palha), conforme a umidade relativa (UR), a temperatura média do ar e o estágio de desenvolvimento da cultura.

UR (%)	Temperatura (°C)										
	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
Estádio inicial⁽¹⁾											
40	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8
50	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,9	6,3	6,8	7,3
60	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8
70	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4
80	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9
90	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Estádio vegetativo											
40	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8
50	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,9	6,3	6,8	7,3
60	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8
70	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4
80	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9
90	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

Continua...

Tabela 5. Continuação.

UR (%)	Temperatura (°C)										
	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
Estádio de frutificação											
40	5,4	6,0	6,7	7,3	8,0	8,7	9,5	10,3	11,1	12,0	12,9
50	4,5	5,0	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,6	9,3	10,0	10,7
60	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6
70	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	4,4	4,8	5,1	5,6	6,0	6,4
80	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	4,0	4,3
90	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1
Estádio de maturação											
40	3,8	4,2	4,7	5,2	5,6	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4	9,1
50	3,2	3,5	3,9	4,3	4,7	5,1	5,6	6,0	6,5	7,0	7,6
60	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1	4,5	4,8	5,2	5,6	6,0
70	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5
80	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0
90	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

⁽¹⁾No caso de regas diárias (TR = 1 dia), a ETc durante o estágio inicial deve ser multiplicada por 1,45; para TR = 2 dias multiplicar o valor de ETc por 1,15.

Obs.1: Para cultivos com cobertura do solo com palhada, multiplicar o valor de ETc por 0,65 no estágio inicial, por 0,85 no estágio vegetativo e por 0,95 nos estádios de frutificação e de maturação.

Fonte: adaptado de Marouelli et al. (2008).

Passo 2 – Determinar a profundidade efetiva do sistema radicular do tomateiro durante cada estágio de desenvolvimento. Geralmente, a profundidade efetiva das raízes do tomateiro varia entre 5 cm e 10 cm no estágio inicial, entre 15 cm e 30 cm no estágio vegetativo e entre 40 cm e 50 cm a partir do estágio de frutificação. Como a profundidade das raízes é afetada por muitos fatores, a avaliação deve ser feita no próprio local de cultivo. A abertura de uma trincheira, perpendicular à fileira de plantas, possibilita que a profundidade efetiva seja avaliada visualmente.

Passo 3 – Determinar a textura do solo a partir de sua classe textural, conforme a seguir:

- **Textura grossa** – Classes texturais areia, areia franca e franco-arenosa. Inclui solos com capacidade de retenção de água da ordem de $0,5 \text{ mm cm}^{-1}$ de solo.
- **Textura média** – Classes texturais franco, franco-siltoso, franco-argilo-arenoso e silte. Inclui solos com capacidade de retenção de água da ordem de $1,2 \text{ mm cm}^{-1}$ de solo.
- **Textura fina** – Classes texturais franco-argilo-siltoso, franco-argilo, argila arenosa, argila siltosa, argila e muito argiloso. Inclui solos com capacidade de retenção de água da ordem de $2,0 \text{ mm cm}^{-1}$ de solo.

Considerar que muitos solos argilosos do Cerrado (textura fina) caracterizam-se pela elevada estabilidade estrutural (formação de agregados maiores) em decorrência da atuação dos óxidos de alumínio e de ferro e matéria orgânica. Para fins de retenção de água e uso desse procedimento, tais tipos de solo devem ser considerados como de textura média.

Passo 4 – Determinar, na Tabela 6, o turno de rega em função da ETC, da textura do solo e da profundidade efetiva de raízes.

Tabela 6. Turno de rega (dia) para tomateiro irrigado por aspersão ou sulco, conforme a evapotranspiração da cultura (ETc), o estágio de desenvolvimento, a profundidade efetiva de raízes e a textura do solo.

ETc (mm dia ⁻¹)	Profundidade efetiva (cm)								
	10			30			50		
	Textura			Textura			Textura		
	Grossa ⁽¹⁾	Média ⁽²⁾	Fina ⁽³⁾	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
Estádios: inicial e de frutificação									
1	3	5	8	8	16	24	-	-	-
2	1	3	4	4	8	12	7	13	20
3	1	2	3	3	5	8	4	9	13
4	1	1	3	2	4	6	3	7	10
5	1	1	3	2	3	5	3	5	8
6	2 x dia	1	1	1	3	4	2	4	6

Continua...

Tabela 6. Continuação.

ETc (mm dia ⁻¹)	Profundidade efetiva (cm)								
	10			30			50		
	Textura			Textura			Textura		
	Grossa ⁽¹⁾	Média ⁽²⁾	Fina ⁽³⁾	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
7	2 x dia	1	1	1	2	3	2	4	5
8	-	-	-	1	2	3	2	3	5
9	-	-	-	1	2	3	1	3	4
10	-	-	-	1	1	2	1	3	4
11	-	-	-	1	1	2	1	2	3
12	-	-	-	1	1	2	1	2	3
Estádios: vegetativo e de maturação									
1	3	7	10	10	20	30	-	-	-
2	2	3	5	5	10	15	9	18	25
3	1	2	3	3	7	10	6	12	16
4	1	2	2	2	5	7	4	9	12
5	2 x dia	1	2	2	4	6	3	7	10
6	-	-	-	2	3	5	3	6	8
7	-	-	-	2	3	4	2	5	7
8	-	-	-	1	2	4	2	4	6

⁽¹⁾ Classes texturais: areia, areia franca, franco-arenoso. ⁽²⁾ Classes texturais: franco, franco-siltoso, franco-argilo-arenoso, silte. ⁽³⁾ Classes texturais: franco argilo-siltoso, franco-argiloso, argila-arenosa, argilo-siltoso, argila, muito argiloso.

Obs.: muitos solos argilosos de Cerrado (textura fina) caracterizam-se pela elevada estabilidade estrutural e moderada capacidade de retenção de água, devendo ser considerados para uso desta tabela como de textura média.

Fonte: adaptado de Marouelli et al. (2008).

Passo 5 – Determinar, pela Equação 2, a lâmina de água real necessária a cada irrigação:

$$\text{LRN} = \text{TR} \times \text{ETc} \quad (2)$$

em que

LRN = lâmina de água real necessária (mm).

TR = turno de rega (dias).

ETc = evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹).

Passo 6 – Calcular, pela Equação 3, a lâmina de água total necessária por irrigação:

$$LTN = LRN/E_i \quad (3)$$

em que

LTN = lâmina de água total necessária (mm).

E_i = eficiência de irrigação (decimal).

A eficiência de irrigação depende das características e da manutenção do sistema, entre outros fatores, devendo ser avaliada para maior precisão, por um técnico no próprio local. Como valores gerais, sugere-se E_i entre 0,40 e 0,65 para sulco e entre 0,60 e 0,85 para aspersão convencional, incluindo-se microaspersão.

Passo 7 – Calcular o tempo necessário para aplicar a lâmina total de irrigação. Para aspersão convencional, o tempo de irrigação é calculado por:

$$T_i = 60 \times LTN/I_a \quad (4)$$

em que

T_i = tempo de irrigação (min).

I_a = intensidade de aplicação de água (mm h⁻¹).

A intensidade de aplicação de água é uma característica do sistema de irrigação que depende da vazão e do espaçamento entre aspersores. O valor de I_a pode ser obtido, diretamente, no catálogo técnico do aspersor ou valendo-se da equação a seguir:

$$I_a = 1.000 Q/(E_a \times E_l) \quad (5)$$

em que

Q = vazão do aspersor (m³ h⁻¹).

E_a = espaçamento entre aspersores ao longo da linha lateral (m).

E_l = espaçamento entre linhas laterais de aspersores (m).

A vazão do aspersor pode ser medida com um balde, um recipiente graduado em mililitros, uma mangueira flexível e um cronômetro. Para isso, deve-se interromper o giro do aspersor, adaptar uma mangueira ao

bocal deste e conduzir a água para dentro do balde. Coletar pelo menos 20 L de água e medir o tempo de cada coleta, não devendo o tempo ser menor que 5 segundos. Repetir o teste três vezes, em três aspersores diferentes.

Caso o aspersor tenha mais de um bocal, deve-se medir um bocal de cada vez e somar as vazões. Os aspersores devem estar funcionando na pressão de serviço do sistema. A vazão do aspersor é computada por:

$$Q = 3,6 V_c / T_c \quad (6)$$

em que

V_c = volume médio de água coletado (L).

T_c = tempo médio de coleta (min).

No sistema por sulco, o tempo total de irrigação deve ser suficiente para a água atingir o final do sulco (tempo de avanço) mais aquele requerido para aplicar a lâmina real necessária (tempo de oportunidade). O tempo de oportunidade pode ser estimado por:

$$T_o = LRN / (Q_i - Q_f) \times L_s \times S_s \quad (7)$$

em que

T_o = tempo de oportunidade (min).

Q_i = vazão no início do sulco ($L \text{ min}^{-1}$).

Q_f = vazão no final do sulco ($L \text{ min}^{-1}$).

L_s = comprimento do sulco (m).

S_s = espaçamento entre sulcos (m).

