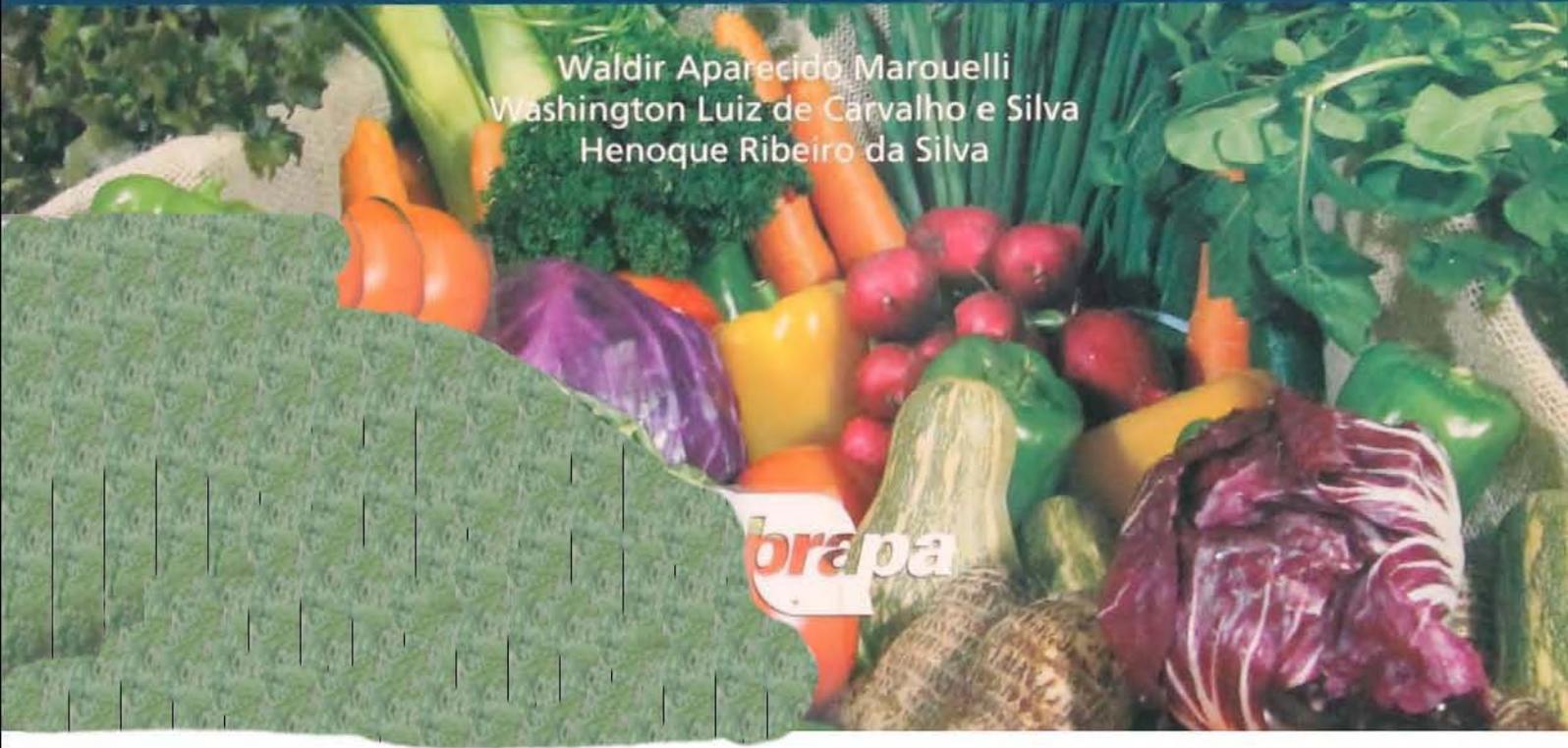




2ª edição
Revista, atualizada e ampliada

Irrigação por Aspersão em Hortaliças

Qualidade da Água, Aspectos do Sistema
e Método Prático de Manejo



Waldir Aparecido Marouelli
Washington Luiz de Carvalho e Silva
Henoque Ribeiro da Silva

brapa

Irrigação por Aspersão em Hortaliças

Qualidade da Água, Aspectos do Sistema
e Método Prático de Manejo

Waldir Aparecido Marouelli e Henoque Ribeiro da Silva são pesquisadores da Embrapa Hortaliças há mais de 20 anos. Washington Luiz de Carvalho e Silva foi pesquisador da Embrapa Hortaliças por cerca de 25 anos e atualmente está na Assessoria de Relações Internacionais da Embrapa Sede. Os três autores desenvolvem pesquisas na área de irrigação de hortaliças, principalmente relacionadas ao manejo de água e de sistemas de irrigação.