Procedimento para irrigação por gotejamento

Passos 1 a 5 – Seguir os passos de 1 a 5, conforme apresentados para irrigação por aspersão, microaspersão e sulco. Para a estimativa da ETC usar a Tabela 7 e para o turno de rega a Tabela 8.

Passo 6 – Determinar, pela Equação 8, o tempo de irrigação:

$$T_i = 60 \times LRN \times S_f \times S_g / (E_i \times n_L \times V_g) \quad (8)$$

em que

S_f = espaçamento entre fileiras de plantas (m).

Tabela 7. Evapotranspiração da cultura (ETc) do tomateiro (mm dia⁻¹) irrigada por gotejamento (solo sem cobertura com palhada ou plástico), conforme a umidade relativa (UR) e temperatura média do ar e o estágio de desenvolvimento da cultura.

UR (%)	Temperatura (°C)										
	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
Estádio inicial											
40	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8
50	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,9
60	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9
70	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9
80	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9
90	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0
Estádio vegetativo											
40	3,2	3,6	3,9	4,3	4,7	5,2	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6
50	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	5,9	6,3
60	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,4	3,7	4,1	4,4	4,7	5,1
70	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
80	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5
90	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	5,4	6,0	6,7	7,3	8,0	8,7	9,5	10,3	11,1	12,0	12,9
50	4,5	5,0	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,6	9,3	10,0	10,7
60	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6
70	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	4,4	4,8	5,1	5,6	6,0	6,4
80	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	4,0	4,3
90	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1
Estádio de maturação											
40	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8
50	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,9	6,3	6,8	7,3
60	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8
70	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4
80	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9
90	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

Obs.1: para cultivos com cobertura do solo com palhada, multiplicar o valor de ETc por 0,70 durante o estágio inicial, por 0,90 durante o estágio vegetativo e por 0,95 durante os estádios de frutificação e de maturação.

Obs.2: para cultivos com cobertura do solo com lona plástica preta, multiplicar o valor de ETc por 0,50 durante o estágio inicial, por 0,80 durante o estágio vegetativo e por 0,90 durante os estádios de frutificação e de maturação.

Fonte: adaptado de Marouelli et al. (2008).

Tabela 8. Turno de rega (dia) para tomateiro irrigado por gotejamento, conforme a evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade efetiva de raízes e textura do solo.

ETc (mm dia ⁻¹)	Profundidade efetiva (cm)								
	10			30			50		
	Textura			Textura			Textura		
	Grossa ⁽¹⁾	Média ⁽²⁾	Fina ⁽³⁾	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
	Estádio inicial e de frutificação								
1	1	2	3	4	7	8	6	11	14
2	2 x dia	1	1	2	3	4	3	6	7
3	3 x dia	1	1	1	2	3	2	4	4
4	3 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1	2	1	3	3
5	3 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1	1	1	2	3
6	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1	1	2	2
7	4 x dia	3 x dia	3 x dia	2 x dia	1	1	1	1	2
8	-	-	-	2 x dia	1	1	1	1	1
9	-	-	-	2 x dia	1	1	2 x dia	1	1
10	-	-	-	2 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1
11	-	-	-	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1
12	-	-	-	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1

⁽¹⁾ Classes texturais: areia, areia franca, franco-arenoso. ⁽²⁾ Classes texturais: franco, franco-siltoso, franco-argilo-arenoso, silte. ⁽³⁾ Classes texturais: franco argilo-siltoso, franco-argiloso, argila-arenosa, argilo-siltoso, argila, muito argiloso.

Obs.: muitos solos argilosos de Cerrado (textura fina) caracterizam-se pela elevada estabilidade estrutural e moderada capacidade de retenção de água, devendo ser considerados para uso desta tabela como de textura média.

Fonte: adaptado de Marouelli et al. (2008).

S_g = espaçamento entre gotejadores (m).

n_L = número de linhas laterais de gotejadores por fileira de plantas.

V_g = vazão do gotejador (L h⁻¹).

No caso de fileiras duplas de plantas, considerar S_F como sendo o espaçamento de centro a centro entre fileiras duplas e n_L o número de linhas laterais por fileira dupla. Como valores gerais para sistemas por gotejamento, sugere-se E_i entre 0,70 e 0,85.

Método do tato-aparência

Alguns produtores decidem o momento de irrigar suas lavouras a partir da avaliação visual da umidade do solo, geralmente na camada superficial. No entanto, essa avaliação não fornece qualquer informação confiável sobre a real disponibilidade de água na zona radicular da cultura, a menos que o tomateiro encontre-se no estágio inicial de desenvolvimento, período em que as raízes das plantas são bastante superficiais.

Uma precisão minimamente aceitável da disponibilidade de água no solo para as plantas pode ser alcançada amostrando-se o solo entre 30% e 50% da profundidade das raízes. A amostragem deve ser feita próximo à planta e em pelo menos três pontos representativos da área, usando-se, de preferência, um trado tipo meia-cana, medindo entre 20 mm e 25 mm de diâmetro (Figura 23).



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 23. Tradagem de solo na zona radicular do tomateiro, para avaliar a disponibilidade de água.

A Tabela 9 mostra um guia prático e interpretativo que possibilita ao usuário estimar a quantidade de água disponível no solo e a necessidade de irrigação, por meio de observações da consistência (tato) e da aparência visual do solo (Figura 24).

Tabela 9. Guia prático para estimativa da água disponível no solo (AD), conforme a textura, consistência e aparência visual do solo.

AD (%)	Textura			
	Grossa	Moderadamente grossa	Média	Moderadamente fina e Fina
0–25	Seco, solto, escapa entre os dedos	Seco, solto, escapa entre os dedos	Seco, por vezes formando torrão que raramente se conserva	Duro, esturricado, às vezes com grânulos soltos na superfície
25–50	Seco, não forma torrão	Sinais de umidade, mas não forma torrão	Forma torrão, algo plástico, mas com grânulos	Maleável, formando torrão
50–75	Seco, não forma torrão	Tende a formar torrão que raramente se conserva	Forma torrão, algo plástico, que às vezes desliza entre os dedos ao ser friccionado	Forma torrão que desliza entre os dedos na forma de lâmina ao ser friccionado
75–100	Tende a se manter coeso; às vezes, forma torrão, que se rompe facilmente	Forma torrão que se rompe facilmente e não desliza entre os dedos	Forma torrão muito maleável que desliza facilmente entre os dedos	Ao ser comprimido desliza entre os dedos na forma de lâmina escorregadiça
100 (CC ⁽¹⁾)	Ao ser comprimido, não perde água, mas umedece a mão	Ao ser comprimido, não perde água, mas umedece a mão	Ao ser comprimido não perde água, mas umedece a mão	Ao ser comprimido não perde água, mas umedece a mão

⁽¹⁾ CC = capacidade de campo.

Obs.1: o torrão se forma, comprimindo-se fortemente um punhado de solo com a mão.

Obs.2: o solo desliza entre os dedos polegar e indicador ao ser friccionado.

Obs.3: muitos solos argilosos de Cerrado (textura fina) caracterizam-se pela elevada estabilidade estrutural (formação de agregados maiores), devendo ser considerados para uso desta Tabela como de textura média.

Obs.4: a amostra de solo deve ser retirada entre 30% e 50% da profundidade efetiva do sistema radicular.

Fonte: adaptado de Irrigation... (1959) e Marouelli et al. (2011a).



Figura 24. Avaliação da água disponível (AD) em um solo de textura média pelo método da consistência (tato) e aparência visual: coleta da amostra com trado (A); condição de saturação (B); 100% de AD (capacidade de campo) (C); 75%–50% de AD (úmido) (D); 50%–75% de AD (moderadamente úmido) (E); 25%–50% de AD (moderadamente seco) (F); 0%–25% de AD (seco) (G); 0% de AD (ponto de murcha permanente) (H).

No caso do tomateiro, as regas devem ser feitas quando a água disponível no solo (AD) estiver entre 75% e 100%, para irrigação por gotejamento, e entre 50% e 75%, para irrigação por aspersão e sulco. Especificamente, durante o estágio vegetativo, quando as plantas são mais tolerantes a déficits hídricos moderados e visando ao maior aprofundamento das raízes do tomateiro, pode-se irrigar quando AD estiver entre 50% e 75%, para gotejamento, e entre 25% e 50%, para aspersão e sulco.

Para usuários que não dispõem de informações, nem mesmo de ordem prática, sobre a capacidade de retenção de água do solo, existente em sua propriedade, a lâmina total de irrigação que pode ser estimada por:

$$LTN = (A_{FD} \times Z_r \times f_{Am})/Ei \quad (9)$$

em que

A_{FD} = quantidade de água facilmente disponível no solo (mm cm^{-1}).

Z_r = profundidade efetiva do sistema radicular da cultura (mm).

f_{Am} = fração de área molhada do solo pelo sistema de irrigação (decimal).

Valores de A_{FD} , em função de AD, são mostrados na Tabela 10. Para irrigação por aspersão e por sulco, pode-se considerar f_{Am} igual a 1,00 (100% de área molhada), enquanto para gotejamento f_{Am} , geralmente varia entre 0,40 e 0,70.