Waldir Marouelli é engenheiro agrícola, formado pela Universidade Federal de Viçosa, mestre em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Viçosa e doutor em Engenharia Agrícola e de Biosistemas pela Universidade do Arizona, EUA. É bolsista de Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Washington Silva é engenheiro agrônomo, formado pela Universidade Federal de Viçosa, mestre em Irrigação pela Universidade Federal da Paraíba e doutor em Irrigação pela Universidade do Estado de Washington, EUA.

Henoque Silva é engenheiro agrônomo, formado pela Universidade Federal de Viçosa, mestre e doutor em Irrigação pela Universidade do Estado de Utah, EUA.

Irrigação por Aspersão em Hortaliças

Qualidade da Água, Aspectos do Sistema
e Método Prático de Manejo

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

Irrigação por Aspersão em Hortaliças

Qualidade da Água, Aspectos do Sistema
e Método Prático de Manejo

2ª edição
Revista, atualizada e ampliada

Waldir Aparecido Marouelli
Washington Luiz de Carvalho e Silva
Henoque Ribeiro da Silva

*Embrapa Informação Tecnológica
Brasília, DF
2008*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica (PqEB)

Av. W3 Norte (final)

70770-901 Brasília, DF

Fone: (61) 3340-9999

Fax: (61) 3340-2753

vendas@sct.embrapa.br

www.sct.embrapa.br/liv

Embrapa Hortaliças

Rodovia Brasília–Anápolis BR 060 Km 9

Caixa Postal 218

70359-970 Gama, DF

Fone: (61) 3385-9000

Fax: (61) 3556-5744

www.cnph.embrapa.br

sac@cnph.embrapa.br

Coordenação editorial

Fernando do Amaral Pereira

Mayara Rosa Carneiro

Lucilene Maria de Andrade

Revisão de texto e tratamento editorial

Maria Cristina Ramos Jubé

Normalização bibliográfica

Vera Viana dos Santos

Projeto gráfico e capa

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Fotos da capa

Tadeu Gracioli Guimarães (Foto superior da capa)

Marcos Renato de Andrade Simões Esteves (Foto inferior da capa)

1ª edição

1ª impressão (2001): 1.000 exemplares

2ª edição

1ª impressão (2008): 2.000 exemplares

Todos os direitos reservados

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

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Informação Tecnológica

Marouelli, Waldir Aparecido.

Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo / Waldir Aparecido Marouelli, Washington Luiz de Carvalho e Silva, Henoque Ribeiro da Silva. – 2 ed. rev. atual. ampl. – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2008.

150 p. : il.

ISBN 978-85-7383-428-4

1. Hortaliça. 2. Relação Solo-Planta. 3. Relação Água-Planta. 4. Clima. I. Silva, Washington Luiz de Carvalho. II. Silva, Henoque Ribeiro da. III. Embrapa Hortaliças. IV. Título.

CDD 635.87

Autores

Waldir Aparecido Marouelli

Engenheiro agrícola, Ph.D. em Engenharia Agrícola e de Biosistemas,
Embrapa Hortaliças, Gama, DF
waldir@cnph.embrapa.br

Washington Luiz de Carvalho e Silva

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Irrigação,
Embrapa-Sede, Brasília, DF
washington.silva@embrapa.br

Henoque Ribeiro da Silva

Engenheiro agrônomo, Ph.D. em Irrigação,
Embrapa Hortaliças, Gama, DF
henoque@cnph.embrapa.br

“Metade da água é perdida durante a irrigação; somente parte é efetivamente utilizada pelas plantas, pois não é aplicada em local, momento e quantidade corretos.”

Brigham Young (1856)

*Dedicamos este livro aos
nossos filhos e esposas.*

Agradecemos ao Comitê de Publicações da Embrapa Hortaliças pelas sugestões apresentadas, ao Dr. Carlos A. Lopes pela revisão do capítulo relativo a doenças, às Sras. Jane Maria de Faria Cabral e Maria Cristina Ramos Jubé pela revisão de texto e ao Sr. Carlos Eduardo Felice Barbeiro pelo projeto gráfico da obra.