Tabela 10. Quantidade de água facilmente disponível no solo (A_{FD}), conforme a textura, porcentagem de água disponível (AD) e tensão de água no solo no momento da irrigação.

AD (%)	Textura		
	Grossa ⁽¹⁾	Média ⁽²⁾	Fina ⁽³⁾
	A_{FD} (mm cm^{-1})		
75–100	0,10	0,15	0,25
50–75	0,20	0,45	0,75
25–50	0,35	0,75	1,25
0–25	0,45	1,25	1,75

Continua...

Tabela 10. Continuação.

Tensão (kPa)	Textura		
	Grossa ⁽¹⁾	Média ⁽²⁾	Fina ⁽³⁾
	A_{FD} (mm cm ⁻¹)		
10	0,15	0,22	0,25
15	0,20	0,32	0,45
20	0,23	0,42	0,60
25	0,25	0,48	0,70
30	0,28	0,54	0,80
40	0,33	0,66	0,90
50	0,35	0,72	1,00

⁽¹⁾ Classes texturais: areia, areia franca, franco-arenoso. ⁽²⁾ Classes texturais: franco, franco-siltoso, franco-argilo-arenoso, silte. ⁽³⁾ Classes texturais: franco-argilo-siltoso, franco-argiloso, argila arenosa, argila siltosa, argila, muito argiloso.

Obs.: muitos solos argilosos de Cerrado (textura fina) caracterizam-se pela elevada estabilidade estrutural e moderada capacidade de retenção de água, devendo ser considerados para uso desta tabela como de textura média.

Fonte: adaptado de Marouelli (2008), Marouelli e Calbo (2009) e Marouelli et al. (2011b).

Método simplificado da tensão de água no solo

A tensão de água é uma característica do solo que expressa a força com que a água está retida a suas partículas. Assim, quanto maior a umidade do solo, menor é a tensão com que a água está retida e mais fácil é para as plantas retirar água do solo. No caso do tomateiro, a tensão-limite de água no solo depende de vários fatores, como do estágio de desenvolvimento das plantas, do sistema de irrigação e do tipo de solo.

Para a maior produtividade de tomate, as regas devem ser feitas sempre que a tensão de água no solo atingir entre 40 kPa e 60 kPa, para irrigação por sulco, entre 25 kPa e 40 kPa, para aspersão, e entre 10 kPa e 30 kPa, para gotejamento. O menor valor dentro de cada faixa de tensão deve ser usado para solos mais arenosos e/ou durante o estágio de frutificação do tomateiro, que é o mais sensível à falta de água.

Em locais com histórico de infestação de patógenos de solo, deve-se irrigar com menos frequência, para manter a camada superficial desse

solo mais seca e ao mesmo tempo minimizar a ocorrência da doença. Sob tais condições, devem-se considerar as tensões-limites de 30 kPa a 40 kPa para solos arenosos, de 40 kPa a 50 kPa para solos francos e de 50 kPa a 70 kPa para solos argilosos.

A medição direta ou indireta da tensão de água no solo pode ser feita com diferentes tipos de sensores. Tensiômetros (Figura 25) são os sensores mais frequentemente usados por produtores em todo o mundo, para o manejo da água de irrigação em várias culturas. Entretanto, apresentam custo elevado, requerem treinamento do produtor e apresentam problemas de funcionamento mesmo quando adequadamente instalados e mantidos. Sensores com base em tecnologias de reflectometria no domínio do tempo (TDR), capacitância e resistência elétrica também apresentam alto custo, requerem calibração e treinamento do usuário, além de muitos deles serem pouco precisos.

Fotos: Waldir Aparecido Marouelli



Figura 25. Tensiômetros com vacuômetro metálico tipo Bourdon (A) e leitura com tensiômetro digital (B) instalados a 50% e 100% da profundidade efetiva do sistema radicular do tomateiro.

Diferentemente do tensiômetro, o Irrigas[®] (Figura 26) é um sensor simples e de fácil operação pelo agricultor, o qual apresenta boa precisão, é de baixo custo (20% a 40% do valor do tensiômetro) e praticamente não requer manutenção. Esse sensor foi desenvolvido pela Embrapa e está disponível, comercialmente, nas versões 15 kPa, 25 kPa e 40 kPa.

A decisão sobre quando irrigar deve ser feita com base na avaliação diária de sensores Irrigas[®] (Figura 27) instalados entre 30% e 50% da profundidade radicular efetiva, em pelo menos três locais representativos da área (estações de controle de irrigação). Nessas estações, devem-se instalar



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 26. Sistema Irrigas® na sua forma básica, incluindo cápsula porosa (sensor), tubo de plástico flexível, cuba de leiteira, haste para a cuba de leiteira e frasco para teste de imersão, antes da instalação dos sensores.



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 27. Leitura de sensores Irrigas®, instalados a 50% e a 100% da profundidade efetiva do sistema radicular do tomateiro, por meio da introdução da cuba de leiteira dentro de um frasco com água.

sensores Irrigas® com tensão de referência próxima da tensão-limite recomendada para o tomateiro. Para tomateiro irrigado por gotejamento em solo argiloso, por exemplo, poderia ser usado Irrigas® de 15 kPa durante o estágio de frutificação e de 25 kPa durante os estádios vegetativo e de maturação.

Os sensores devem ser instalados entre 10 cm e 30 cm da planta, dependendo do estágio de desenvolvimento da cultura. No caso de irrigação por gotejamento, ele deve ser instalado entre 10 cm e 20 cm do gotejador. As leituras dos sensores devem ser feitas, preferencialmente, pela manhã, visitando-se, diariamente, cada estação de controle.

A quantidade de água a ser aplicada a cada irrigação é em função da capacidade de armazenamento de água pelo solo na zona radicular do tomateiro. Para produtores que não dispõem de informações sobre a retenção de água do solo em sua propriedade, a lâmina de irrigação pode ser estimada a partir dos dados de água facilmente disponível (A_{FD}) apresentados na Tabela 10, usando-se a Equação 9. Sensores Irrigas® de 25 kPa, instalados entre 100% e 120% da profundidade efetiva, possibilitam ao produtor ajustar, de forma interativa, a lâmina de água aplicada a cada irrigação.

Maiores informações sobre o manejo de irrigação com sensores Irrigas® podem ser obtidas em Marouelli e Calbo (2009) e em Marouelli et al. (2010), sendo que ambas as publicações encontram-se disponíveis na página da Embrapa Hortaliças².

Horário de irrigar

Geralmente, o horário da irrigação – principalmente quando feita por gotejamento ou por sulco – não tem influência sobre a produtividade do tomateiro. No entanto, alguns fatores operacionais, econômicos, climáticos e agrônômicos podem limitar ou favorecer o uso da irrigação durante alguns períodos do dia.

No caso da irrigação por aspersão, irrigações feitas durante períodos de ventos intensos, baixa UR e temperatura elevada do ar acarretam maior perda de água por evaporação e prejudicam a distribuição de água na lavoura, afetando, negativamente, a produtividade da cultura. Sobre tal aspecto, sempre que possível, o produtor deve irrigar em horários com menor temperatura, com maior UR e, principalmente, com menos vento.

²Disponível em: <www.cnph.embrapa.br>.

Ainda no caso da aspersão, o horário de se irrigar pode afetar a ocorrência e a severidade da maioria das doenças de parte aérea do tomateiro. Para minimizar tal risco, as regas por aspersão devem ser feitas, preferencialmente, depois das primeiras horas da manhã e antes das últimas horas da tarde, de 10h às 15h, a fim de reduzir o tempo em que a água permanece livre sobre as folhas e minimizar o desenvolvimento de epidemias de doenças fúngicas e bacterianas. No entanto, em regiões muito sujeitas à formação de orvalho, as irrigações devem ser feitas, quando possível, à noite durante o período de ocorrência de orvalho, não havendo assim o efeito aditivo do tempo de molhamento, causado pela irrigação e pelo orvalho.

Em regiões ou em épocas do ano em que não há ocorrência de orvalho, irrigações diurnas são mais apropriadas do ponto de vista operacional da propriedade agrícola, mesmo no caso de patógenos (fungos) que produzem esporos que são liberados durante o dia. Desde que não sejam feitas no final da tarde, haverá tempo para que as folhas e as hastes enxuguem antes do entardecer.

Em condições de baixa UR, vento leve e irrigação por aspersão durante o período diurno, as folhas do tomateiro levam entre 5 minutos e 30 minutos para enxugar por completo após o término da irrigação. Por isso, a água de irrigação não contribui para aumentar o molhamento foliar, a qual é fundamental para que os esporos fúngicos germinem e penetrem nas células bacterianas. Quando o ambiente apresenta UR acima de 80%, temperaturas amenas, ausência de vento e céu nublado, o período de secagem pode ser superior a 4 horas. Nessas condições, se a irrigação for feita no período da tarde, o tempo de secagem pode chegar a 20 horas, resultante do efeito aditivo do molhamento foliar causado pela irrigação e pelo orvalho.

Os sistemas por gotejamento e por sulco não geram molhamento da parte aérea do tomateiro tutorado e não têm a eficácia prejudicada de forma significativa, pelas condições de vento, UR e temperatura do ar. Assim, podem ser usados durante qualquer horário. Do mesmo modo, sistemas de irrigação fixos, como o gotejamento, podem ser usados durante a noite, sem qualquer limitação operacional. Por sua vez, sistemas por sulco e por aspersão convencional portátil e semiportátil exigem mão de obra ininterrupta para movimentação de parte dos equipamentos na área a ser irrigada, o que praticamente inviabiliza seu uso durante a noite.

Outro fator que pode ser decisivo na escolha do horário da irrigação é o custo da tarifa de energia elétrica. Existe uma tarifação reduzida para irrigar durante a noite, geralmente de 21h30 às 6h, com descontos que podem chegar a 90%. No caso específico da aspersão, o produtor deve considerar que, se a irrigação noturna representar risco de maior severidade de doenças de parte aérea, será provavelmente mais viável, em termos econômicos, irrigar durante o dia e não desfrutar do desconto da energia, a ter a produtividade da lavoura comprometida por doenças. Para as condições brasileiras, não se tem constatado que o tomateiro apresente problemas de ordem fisiológica, como de escaldadura por calor úmido, mesmo quando se irriga nos horários mais quentes do dia.

Quando o horário das irrigações tiver de ser restringido, em função de qualquer fator limitante, o sistema de irrigação deve ser dimensionado para ter capacidade de irrigar apenas nos horários estabelecidos. Sistemas de irrigação com capacidade limitada para atender toda a área a ser irrigada não permitem ao produtor muita flexibilidade para definir horários específicos para irrigar.

Irrigação em solo com cobertura (*mulch*)

O uso de cobertura morta ou plástica sobre o solo é uma prática usada na produção de hortaliças, principalmente em pequenas áreas de produção. Entre as principais vantagens dessa prática, destacam-se:

- Proteção do solo contra o impacto das gotas de água da chuva e da irrigação por aspersão, reduzindo a compactação e a erosão hídrica do solo.
- Maior conservação de água no solo, resultante da menor evaporação.
- Melhoria no controle de plantas invasoras.
- Menor amplitude térmica no solo.

Na agricultura orgânica, a cobertura do solo é feita com restos vegetais picados (palhada), incluindo:

- Plantas usadas como adubos verdes.
- Restos de culturas comerciais.
- Capineiras instaladas para tal finalidade.

A cobertura do solo com palhada pode ser usada tanto em tomateiro irrigado por aspersão (Figura 28) quanto por gotejamento (Figura 29).



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 28. Lavoura de tomate em solo com cobertura de palhada, irrigada por aspersão convencional.



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 29. Lavoura de tomate em solo com cobertura de palhada, irrigada por gotejamento.

Também podem-se usar lonas plásticas de diferentes cores, espessuras e larguras, para cobertura do solo em lavouras com plantas conduzidas de forma tutorada, sobretudo em sistemas convencionais de produção de tomate irrigados por gotejamento (Figura 30).

A necessidade total de água do tomateiro cultivado em solo coberto com palhada é cerca de 10% menor que em solo sem cobertura morta, podendo atingir 15% em lavouras onde a cobertura do solo com palhada seja espessa. A economia de água está relacionada ao fato de a palhada atuar como barreira contra a evaporação de água do solo. A redução da ETC durante o estágio inicial do tomateiro pode chegar a 30%, enquanto, a partir de meados do estágio de frutificação, os valores de ETC em solos com e sem cobertura por palhada praticamente não diferem. Tais diferenças se devem ao fato de que durante o estágio inicial, quando a cobertura do solo pelas plantas é pequena, a evaporação representa a maior parte da necessidade de irrigação. À medida que as plantas se desenvolvem, a transpiração passa a ser predominante.

A redução na perda de água por evaporação, em lavouras de tomate com cobertura do solo com plástico preto, é ainda maior do que quando o solo é coberto por palhada. Durante o estágio inicial de desenvolvimento do tomateiro, a redução na ETC pode superar 60%, enquanto durante o estágio de maturação pode chegar a 10%.

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Figura 30. Lavoura de tomate em solo parcialmente coberto com lona plástica preta, irrigada por gotejamento.

Independentemente da cobertura usada sobre o solo, a lâmina de água a ser aplicada a cada irrigação deve ser a mesma daquela quando não se usa qualquer tipo de cobertura. O que altera no manejo é o intervalo entre irrigação. Como a quantidade de água que o solo pode armazenar permanece praticamente inalterada e ocorre uma redução na ETC do tomateiro, a frequência de irrigação em lavouras cultivadas em solo com cobertura morta será menor que em solo sem cobertura.

Assim, quando se irriga por aspersão, pode-se obter uma redução na ocorrência de doenças da parte aérea do tomateiro. No caso particular de o produtor dispor de água apenas em dias específicos da semana, como ocorre em alguns perímetros públicos de irrigação, e não ter como aumentar o intervalo entre irrigações, deve-se optar por manter a frequência de irrigação e reduzir a lâmina de água aplicada, de forma que as plantas não sejam submetidas a excesso de água.

Irrigação em cultivos consorciados

Em sistemas orgânicos de produção, é relativamente comum desenvolver-se cultivos consorciados (Figura 31), inclusive no caso do tomateiro. Tal sistema de cultivo demanda ajustes no manejo da água de irrigação para que a produtividade do tomateiro não seja seriamente prejudicada.



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 31. Consórcio tomate-coentro, em irrigação por sulco.

Independentemente de a irrigação vir a ser feita de forma correta, normalmente há uma redução na produtividade do tomateiro, principalmente em decorrência de maior competitividade entre as plantas por luz e por nutrientes.

No cultivo consorciado, quando se mantém o mesmo espaçamento entre plantas de tomateiro, ocorre um aumento na demanda de água pelas plantas, ou seja, a ETc global do cultivo consorciado é ligeiramente maior (5% a 20%) que a ETc específica do tomateiro. Para compensar a maior demanda de água, as irrigações devem ser feitas com mais frequência. Não se deve aumentar a quantidade de água aplicada por irrigação, pois a capacidade de armazenamento de água pelo solo permanece inalterada.

O primeiro aspecto a ser considerado pelo produtor é que irrigações mais frequentes podem favorecer a maior ocorrência de doenças da parte aérea do tomateiro, caso sejam feitas por aspersão. Para evitar tal problema e reduzir a competitividade por energia luminosa, recomenda-se aumentar o espaçamento entre plantas de tomateiro e da outra cultura em consórcio, de forma a não aumentar a ETc global do cultivo consorciado e a frequência entre irrigações. Em se tratando de irrigação por gotejamento ou por sulco, geralmente uma redução no intervalo entre irrigações não traz maiores problemas para o tomateiro, a menos que em condições de alta infestação de patógenos de solo.

Sendo o tomateiro a cultura principal, a cultura secundária a ser adotada em consórcio não deve requerer irrigações mais frequentes que o tomateiro, sobretudo se a irrigação for por aspersão. Assim, culturas com sistemas radiculares superficiais e muito sensíveis à falta de água, como alface, rúcula e cebolinha, não devem ser usadas. Para se obter produtividades elevadas e produtos de qualidade, tais culturas requerem regas mais frequentes que o tomateiro, o que pode prejudicar a produção de tomate.

Trabalhos recentes mostram que o cultivo do coentro (*Coriandrum sativum* L.), em consórcio com tomateiro, reduz a população de insetos broqueadores, como traça-do-tomateiro e broca-grande, reduzindo a perda de frutos em até 10%. Essa redução na perda de frutos pode chegar a 20%, quando o consórcio tomate-coentro é irrigado por aspersão. Assim, enquanto as gotas de água atuam removendo ovos e larvas das folhas do tomateiro, os voláteis exalados pelo coentro têm efeito repelente sobre alguns insetos-praga, e suas flores são visitadas, frequentemente, por inimigos naturais.

No consórcio tomate-coentro, visando ao manejo ecológico de insetos-praga, o coentro deve ser semeado em torno de 15 dias antes do transplante das mudas de tomate. Na colheita do coentro, deve-se deixar de duas a três plantas de coentro para florescer (Figura 32) entre duas plantas de tomate e fazer novo semeio.



Foto: Waldir Aparecido Marouelli

Figura 32. Consórcio tomate-coentro, com plantas de coentro floridas para manejo ecológico de insetos-praga, em solo com cobertura de palhada e irrigação por gotejamento.

Após a segunda colheita do coentro, deve-se manter outras plantas para florescer. Além da maior produtividade de tomate e da obtenção de frutos de melhor qualidade, o produtor garante uma renda extra com a comercialização de duas safras de coentro durante o cultivo do tomateiro. Outra prática de manejo também usada em sistemas orgânicos de produção é o plantio do tomateiro em solo com cobertura viva. Geralmente, a cobertura do solo é feita com plantas leguminosas, como o amendoim-forrageiro (*Arachis pintoii*), ou com vegetação espontânea roçada. Para fins de manejo de irrigação, tal prática deve ser considerada como cultivo em consórcio. Nessa prática, a cobertura de toda a superfície do solo só é alcançada quando se irriga por aspersão.