Apresentação

A irrigação é destacadamente uma das práticas culturais mais importantes para o sucesso da horticultura. Ao contrário do que possa parecer e do que é praticado, questões sobre quando irrigar e quanto de água aplicar para suprir às necessidades hídricas das plantas não são de simples respostas. Nesse aspecto, a Embrapa Hortaliças tem realizado pesquisas e desenvolvido tecnologias relacionadas ao manejo adequado da água de irrigação para as principais hortaliças produzidas no País.

Embora existam inúmeras estratégias disponíveis para o manejo de irrigação, a grande maioria dos produtores de hortaliças irriga suas lavouras de forma inadequada, na maioria das vezes em excesso. O baixo índice de adoção de tecnologias apropriadas de manejo de irrigação deve-se, sobretudo, ao fato de os produtores acreditarem que elas são caras, complexas, trabalhosas e que não proporcionam ganhos econômicos compensadores. Para mudar esse cenário, é necessário disponibilizar tecnologias simplificadas e de fácil assimilação, que possam ser efetivamente utilizadas em nível de propriedade.

Tendo a simplicidade e a objetividade como foco, os autores procuraram sintetizar, nesta publicação, conhecimentos científicos e práticos, de forma a disponibilizar aos produtores e técnicos ligados à área de produção de hortaliças metodologias simples e práticas para o manejo de irrigação, além de aspectos fundamentais sobre qualidade da água e sistemas de irrigação por aspersão. Nesta segunda edição, revista, atualizada e ampliada, são apresentadas informações adicionais para o manejo simplificado de irrigação para quinze novas hortaliças. A edição traz ainda dois novos capítulos, um enfocando aspectos sobre a relação solo-água-planta-clima e outro com informações sobre tensão-limite de água no solo e coeficientes de cultura para o manejo de água, em tempo real.

Adotadas de forma adequada, as recomendações e informações disponibilizadas neste livro contribuirão certamente para uma maior competitividade e sustentabilidade das principais cadeias produtivas de hortaliças, com impacto direto na redução do desperdício de água e de energia na irrigação de hortaliças, no aumento de produtividade e na maior lucratividade do produtor.

José Amauri Buso
Chefe-Geral da Embrapa Hortaliças

Prefácio

O livro *Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo*, em sua segunda edição, cuidadosamente revista, atualizada e ampliada, é resultado da longa experiência e dos inúmeros trabalhos de pesquisa desenvolvidos na Embrapa Hortaliças pelos autores.

O propósito de se produzir um livro com conteúdo simples e dirigido a produtores e técnicos da área de produção de hortaliças é devido, principalmente, às seguintes razões: a) as hortaliças são, em geral, sensíveis tanto à falta, quanto ao excesso de água; b) irrigações geralmente são realizadas de forma inadequada, com desperdício de água; c) irrigações em excesso, além de acarretar prejuízos à produção, favorecem maior incidência de doenças, lixiviação de nutrientes e danos ambientais; d) o baixo índice de adoção de tecnologias apropriadas de manejo de irrigação deve-se, sobretudo, ao fato de os produtores acreditarem que elas são dispendiosas, complexas e trabalhosas; e) dificuldade na transferência de tecnologias com enfoque em manejo de irrigação; e f) inexistência, na literatura brasileira, de publicação com conteúdo simplificado e recomendações de manejo de irrigação para um grande número de hortaliças. A irrigação por aspersão foi considerada, neste trabalho, por englobar os sistemas de aplicação de água mais utilizados no Brasil para a produção de hortaliças.

O procedimento apresentado ao longo dos capítulos “Manejo prático da água de irrigação”, “Manejo de água na fase inicial da cultura” e “Paralisação das irrigações” permite ao usuário manejar a água de irrigação de forma prática e simples, sem a necessidade de recorrer a equipamentos e cálculos complicados. Isso, utilizando tabelas que fornecem frequências e lâminas de irrigação para quarenta hortaliças.

Os capítulos sobre qualidade da água, relação solo-água-planta-clima, irrigação por aspersão, sistemas por aspersão convencional e associação

da irrigação com doenças trazem vários aspectos relevantes, sendo que a leitura dos mesmos é de grande importância para a melhor compreensão dos processos necessários para uma irrigação de qualidade.

Finalmente, deve-se destacar que o procedimento simplificado proposto não é recomendado para aqueles produtores que já manejam a irrigação com o uso de equipamentos como tensiômetro, tanque classe A ou estações climatológicas. Para tais produtores, são apresentadas no capítulo "Considerações sobre o manejo de irrigação em tempo real" informações atuais sobre valores de tensão-limite de água no solo e coeficientes de cultura para o manejo de água, em tempo real, para mais de quarenta hortaliças.

Complementando, o livro contém um glossário com a definição dos principais termos utilizados, uma vasta literatura e um índice remissivo para facilitar consultas rápidas e mais detalhadas.

Apesar de o principal público alvo ser produtores e técnicos da extensão rural, o livro traz também informações de interesse para professores, pesquisadores e estudantes de graduação e pós-graduação na área agrícola.

Waldir Aparecido Marouelli

Sumário

Introdução	19
Qualidade da água para irrigação	21
Aspectos físicos	21
Aspectos químicos	22
Aspectos sanitários	23
Relação solo-água-planta-clima	27
Disponibilidade de água no solo	27
Necessidade de água das plantas	30
Irrigação por aspersão	33
Sistemas convencionais	34
Autopropelido tipo carretel enrolador	37
Pivô central	39
Eficiência de irrigação	40
Sistemas por aspersão convencional	43
Escolha do aspersor	43
Pressão de serviço do aspersor	46
Vazão do aspersor	46
Raio de alcance do aspersor	47
Espaçamento entre aspersores	48
Intensidade de aplicação de água	49
Variação da pressão ao longo da lateral	50
Manutenção e cuidados com o sistema de irrigação	52

Manejo prático da água de irrigação	55
Fases da cultura	56
Evapotranspiração da cultura	58
Tipo de solo	83
Profundidade efetiva do sistema radicular	83
Turno de rega	85
Lâmina de água real necessária	89
Eficiência de irrigação	90
Lâmina de água total necessária	91
Tempo de irrigação	91
Adequação do tempo de irrigação	92
Prorrogação da irrigação em decorrência de chuvas	93
Períodos críticos	94
Manejo de água na fase inicial da cultura	97
Primeira irrigação	97
Irrigações subseqüentes	98
Sementeira	101
Paralisação das irrigações	103
Considerações sobre o manejo de irrigação em tempo real	107
Associação da irrigação com doenças	113
Referências	121
Literatura recomendada	125
Glossário	127
Lista de abreviaturas	137
Anexos	139
Índice	143

Introdução

Os sistemas de irrigação por aspersão são os mais utilizados no cultivo de hortaliças por serem os que melhor se adaptam às diferentes condições de produção, tais como: tipo de solo, topografia, características agronômicas da maioria das hortaliças e aspectos econômicos. Sistemas de irrigação por sulco e gotejamento, no entanto, podem ser mais viáveis técnica e economicamente para condições específicas.

Embora a irrigação seja uma das práticas agrícolas mais importantes para a olericultura, seu sucesso depende de o sistema de irrigação estar adequadamente dimensionado e manejado, e a água utilizada ser de qualidade satisfatória, tanto quanto aos seus aspectos químicos e físicos quanto aos sanitários. O sistema deve possibilitar que a água seja aplicada uniformemente nas plantas, no momento oportuno e na quantidade adequada.

19

Essencialmente, manejo da água de irrigação significa definir quando e quanto irrigar, tendo como objetivo incrementar a produtividade e a qualidade das hortaliças e, ao mesmo tempo, maximizar a eficiência do uso de água e energia e minimizar a incidência de doenças e insetos-pragas e os impactos ambientais.

Em termos práticos, o solo pode ser considerado como um reservatório de água, e a planta, como um usuário. A disponibilidade total de água desse reservatório para as plantas depende de suas características físicas e da profundidade efetiva das raízes da planta. A taxa com que as plantas utilizam a água do solo, chamada de evapotranspiração da cultura, varia, principalmente, conforme a espécie cultivada, o clima e a fase de desenvolvimento das plantas.

As irrigações devem ser realizadas antes que a deficiência de água no solo possa comprometer as atividades fisiológicas das plantas e causar decréscimo da produção. A quantidade de água a ser aplicada por

irrigação deve ser a necessária para repor a água evapotranspirada pelas plantas desde a última irrigação, subtraindo-se a chuva ocorrida no período. Irrigação em excesso, além de provocar maior uso dos recursos água e energia, favorece a ocorrência de doenças e provoca a lixiviação de nutrientes, principalmente do nitrogênio. Além disso, a água drenada abaixo das raízes das plantas pode carregar agrotóxicos, os quais, juntamente com os nutrientes e outras substâncias, podem contaminar o lençol freático e outras fontes de água.