A ETc global de cultivos em consórcio é muito difícil de ser determinada com um mínimo de precisão, pois não existe procedimento

confiável para estimar o valor de K_c para cultivos em consórcio, a partir de coeficientes específicos para culturas individuais. Assim, sugere-se que o manejo de água em tomateiro cultivado em consórcio com outras espécies de plantas seja feito pelos métodos da tensão de água no solo ou do tato-aparência, sem a necessidade de se determinar a ET_c .

Irrigação em casas de vegetação

O tomateiro orgânico pode ser também cultivado em casas de vegetação (ambiente protegido) Figura 33, sistema de cultivo empregado de forma crescente em decorrência do acréscimo em produtividade e da melhor qualidade de frutos produzidos, especialmente pela maior eficiência no controle de doenças e de insetos-praga.

Conforme foi discutido anteriormente, as doenças estão entre os principais fatores que contribuem para a redução da produtividade de frutos em campo, principalmente aquelas que incidem na parte aérea do tomateiro. No cultivo em casas de vegetação, normalmente, a irrigação é feita por gotejamento e, por impedir a entrada de chuva, não há molhamento das plantas. Assim, a grande maioria das doenças de parte aérea é

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Figura 33. Lavoura de tomate conduzida em casa de vegetação, com solo coberto por lona plástica preta e irrigação por gotejamento.

desfavorecida, entre elas a requeima, a septoríose, a pinta-bacteriana e a mancha-bacteriana.

Em decorrência do uso intensivo do solo, as doenças que atacam o sistema radicular do tomateiro se tornam mais relevantes no cultivo em casas de vegetação. É comum encontrar casas de vegetação com alta infestação por patógenos de solo, o que pode inviabilizar o cultivo diante da dificuldade de controle. Entre os patógenos habitantes de solo mais danosos ao cultivo do tomateiro em casas de vegetação destacam-se:

- *Ralstonia solanacearum* (murcha-bacteriana).
- *Pectobacterium carotovorum* (talo-oco).
- *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopercisi* (murcha-de-fusário).
- *Verticillium dahliae* (murcha-de-verticílio).
- *Meloidogyne* spp. (nematoides-das-galhas).

Entre as práticas de cultivo, a irrigação é uma importante ferramenta que deve ser considerada no manejo de doenças provocadas por patógenos de solo em ambiente protegido. Geralmente, existe uma correlação negativa entre a tensão de água no solo e a ocorrência de doenças de solo. Assim, em solos infestados por patógenos, tanto maior será a incidência de plantas doentes quanto menor for a tensão de água no solo, ou seja, quanto mais úmido for mantido o solo, especialmente em solos com alta capacidade de retenção de água, com problemas de drenagem ou cobertos com plástico.

Para minimizar a ocorrência de doenças, sem prejudicar a produtividade de frutos, deve-se sempre adotar o maior intervalo possível entre irrigações e regar até que o solo retorne a sua condição de capacidade de campo, evitando excesso de água. Para tal, sugere-se que o tomateiro cultivado em ambiente protegido seja irrigado com os mesmos valores de tensão-limite de água no solo recomendados para o cultivo em campo. Do mesmo modo, em casas de vegetação com alto risco de infestação ou com histórico de patógenos de solo, deve-se irrigar com menos frequência.

Produtores de tomate, em casas de vegetação, também devem ficar atentos às epidemias de oídio, as quais podem ocorrer nessa condição de cultivo, por ser um ambiente seco e altamente propício ao desenvolvimento dessa doença. Paralelamente ao discutido anteriormente, tem se verificado que a aplicação de uma a duas irrigações por aspersão a cada 2 semanas é suficiente para se atingir controle satisfatório de oídio. O sistema por

aspersão – principalmente quando adotado com microaspersores – pode ser adaptado às condições das casas de vegetação e ser usado em harmonia com o sistema por gotejamento. Com um manejo adequado de irrigação, é possível retardar o desenvolvimento de doenças, em especial o oídio, aumentando a longevidade da cultura e sua produtividade.

Irrigação de tomateiro para processamento

O cultivo de tomateiro – visando produzir frutos destinados à elaboração de polpas e de molhos – geralmente é feito com cultivares de hábito de crescimento determinado e fazendo-se uma única colheita. Maior rendimento no processamento é alcançado ao se usar frutos com alto teor de sólidos solúveis, o que pode ser obtido reduzindo-se a quantidade de água aplicada às plantas a partir do início da maturação dos frutos.

Para tomateiro irrigado por aspersão em solos de Cerrado, pode-se obter maior rendimento de polpa fazendo-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 maior produtividade de frutos, deve-se irrigar até mais próximo à colheita (2 a 3 semanas), ou seja, até quando 10% a 30% dos frutos apresentarem-se maduros (Figura 34).

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Figura 34. Lavoura de tomate para processamento, irrigada por gotejamento, com maturação uniforme de frutos.

Para gotejamento, em decorrência do menor volume de água armazenado no solo, deve-se irrigar até mais próximo da colheita. Sugere-se suspender o fornecimento de água com 40% a 50% de frutos maduros (10 a 15 dias antes da colheita), para maior rendimento de polpa, e com 60% a 90% de frutos maduros (5 a 10 dias antes da colheita), para maior produtividade de frutos.

Além de garantir frutos de melhor qualidade para processamento, a antecipação da data da última irrigação garante uma colheita única, maior uniformidade na maturação dos frutos e redução na quantidade de água aplicada.

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).
- COELHO FILHO, M. A.; PEREIRA, F. A. C.; COELHO, E. F.; OLIVEIRA, G. X. S. O processo de evapotranspiração. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 91-113.
- IRRIGATION on western farms. Washington, DC: Soil Conservation Service, 1959. 53 p. (Agricultural Information Bulletin, 199).
- 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.
- MAROUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2008. 15 p. (Circular Técnica, 57).
- MAROUELLI, W. A.; CALBO, A. G. **Manejo de irrigação em hortaliças com sistema Irrigas[®]**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2009. 16 p. (Circular Técnica, 69).
- MAROUELLI, W. A.; CARRIJO, O. A.; SOUZA, R. B.; SILVA, W. L. C. Irrigação e fertirrigação na cultura do tomate. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011a. p. 739-769.
- MAROUELLI, W. A.; FREITAS, V. M. T.; COSTA JÚNIOR, A. D. **Guia prático para uso do Irrigas na produção de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2010. 32 p.
- MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, Á. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011b. p. 157-232.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; SILVA, W.L.C. **Irrigação do tomateiro para processamento**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2012. 22 p. (Circular Técnica, 102).

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2011. 24 p. (Circular Técnica, 98).

MARQUELLI, 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, 2008. 150 p.

Literatura recomendada

BAPTISTA, M. J.; MAROUELLI, W. A.; RESENDE, F. V. Influência dos sistemas de irrigação por aspersão e gotejamento na ocorrência de oídio em tomateiro cultivado em sistema orgânico de produção. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 130-133, 2009.

BARRETO, Y. C.; MACEDO, T. C.; BOTREL, N.; MAROUELLI, W. A. Qualidade química e física de tomates orgânicos produzidos com diferentes sistemas de irrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. S7617-S7624, 2012.

CABRAL, R. N.; MAROUELLI, W. A.; LAGE, D. A. C.; CAFÉ-FILHO, A. C. Septoria leaf spot in organic tomatoes under diverse irrigation systems and water management strategies. **Horticultura Brasileira**, Vitória da Conquista, BA, v. 31, n. 3, p. 392-400, 2013.

CABRAL, R. N.; MAROUELLI, W. A.; LAGE, D. A. C.; LAPIDUS, G. A.; CAFÉ FILHO, A. C. Incidência da murcha bacteriana em tomateiro orgânico sob diferentes sistemas de irrigação, níveis de água e coberturas de solo. **Cadernos de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 6, n. 2, 2011.

COSTA, J. S.; JUNQUEIRA, A. M. R.; SILVA, W. L. C.; FRANÇA, E. H. Impacto da irrigação via pivô-central no controle da traça-do-tomateiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 16, p. 19-23, 1998.

GRAVINA, C. S.; MAROUELLI, W. A.; JUNQUEIRA, A. M. R. Incidência de *Spodoptera eridania* em tomateiro orgânico sob diferentes sistemas e níveis de irrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. S1351-S1357, 2012.

GRAVINA, C. S.; MAROUELLI, W. A.; JUNQUEIRA, A. M. R.; SOUZA, R. F.; ARAÚJO, T. A. Produção de tomate orgânico sob diferentes manejos de irrigação. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 2, p. 2834-2842, 2010. Suplemento. 1 CD-ROM.

GRAVINA, C. S.; MEDEIROS, M. A.; MAROUELLI, W. A.; JUNQUEIRA, A. M. R.; VIEIRA, H. G.; BORGES, D. N. Efeito do sistema de irrigação e de cultivo na produção e em danos de insetos na cultura de tomate em sistema orgânico de cultivo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 2, p. 2827-2833, 2010. Suplemento. 1 CD-ROM.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

LAGE, D. A. C. **Epidemias de oídio e queima do tomateiro orgânico em diferentes sistemas de irrigação**: quantificação e progresso temporal. 2012. 105 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2012.