Vários são os métodos disponíveis para o manejo racional de irrigação. Os mais precisos requerem avaliação do nível de água no solo e/ou do cálculo da evapotranspiração da cultura, além de pessoal qualificado para fazê-lo. Por acreditar que são caros e complexos, a grande maioria dos produtores rejeita-os e opta por irrigar apenas com base no senso comum, por meio de práticas inadequadas de manejo. Como resultado, os produtores obtêm reduções na produtividade e na qualidade das hortaliças, e maior incidência de doenças e de insetos-pragas associadas ao excesso ou à deficiência de água.

Este documento é destinado a produtores e técnicos ligados à área de produção de hortaliças sob irrigação por aspersão. Tem por objetivo apresentar aspectos relevantes da qualidade da água e dos sistemas de irrigação por aspersão para hortaliças e uma metodologia que permita aos usuários manejar a irrigação de forma prática, simples e com precisão aceitável, sem recorrer a equipamentos e cálculos complicados.

Qualidade da água para irrigação

A água encontrada na natureza contém impurezas em suspensão ou dissolvidas, que podem dificultar ou até mesmo inviabilizar o seu uso para fins de irrigação. Em dissolução, podem ser encontrados gases, sais, metais pesados e agrotóxicos. Impurezas em suspensão podem ter origem mineral, como areia, silte e argila, ou orgânica, como matéria morta e viva. A matéria morta pode ter origem vegetal, como folhas, galhos e outros detritos vegetais, ou origem animal. Como matéria viva, podem estar presentes na água bactérias, vírus, protozoários, entre outros organismos.

A seguir, são abordados aspectos gerais sobre os problemas potenciais relacionados à qualidade da água para fins de irrigação. A solução de alguns dos problemas envolve análises específicas, as quais fogem do escopo desta publicação.

21

Aspectos físicos

As características físicas da água incluem a natureza dos sólidos em suspensão e as substâncias dissolvidas. Partículas em suspensão podem restringir o uso da água para irrigação, requerendo tratamento para sua utilização.

O funcionamento de aspersores pode ser prejudicado quando a água utilizada apresentar grande quantidade de detritos, algas ou material orgânico em suspensão. Tubulações e, principalmente, bombas hidráulicas podem ter vida útil reduzida quando a água apresentar quantidades excessivas de material mineral e vegetal em suspensão. Esses materiais, em especial a areia, atuam de forma abrasiva, danificando as partes inter-

nas dos equipamentos de irrigação, tais como bombas, tubulações e aspersores.

As águas turvas, por conta da grande quantidade de silte e argila em suspensão, podem ser impróprias para a irrigação de hortaliças, principalmente aquelas que são consumidas cruas, como as folhosas (alface, cebolinha, espinafre, etc.) e as do tipo fruto (pepino, pimentão, tomate, etc.), por depositarem resíduos sobre as partes comestíveis, prejudicando a aparência externa e a cotação do produto.

Quando as condições físicas da água forem suficientes para prejudicar o funcionamento de aspersores ou a qualidade da hortaliça, deve-se usar outra fonte de água ou fazer o seu tratamento. As folhas e os detritos vegetais podem ser facilmente retirados na própria captação, com o uso de telas. A areia pode ser eliminada pelo uso de filtros do tipo ciclone ou de tanques de sedimentação. Filtros de areia, disco e tela podem ser utilizados para a remoção de partículas menores em sistemas por microaspersão.

Aspectos químicos

22

A concentração de sais dissolvidos na água de irrigação não é, geralmente, suficiente para prejudicar a produção das principais hortaliças. Os danos são devidos, quase sempre, aos sais que vão acumulando no solo e salinizando-o pouco a pouco. No Brasil, os problemas de qualidade química de água são mais comuns na Região Nordeste, onde a irrigação é muitas vezes realizada com águas salinas e a precipitação pluvial é insuficiente para a lixiviação dos sais solúveis que vão se acumulando no solo.

As hortaliças sensíveis à salinidade, como alface, cebola e cenoura, podem ter o desenvolvimento, a produção e a qualidade final do produto prejudicados, mesmo sob baixas concentrações de sais na água de irrigação (Tabela 1). De modo geral, a germinação de sementes é a fase mais sensível à salinidade.

Entre as principais medidas de controle para prevenir ou minimizar problemas de salinidade, destacam-se: a lixiviação de sais, a adoção de práticas culturais que aumentem a infiltração e reduzam a evaporação de água do solo, o manejo adequado de irrigação e a seleção de hortaliças tolerantes a níveis elevados de salinidade.

O sódio, por sua vez, quando em excesso, pode interagir com o solo, reduzindo tanto sua permeabilidade como a infiltração de água e a troca de gases no solo, prejudicando, assim, o desenvolvimento das plantas. As medidas preventivas ou corretivas, relativas aos problemas de permeabilidade do solo, resumem-se na aplicação de corretivos ao solo e à água, como gesso, e ao uso de práticas para romper a crosta superficial do solo

Tabela 1. Tolerância relativa à salinidade de algumas hortaliças.

Sensível (0,5–1,0 dS/m⁽¹⁾)	Sensibilidade moderada (1,0–2,0 dS/m⁽¹⁾)	Tolerância moderada (2,0–3,0 dS/m⁽¹⁾)	Tolerante (3,0–4,0 dS/m⁽¹⁾)
Alface	Abóbora	Abobrinha	Aspargo
Cebola	Aipo	Alcachofra	
Cenoura	Batata	Beterraba	
Ervilha	Batata-doce	Soja-verde	
Feijão-vagem	Berinjela		
Morango	Brócolos		
Nabo	Couve		
Quiabo	Couve-flor		
	Espinafre		
	Melancia		
	Melão		
	Milho-doce		
	Pepino		
	Pimentão		
	Rabanete		
	Repolho		
	Tomate		

⁽¹⁾ Condutividade elétrica da água de irrigação.

Fonte: Adaptado de Maas (1986) e Ayers e Westcot (1991).

e propiciar melhor infiltração de água, tais como: escarificação, aração profunda e uso de resíduos orgânicos.

As hortaliças folhosas e as do tipo fruto não devem ser irrigadas por aspersão com água com teores elevados de carbonatos, pois a deposição superficial de resíduos sobre as folhas e os frutos prejudica a aparência do produto. Os carbonatos também podem acumular-se nos bocais dos aspersores, reduzindo gradativamente o diâmetro e a vazão dos aspersores.

As águas utilizadas para irrigação podem ainda estar contaminadas por agrotóxicos e metais pesados, como mercúrio, chumbo e cádmio, que podem causar problemas de fitotoxicidade às plantas e, ao serem absorvidas por elas, podem, ademais, contaminar o consumidor final.

Aspectos sanitários

As águas superficiais utilizadas na irrigação de hortaliças, principalmente nos cinturões verdes dos grandes centros urbanos, apresentam-se, muitas vezes, contaminadas por organismos patogênicos. As hortaliças, em especial aquelas consumidas cruas, quando irrigadas com tais águas, podem servir de veículo para a transmissão de várias doenças aos consumidores,

tais como: amebíase, giardíase, febre tifóide e cólera. Assim, é importante analisar e fazer o controle sanitário das águas utilizadas para irrigação, como prevenção para a saúde pública.

Os limites de contaminação da água para fins de irrigação estão regulamentados pela Resolução nº 357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), que estabelece a classificação das águas segundo seus usos predominantes (Tabela 2). Dependendo do grau de contaminação, do tipo de hortaliça, do sistema de cultivo e da forma de colheita, água com níveis moderados de poluição pode ser utilizada sem riscos. Por exemplo, a irrigação por aspersão com água contaminada além dos limites normais poderia ser utilizada, sem maiores problemas, no início do ciclo de desenvolvimento de algumas hortaliças produtoras de grãos, como ervilha e lentilha, e para a produção de sementes.

Tabela 2. Possibilidade de uso de água para fins de irrigação de acordo com o índice de contaminação por coliformes.

Hortaliça	Coliforme (nº/100 mL ⁽¹⁾)	
	Fecal	Total
Abobrinha, acelga, aipo, alcachofra, alface, alho-porro, aspargo, beterraba, brócolos, cebolinha, cenoura, couve-flor, ervilha-verde, espinafre, melancia, melão, morango, nabo, pepino, pimenta, pimentão, quiabo, rabanete, repolho, rúcula, soja-verde, tomate de mesa	200	1.000
Alho, abóbora-seca, batata, batata-doce, berinjela, cebola, feijão-vagem, jiló, mandioquinha-salsa, milho-doce, tomate industrial	1.000	5.000
Ervilha-seca, grão-de-bico, lentilha	4.000	20.000

⁽¹⁾ Número médio provável de coliformes por 100 mL de água.

Fonte: Adaptado de Marouelli e Silva (1998a) e Conselho Nacional do Meio Ambiente (2005).