LAGE, D. A. C.; CABRAL, R. N.; MAROUELLI, W. A.; CAFÉ FILHO, A. C. Métodos e manejo de irrigação para o controle de doenças no Brasil central: avanços para a cultura do tomateiro. In: AVANÇOS e perspectivas no manejo de doenças de plantas. Viçosa: Geafip, 2011. p. 91-108.

LAGE, D. A. C.; MAROUELLI, W. A.; CAFÉ FILHO, A. C. **Progresso temporal da requeima e do oídio em tomateiro orgânico em diferentes sistemas e níveis de irrigação.** Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2011. 31 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 74).

LAGE, D. A. C.; MAROUELLI, W. A.; CAFÉ FILHO, A. C. Tomato powdery mildew may be significantly reduced by choice and management of irrigation system in the Brazilian Mid-West. **Phytopathology**, St. Paul, v. 101 p. S97, 2011.

MAROUELLI, W. A.; BRAGA, M. B.; GUEDES, I. M. R. Avaliação de sistemas de irrigação na produção orgânica de diferentes cultivares de tomate na região do Cerrado do Brasil Central. **Cadernos de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 8, n. 2, 2013.

MAROUELLI, W. A.; BRAGA, M. B.; RESENDE, F. V. Seleção econômica de sistemas de irrigação para produção de tomate em cultivo orgânico na região de Cerrado do Brasil Central. **Cadernos de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 8, n. 2, 2013.

MAROUELLI, W. A.; GRAVINA, C. S.; MACEDO, T. C. de; BARRETO, Y. C.; RESENDE, F. V. S. Rendimento físico e econômico de tomateiro orgânico produzido com diferentes sistemas de irrigação e coberturas de solo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 40., 2011, Cuiabá. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2011. 1 CD-ROM.

MAROUELLI, W. A.; GUIDUCCI, R. C. N.; BRAGA, M. B.; MACEDO, T. C.; BARRETO, Y. C. Eficiência econômica do uso de sistemas de irrigação para a produção de tomate orgânico, nas condições de Brasil Central. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. S5717-S5724, 2012.

MAROUELLI, W. A.; LAGE, D. A. C.; GRAVINA, C. S.; MICHEREFF FILHO, M.; SOUZA, R. B. Sprinkler and drip irrigation in the organic tomato for single crops and when intercropped with coriander. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 2, p. 825-833, 2013.

MAROUELLI, W. A.; LAGE, D. A. C.; MACEDO, T. C.; BARRETO, Y. C.; BRAGA, M. B. Avaliação de sistemas de irrigação e estratégias de manejo na produção orgânica de tomate de mesa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. S5725-S5732, 2012.

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.

MAROUELLI, W. A.; MACEDO, T. C.; BARRETO, Y. C.; LAGE, D. A. C.; RESENDE, F. V. Produção orgânica de tomate com diferentes sistemas e níveis de irrigação e coberturas de solo. **Cadernos de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 6, n. 2, 2011.

MAROUELLI, W. A.; MEDEIROS, M. A. de; SOUZA, R. F. de; RESENDE, F. V.; GRAVINA, C. S. Produção orgânica de tomate de mesa sob irrigação por aspersão e gotejamento, em cultivo solteiro e em consórcio com coentro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 40., 2011, Cuiabá. **Anais...** Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2011. 1 CD-ROM.

MAROUELLI, W. A.; MEDEIROS, M. A.; SOUZA, R. F.; RESENDE, F. V. Produção de tomateiro orgânico irrigado por aspersão e gotejamento, em cultivo solteiro e consorciado com coentro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 29, n. 3, p. 429-434, 2011.

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.; SILVA, W. L. C. **Irrigação do tomateiro para processamento**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2012. 22 p. (Circular Técnica, 102).

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.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1996. 72 p.

MICHEREFF FILHO, M. F.; SILVA, P. S.; LEASTRO, D. A.; SOUZA, C. V. A.; MAROUELLI, W. A. Influencia do sistema de irrigação e de cultivo na produção e na infestação de broqueadores de frutos na cultura do tomate orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 30, n. 2, p. S1514-S1521, 2012.

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**, Leuven, v. 487, p. 575-579, 1999.

ROTEM, J.; COHEN, Y. The relationship between mode of irrigation and the severity of tomato foliage diseases in Israel. **Plant Disease Reporter**, Beltsville, v. 50, p. 635-639, 1966.

ROTEM, J.; PALT, J. Irrigation and plant diseases. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 7, p. 267-288, 1969.

SOUZA, R. B.; MAROUELLI, W. A.; RESENDE, F. V.; GOBBI, S. J. Avaliação do estado nutricional do tomateiro orgânico submetido a diferentes sistemas de irrigação e níveis de água no solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 28, n. 2, p. 2948-2955, 2010. Suplemento. 1 CD-ROM.

TOGNI, P. H. B.; CAVALCANTE, K. R., MEDEIROS, M. A.; MAROUELLI, W. A.; SUJII, E. R. Controle biológico conservativo de *Bemisia tabaci* biótipo B e *Tuta absoluta* em tomateiro orgânico. In: SIMPÓSIO DE CONTROLE BIOLÓGICO, 12., 2011, São Paulo. **Mudanças climáticas e sustentabilidade**: quebra de paradigmas: anais. Londrina, PR: Sociedade Entomológica do Brasil, 2011. p. 174.

TOGNI, P. H. B.; MEDEIROS, M. A.; MAROUELLI, W. A.; INOUE-NAGATA, A. K.; MICHEREFF-FILHO, M.; SUJII, E. R. Integração de práticas culturais para o manejo da traça-do-tomateiro e da mosca-branca em sistemas agroecológicos de produção de tomate. **Cadernos de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 6, n. 2, 2011.

TOGNI, P. H. B.; SUJII, E. R.; MEDEIROS, M. A.; FRIZZAS, M. R.; ERDMAN, M.; CAVALCANTE, K. R.; NAKASU, E. Y. T. Dinâmica populacional da mosca-branca em tomateiro sob monocultivo e consórcio, cultivo orgânico e convencional. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, p. 179-184, 2009.

Glossário

Absorção de nutrientes – Processo pelo qual as plantas absorvem os nutrientes necessários para seu desenvolvimento, principalmente através das raízes.

Adubo verde – Vegetal incorporado ao solo com a finalidade de adicionar matéria orgânica que vai se transformar, parcialmente, e fornecer nutrientes para as plantas.

Ambiente protegido – Qualquer estrutura coberta e abrigada artificialmente, com materiais transparentes, para a proteção das plantas, como tela ou sombrite, por exemplo.

Arenoso (solo) – Solo com teor de areia superior a 70% e teor de argila inferior a 15%, caracterizado por apresentar alta taxa de infiltração e baixa capacidade de retenção de água.

Argila – No sentido granulométrico (tamanho), refere-se à fração de partículas do solo com diâmetro inferior a 0,002 mm; portanto, menor que as frações de silte (0,002 mm a 0,0020 mm) e areia (0,020 mm a 2,000 mm).

Aspersor – Dispositivo hidráulico mecânico que aplica água na forma de chuva artificial, geralmente por meio de 1 ou 2 bocais.

Bactérias – Microrganismos unicelulares, procariotos, aclorofilados, heterotróficos, que normalmente se reproduzem por fissão binária ou por cissiparidade.

Balanço de água no solo – Procedimento em que se contabiliza toda a água que é usada pelas plantas, perdida na forma de vapor, por drenagem profunda ou por escoamento superficial, e toda aquela fornecida ao solo por meio de irrigação ou por precipitação pluvial.

Bandeja – Pequeno tabuleiro de isopor ou de plástico, usado na produção de mudas, composto por células com o formato de uma pirâmide invertida e um orifício no fundo para drenar a água.

Biofertilizante – Fertilizante orgânico líquido usado no solo ou diretamente sobre a planta, para complementar a adubação orgânica normal,

resultante da fermentação de esterco, farelos, cinzas, rochas moídas ou outros resíduos orgânicos.

Bocal – Orifício pelo qual a água pressurizada passa do aspersor (emissor) para a atmosfera.

Bulbo molhado – Volume do perfil do solo que é molhado durante a irrigação por gotejamento.

Calda protetora – Defensivo com efeito protetor registrado para produção orgânica e indicado para controle de insetos-praga, ácaros, bactérias e/ou fungos, podendo ser feita à base de água, sulfato de cobre e cal (calda bordalesa) ou água, cal e enxofre (calda sufocálcica).

Calendário de irrigação – Calendário específico elaborado para se conduzir irrigação, no qual se estabelece, com antecedência, as datas das irrigações ou os turnos de rega a serem adotados, além das lâminas de água a serem aplicadas ao longo dos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura.

Capacidade de campo – Condição de umidade que um solo, previamente saturado por chuva ou irrigação, atinge após a drenagem do excesso de água, ou seja, representa o limite superior de água disponível no solo.

Capacidade de retenção de água do solo – Quantidade máxima de água armazenada no solo, possível de ser utilizada pelas plantas, ou seja, refere-se à água armazenada no intervalo entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente.