O tratamento sanitário de água para fins de irrigação é um processo dispendioso que, em geral, não é utilizado pelos agricultores. Entre os tipos de tratamento disponíveis, a cloração é uma alternativa relativamente simples, embora de custo elevado, que pode reduzir sensivelmente a pressão infectante de patógenos na água. O uso de lagoas de sedimentação e de oxidação é outra opção para o tratamento de água para irrigação.

A água pode ainda estar contaminada por organismos fitopatogênicos e transmitir uma série de doenças às plantas, como a murcha-bacteriana em batata e tomate. O escoamento superficial da água de chuva ou de

irrigação proveniente de uma lavoura infectada por organismos patogênicos para dentro da fonte de água utilizada para irrigação é, sem dúvidas, um importante fator na disseminação de algumas doenças. Por conseguinte, o conhecimento da origem e da qualidade da água é essencial para minimizar tais riscos.

Relação solo-água- planta-clima

O solo, além de servir de sustentação física, atua como reservatório, de capacidade limitada, de nutrientes e de água para as plantas. Uma vez cheio, por meio de chuva ou irrigação, a água, retida no reservatório, começa gradualmente a ser consumida por meio da transpiração das plantas e da evaporação do solo. Quando a quantidade de água no solo atinge um nível crítico de segurança, abaixo do qual o rendimento das plantas diminui rapidamente, água deve ser reaplicada para restabelecer a capacidade do reservatório.

27

A capacidade de armazenamento de água pelo solo e a taxa de consumo de água pelas plantas são dependentes de parâmetros relacionados tanto ao próprio solo, quanto às plantas e/ou ao clima.

Disponibilidade de água no solo

O tamanho e a natureza das partículas minerais, bem como o arranjo dos elementos estruturais, constituindo a porosidade ou espaços vazios, e o teor de matéria orgânica dão ao solo características próprias de armazenamento de água. Em termos gerais, a textura é o atributo mais intimamente relacionado à capacidade de armazenamento de água, podendo-se dizer, de modo geral, que solos de textura arenosa apresentam menor capacidade de retenção de água do que solos argilosos.

Há casos em que a estrutura do solo é tão ou mais importante que a textura. Em solos compactados, por exemplo, ocorre um decréscimo significativo da capacidade de armazenamento de água em função da

redução da porosidade total do solo. Outro exemplo são os solos de cerrados; mesmo aqueles com teor de argila superior a 60 % apresentam baixa capacidade de retenção de água, quando comparados a outros tipos de solos argilosos. Isso se deve ao alto grau de desenvolvimento da estrutura destes solos, que apresentam uma granulometria semelhante à de solos de textura moderadamente grossa.

Quanto à capacidade de armazenamento de água, é sabido que nem toda a água retida pelo solo está disponível às plantas. Para sua quantificação, parâmetros como capacidade de campo e ponto de murcha permanente são importantes e precisam ser definidos para cada tipo de solo.

A capacidade de campo representa a quantidade de água retida pelo solo (devido a forças matriciais e capilares) depois que o excesso é drenado livremente pela ação da gravidade. Muito embora esse parâmetro possa ser avaliado diretamente no campo, sua determinação tem sido usualmente realizada em laboratório. Valores de umidade do solo na capacidade de campo, em solos submetidos à drenagem em condições de campo, estão geralmente associados às tensões matriciais de água da ordem de 6 kPa para solos de textura grossa e 10 kPa para solos de textura fina. Enquanto próximos à capacidade de campo, os macroporos do solo já contêm suficiente quantidade de ar para prover o oxigênio necessário para a respiração e crescimento das raízes; a manutenção prolongada de teores de água no solo acima da capacidade de campo pode causar sérios problemas para o desenvolvimento da grande maioria das hortaliças.

O conceito de ponto de murcha permanente representa o limite mínimo de umidade existente no solo, abaixo da qual uma planta em crescimento ativo apresenta perda de turgescência das folhas, da qual não se recupera mesmo quando colocada em atmosfera saturada durante a noite. Embora o ponto de murcha permanente possa variar com as diferentes espécies de plantas, fase de desenvolvimento, tipo de solo e condições climáticas, é comumente aceito como a umidade do solo correspondente à tensão matricial de 1.500 kPa, independentemente da espécie e condições ambientais, e, portanto, estimado indiretamente em laboratório.