Capineira – Local onde é cultivado capim, geralmente gramínea de elevado potencial de produção, para fornecimento picado para alimentar animais, para cobertura de solo ou para outras finalidades, seja na sua forma verde ou seca.

Ciclo de desenvolvimento da cultura – Período total que vai desde o plantio até a colheita da cultura, sendo caracterizado por apresentar estádios distintos de crescimento e de desenvolvimento da planta.

Cobertura do solo (*mulch*) – Prática de cultivo em que a superfície do solo é coberta, total ou parcialmente, com resíduos vegetais (palhada) ou com lonas plásticas visando proteger o solo contra os raios solares, o impacto de chuvas e outras formas de erosão, além de reduzir as perdas de água por evaporação e a incidência de vegetação espontânea.

Cobertura morta – Restos culturais, adubos verdes picados ou outros materiais vegetais secos ou em processo de decomposição que são depositados sobre o solo, para fins de proteção contra erosão, conservação de água, controle de vegetação espontânea e fornecimento de matéria orgânica.

Cobertura viva – Toda vegetação espontânea presente ou plantada para cobrir a superfície de solo com a finalidade de proteção, incorporada para preservar sua fertilidade, podendo ser cultivada juntamente com a cultura principal.

Coeficiente de cultura – Coeficiente empírico que permite calcular a evapotranspiração da cultura, para determinado estágio de desenvolvimento das plantas, a partir da evapotranspiração de referência.

Composto orgânico – Adubo obtido por processo de compostagem apenas de resíduos vegetais ou em mistura com resíduos animais, podendo ainda ser enriquecido com produtos capazes de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas, desde que permitidos pela regulamentação de orgânicos.

Condutividade hidráulica – Característica particular de um solo que indica a facilidade com que a água se movimenta no perfil do solo ou entre um ponto mais úmido e outro mais seco.

Conídio – Tipo de esporo assexuado, formado por fungos.

Conjunto motobomba – Dispositivo de bombeamento de água composto de uma bomba hidráulica e um motor elétrico ou a diesel.

Crescimento determinado – Refere-se ao hábito de crescimento de plantas em que as hastes crescem de maneira não contínua e mais uniforme em todas as direções, resultante da ausência de dominância apical.

Crescimento indeterminado – Refere-se ao hábito de crescimento de plantas em que a haste principal cresce mais que as ramificações laterais, resultante da dominância da gema apical sobre as gemas laterais, o que acarreta um crescimento contínuo da planta. Os estádios vegetativos, de frutificação e de maturação ocorrem, simultaneamente, ao longo da maior parte do ciclo de desenvolvimento do tomateiro.

Cultivo consorciado – Prática de cultivo no qual o espaço na fileira de plantas ou na entrefileira de uma plantação é aproveitado para o cultivo de outras espécies de plantas.

Deficit de água no solo – Condição em que a disponibilidade hídrica no solo é restrita, capaz de comprometer o rendimento de uma cultura.

Deficit hídrico – Resultado negativo do balanço hídrico em que o total de água que entra no sistema via precipitação é menor que a quantidade total de água perdida pela evapotranspiração das plantas.

Doença de parte aérea – Doença provocada por patógeno que infecta e passa a maior parte do seu ciclo de vida na parte aérea das plantas, como caules, folhas, flores e frutos.

Doença de solo – Doença provocada por patógeno que passa a maior parte do seu ciclo de vida no solo e que pode infectar raízes, caules e/ou sistemas vasculares de plantas.

Dossel – Cobertura vegetal existente acima do solo, numa comunidade de plantas.

Drenagem – Processo em que a água em excesso no solo se move para as camadas mais profundas pela atração do campo gravitacional da Terra. Solos de textura grossa apresentam maior capacidade de drenagem que solos de textura fina.

Eficiência de aplicação – Fração do total de água aplicada pelo sistema de irrigação que efetivamente atinge a superfície do solo e/ou as plantas.

Eficiência de irrigação – Expressa a uniformidade de distribuição e a eficiência de aplicação de água pelo sistema de irrigação.

Eficiência econômica – Termo genérico para expressar o desempenho econômico de uma dada atividade, executado a partir de análise de curto prazo. Existem diversos indicadores de eficiência econômica, sendo a receita líquida um dos mais aplicados.

Emissor de água – Qualquer dispositivo que, conectado a uma tubulação pressurizada, fornece água a uma dada vazão, podendo ser um aspersor, um microaspersor, um gotejador ou um simples orifício.

Entupimento – Bloqueio parcial ou total de gotejadores (emissores) por materiais sólidos (lodo, precipitação química, entre outros).

Erosão – Processo de desgaste progressivo do solo provocado pelo arraste de partículas de tamanho variável que o compõe, normalmente provocado pela ação da água, do vento, do ser humano ou dos animais.

Escaldadura – Queimadura de folhas ou de frutos por excesso de temperatura, geralmente causada pela exposição excessiva ao sol.

Escoamento superficial – Escoamento da água da chuva ou irrigação sobre solo, quando a quantidade de água é maior que a capacidade de infiltração no solo.

Esporo – Denominação genérica para unidade reprodutiva de fungos, que consiste de uma ou mais células.

Estação de controle de irrigação – Local representativo de uma área irrigada, onde periodicamente é feita avaliação da umidade ou da tensão de água no solo, para determinar a necessidade de se irrigar a cultura.

Estádio – Período ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura, caracterizado por alterações de ordem fisiológica e/ou de necessidade de água das plantas.

Estresse – Condição de tensão que causa limitação ao desenvolvimento da planta, que pode ser causada por diversos fatores, como condições ambientais impróprias, fornecimento inadequado de água, nutrientes ou ocorrência de doenças.

Evaporação de água – Processo físico, dependente de energia, que envolve a mudança de estado da água da fase líquida para a de vapor.

Evapotranspiração – Soma da lâmina d'água evaporada do solo e da transpirada pela cultura, por unidade de tempo.

Evapotranspiração da cultura – Termo usado para quantificar a quantidade total de água evaporada do solo e transpirada por uma cultura que cresce sem restrições.

Evapotranspiração de referência – Taxa de evapotranspiração de uma cultura hipotética, com uma altura uniforme de 12 cm, resistência do dossel da cultura de 70 s m^{-1} e albedo de 0,23.

Fertigação – Processo de aplicação parcelada de nutrientes às plantas via água de irrigação, também denominado fertirrigação.

Fisiológico – Relativo ao funcionamento normal dos seres vivos, especialmente dos processos físico-químicos que ocorrem nas células, tecidos, órgãos e sistemas dos seres vivos saudáveis.

Fitossanitário – Corresponde ao aspecto sanitário de um vegetal relativo à incidência de insetos-praga e de doenças.

Fungos – Microrganismos unicelulares ou multicelulares, eucarióticos, aclorofilados, heterotróficos, geralmente filamentosos, que se reproduzem por meio de esporos, englobando organismos pertencentes a três reinos distintos: Fungi, Protista e Chromista.

Gotejador – Dispositivo hidráulico que aplica água com baixa pressão e vazão, geralmente em forma de gotas de modo localizado nas plantas.

Impacto ambiental – Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente ou a qualidade dos recursos ambientais.

Incidência de doença – Porcentagem ou frequência de plantas doentes ou de partes de plantas doentes numa amostra ou população.

Infiltração – Processo de penetração de água nas camadas de solo e subsolo a partir da superfície, movendo-se para baixo, por ação da gravidade, através dos espaços porosos.

Inóculo – Patógenos ou parte de patógenos capazes de causar doenças, ao entrar em contato com o hospedeiro (tomateiro).

Inseto broqueador – Denominação genérica dada a qualquer inseto que perfura os frutos ou outras partes das plantas, abrindo galerias internas.

Intensidade de aplicação de água – Lâmina de água aplicada por unidade de tempo graças a um sistema de irrigação por aspersão.

Irrigação – Prática agrícola que tem como objetivo suprir, de forma artificial e controlada, a necessidade de água da planta.

Irrigação por aspersão – Sistema de irrigação pelo qual a água é aplicada ao solo na forma de chuva artificial, geralmente molhando toda a planta.

Irrigação por gotejamento – Sistema de irrigação com a finalidade de fornecer água localizada às plantas e em pequenas quantidades, geralmente em forma de gotas.

Irrigação por sulco – Sistema de irrigação em que a distribuição da água é feita por meio de pequenos canais ou sulcos paralelos às fileiras das plantas.

Irrigas® – Equipamento para avaliar a tensão de água no solo e a necessidade de se irrigar uma cultura, constituído, essencialmente, de uma cápsula porosa e de tubo de leitura.

Lâmina de água real necessária – Refere-se à água consumida pela cultura entre duas irrigações consecutivas, incluindo a água perdida por evaporação.

Lâmina de água total necessária – Refere-se à lâmina de água a ser aplicada a cada irrigação para que o solo retorne à condição de capacidade de campo, levando-se em consideração o fato de o sistema de irrigação não ser 100% eficiente.

Lâmina de água – Quantidade de água expressa como altura acumulada sobre uma superfície plana e impermeável, na ausência de evaporação. A saber, 1 mm (0,001 m) de água aplicado em 1 ha (10.000 m²) representa um volume de 10.000 L (10 m³), ou seja, 0,001 m x 10.000 m² = 10 m³.

Lavoura – Porção de um terreno cultivado; plantação.

Lençol freático – Depósito natural de água existente ou que se forma sobre uma camada impermeável subterrânea.

Linha adutora – Tubulação que leva água pressurizada do conjunto moto-bomba até a entrada da área a ser irrigada.

Linha lateral – Tubulação fixa ou portátil onde são instalados os emissores de irrigação (aspersores ou gotejadores).

Linha principal – Tubulação à qual são conectadas as linhas laterais com os emissores de irrigação (aspersores ou gotejadores).

Lixiviação – Processo de perda de nutrientes, sais ou qualquer outro elemento químico, carreados pela água de irrigação ou da chuva, abaixo da zona radicular das plantas.

Lóculo-aberto – Distúrbio fisiológico caracterizado pela formação de cavidades secas e cicatrizadas no fruto que expõem a placenta e as sementes, causado pela deficiência de boro na planta e agravado pela deficiência de água no solo.

Manejo integrado de pragas – Aplicação racional e integrada de diferentes estratégias de controle de doenças e de insetos-praga, como o controle cultural e biológico, levando-se em conta os aspectos econômicos, ambientais e sociais.

Muda – Planta nova e pronta para ser transplantada em local definitivo, normalmente produzida em sementeiras ou em viveiros.

Nematoides – Animais vermiformes que, em formas parasíticas, apresentam estiletos na porção anterior do corpo adaptados à sucção de nutrientes da planta hospedeira.

Nutriente – Elemento que é absorvido pelas plantas e necessário para completar seu ciclo de vida.

Orvalho – Gotas de água originadas da condensação do vapor d'água contido na atmosfera, as quais se precipitam sobre as plantas e superfície de objetos que permanecem ao ar livre durante a noite.

Patógeno – Todo organismo, geralmente bactérias, fungos, vírus ou nematoides, capaz de causar doença em outro organismo vivo.

Pivô central – Sistema de irrigação que consiste de uma tubulação com aspersores, montada sobre uma estrutura metálica com rodas, a qual se movimenta em torno de uma das extremidades ancorada no centro da área e por onde entra a água.

Podridão-apical – Distúrbio fisiológico causado pela deficiência de cálcio na planta e agravado pela deficiência de água no solo, caracterizado pela formação de necrose escura e deprimida na região apical do fruto, sendo também conhecido como fundo-preto.

Ponto de murcha permanente – Condição de umidade do solo em que a maioria das plantas entra em estado de murcha permanente, caso não venha a ser irrigada, ou seja, representa o limite inferior de água disponível no solo.

Praga – Termo usado na agricultura para designar qualquer tipo de organismo (por exemplo, vegetal, animal, inseto ou patógeno) que, quando se prolifera de forma desordenada ou fora de seu ambiente natural, pode causar algum tipo de dano às plantas cultivadas.

Precipitação pluvial – Fenômeno pelo qual a nebulosidade atmosférica se transforma em água, formando a chuva.

Pressão de serviço – Valor médio da pressão da água na saída de emissores (gotejadores ou bocais de aspersores) durante a operação de um sistema de irrigação, geralmente expressa em kilo Pascal (kPa). Para conversão de unidade usar: $1 \text{ kPa} = 0,01020 \text{ kgf cm}^{-2} = 0,00987 \text{ atm} = 0,10197 \text{ mca} = 0,14504 \text{ psi}$.

Profundidade efetiva do sistema radicular – Representa a camada de solo onde estão contidas cerca de 80% das raízes da cultura.

Pulverização – Processo físico-mecânico de transformação de uma substância líquida em pequenas gotas e sua aplicação sobre um alvo desejado (planta).

Receita líquida – Renda obtida após a remuneração de todos os dispêndios incorridos para se produzir; pode ser obtida subtraindo-se o custo total para se produzir da receita total obtida com a venda do produto.

Salinidade – Medida de concentração de sais minerais dissolvidos na água de irrigação ou solução do solo.

Sementeira – Local apropriado onde são depositadas as sementes para germinação e formação de mudas. Geralmente, são canteiros com condições especiais de aeração, luminosidade, umidade e proteção contra ataque de insetos e pássaros.

Severidade de doença – Área ou volume de tecido coberto por lesões, geralmente expresso em porcentagem de tecido doente.

Sistema convencional por aspersão – Sistema de irrigação constituído por um conjunto motobomba, uma linha adutora, uma linha principal, uma ou mais linhas laterais e aspersores. A designação convencional está ligada ao aspecto histórico da introdução desse sistema de irrigação.

Sistema radicular – Parte da planta responsável por sua sustentação física e pela absorção de água e nutrientes do solo.

Sistema convencional de produção – Conjunto de técnicas e práticas de cultivo que incluem o uso intensivo de máquinas, sementes melhoradas ou modificadas, agrotóxicos e fertilizantes químicos para maximizar a produtividade, com alta dependência do setor industrial, sem, necessariamente, buscar a sustentabilidade do agroecossistema.

Sistema orgânico de produção – Sistema que promove a interação entre biodiversidade, ciclos biológicos das espécies e atividade biológica do solo, que tem como princípio o uso mínimo de produtos externos à propriedade e de práticas de cultivo que promovam a harmonia ecológica e a sustentabilidade do sistema produtivo.

Substrato – Qualquer material de origem orgânica ou mineral que sirva de base para o desenvolvimento de plantas, incluindo o próprio solo.

Tanque classe A – Tanque de evaporação de água, com 121 cm de diâmetro interno e 25,5 cm de profundidade, construído em aço inoxidável ou ferro galvanizado, usado para estimar a evapotranspiração de referência em tempo real.

Temperatura do ar – Quantidade de calor que existe no ar, medida por termômetros meteorológicos instalados dentro de abrigos meteorológicos.

Tempo real – Em se tratando de manejo da água de irrigação, indica o uso de metodologia e de equipamentos que permitam determinar, diariamente, a evapotranspiração atual da cultura e/ou a disponibilidade de água no solo.

Tensão de água no solo – Força com que a água é retida pela matriz (partículas) do solo. À medida que aumenta a tensão, maior é a “força de retenção” e mais difícil é para as plantas extraírem água do solo.

Tensão-limite de água no solo – Tensão de água no solo na qual a irrigação deve ser feita para potencializar a produção de determinada cultura.

Tensiômetro – Equipamento que mede o componente matricial da tensão de água no solo, na faixa entre 0 kPa e 80 kPa, comumente usado para indicar o momento de se irrigar uma cultura.

Textura do solo – Característica física do solo definida de acordo com o tamanho e com a distribuição de suas partículas.

Transpiração – Perda de água, sob a forma de vapor, principalmente através das folhas das plantas.

Transplante – Operação muito usada na produção de algumas hortaliças, que consiste no plantio de uma muda, inicialmente produzida em sementeira ou bandeja própria, em local definitivo.

Trato cultural – Prática executada numa lavoura, com o propósito de produzir condições mais favoráveis ao bom crescimento e produção da cultura.

Turno de rega – Número de dias ou fração de dia entre duas irrigações consecutivas ou simplesmente intervalo entre irrigações.

Tutoramento de plantas – Sistema de condução de plantas, geralmente na vertical, por meio da desbrota e amarrão de hastes a estacas, arames ou fitilhos, para reduzir a ocorrência de doenças e aumentar a produtividade.

Umidade relativa do ar (UR) – Quantidade de vapor de água existente no ar, em relação ao máximo (saturação) que poderia existir naquela temperatura.

Uniformidade de distribuição – Uniformidade com que o sistema de irrigação distribui a água sobre a superfície do solo e/ou plantas.

Vacuômetro – Dispositivo usado para medir a pressão negativa (vácuo) no interior de um recipiente.

Vegetação espontânea – Conjunto de espécies vegetais que se reproduz em determinada área cultivada, sem ser semeada ou cultivada.

Velocidade de infiltração básica – Velocidade com que a água infiltra no perfil do solo após atingir um valor “constante”.

Vida útil – Tempo de espera para que um equipamento possa operar em condições normais de manutenção, ou seja, o tempo que decorre da compra do equipamento a sua rejeição como sucata.

Vírus – Parasita intracelular, constituído de uma ou mais moléculas de ácido nucleico (DNA ou RNA), geralmente envolvido por um capsídeo.

Este livro – destinado principalmente a técnicos e produtores da área de produção de tomate em sistemas orgânicos – contém aspectos relevantes e conceitos específicos sobre irrigação do tomateiro orgânico e interações com o manejo de doenças e de insetos-praga, além de recomendações técnicas, de ordem prática, para o manejo de água em diferentes sistemas de irrigação e condições climáticas.

As tecnologias e recomendações disponibilizadas, quando usadas de forma apropriada, contribuirão para maior competitividade e sustentabilidade da cadeia produtiva de tomate orgânico, com redução no desperdício de água, no gasto de energia, na perda de nutrientes e na ocorrência de doenças e de insetos-praga, proporcionando ganho de produtividade, melhor qualidade de frutos e maior lucratividade para o produtor.