A água total disponível para as plantas que pode ser armazenada pelo solo é aquela entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente. Assim, a lâmina de água total disponível na camada de solo correspondente à profundidade explorada pelo sistema radicular da cultura é calculada pela seguinte expressão:

$$LTD = \frac{CC-PMP}{10} \times Dg \times Z \quad (1)$$

em que:

LTD = lâmina de água total disponível no solo para as plantas (mm);

CC = capacidade de campo (% de peso seco);

PMP = ponto de murcha permanente (% de peso seco);

Dg = densidade global do solo (g/cm³);

Z = profundidade efetiva do sistema radicular das plantas (cm).

Para a grande maioria das plantas, no entanto, não é recomendável deixar o reservatório do solo se esvaziar até atingir o ponto de murcha permanente. Normalmente, existe para cada cultura um valor limite de umidade abaixo do qual a produtividade é seriamente afetada. A umidade-limite do solo que se deve promover a irrigação é obtida experimentalmente, sendo em função da espécie cultivada, clima, tipo de solo e até mesmo da cultivar, estando associada à "força" com que a água é retida pela matriz do solo. Uma vez que esse valor é conhecido, torna-se fácil determinar a quantidade de água que deve ser aplicada ao solo para restaurar sua capacidade de armazenamento, ou seja, a lâmina de água no solo facilmente disponível às plantas, utilizando a seguinte equação:

$$LRD = \frac{CC - UI}{10} \times Dg \times Z \quad (2)$$

29

em que:

LRD = lâmina de água real disponível no solo para as plantas (mm);

UI = umidade-limite de irrigação (% de peso seco).

A densidade global do solo é dada pela relação entre a massa do solo seco a 105 °C–110 °C e o seu volume total, incluindo o espaço poroso. Permite estimar o grau de compactação de um solo e transformar as percentagens de umidade gravimétrica do solo em termos de umidade volumétrica e, dessa forma, determinar a lâmina de água no solo. Os métodos do cilindro e da proveta são os mais utilizados para a determinação da densidade global. O método do cilindro possibilita resultados mais confiáveis, sendo considerado padrão para fins de irrigação. O método da proveta propicia resultados confiáveis para solos arenosos ou desestruturados, sendo que para solos muito arenosos é o método mais indicado, dadas às dificuldades de amostragem por meio de anéis.

Em irrigação normalmente não se considera todo o perfil do solo explorado pelo sistema radicular das plantas, mas apenas sua profundidade efetiva, que deve ser tal que entre 80 % e 90 % do sistema

radicular esteja nela contido. Sua determinação em condições de campo é fundamental para fins de manejo de irrigação. Valores superestimados acarretam a aplicação de lâminas de água e a adoção de turnos de rega maiores que os recomendados, com conseqüências indesejáveis. Por outro lado, valores subestimados resultam em irrigações mais freqüentes e com lâminas menores, que favorecem menor crescimento do sistema radicular e maior uso de mão-de-obra.

Solos compactados, além de apresentarem menor capacidade de retenção de água, oferecem grande resistência ao desenvolvimento radicular, aumentam os riscos de escoamento superficial de água e podem provocar a formação de um lençol freático temporário, resultando em problemas de aeração para as plantas. Sendo assim, é necessário um manejo de solo que vise destruir camadas compactadas, bem como evitar que estas se formem durante o preparo do mesmo.

Muitos fatores, como textura e fertilidade do solo, práticas culturais, solos rasos, irrigações muito freqüentes e horizontes fortemente diferenciados, podem afetar consideravelmente o desenvolvimento radicular das plantas. Assim, é aconselhável avaliar o sistema radicular nas diferentes fases de desenvolvimento e no próprio local de cultivo.

Existem vários métodos para avaliar a profundidade efetiva do sistema radicular. Todos são trabalhosos e nenhum pode ser considerado como padrão e indicado para todas as situações. Na prática, a abertura de uma trincheira perpendicularmente à linha de plantio e a avaliação visual do sistema radicular, nas diferentes fases de desenvolvimento das plantas, podem dar uma idéia aproximada das profundidades a serem consideradas.

30

Necessidade de água das plantas

Praticamente toda a água para suprir as necessidades das plantas é obtida do solo, em sua forma líquida, por meio das partes terminais do sistema radicular ou dos pêlos radiculares. Isso ocorre devido à existência de um gradiente de energia desde a atmosfera até o solo, em que a água move-se do maior para o menor potencial. A transpiração é vital para as plantas, haja vista que essa faz com que a planta absorva do solo os nutrientes essenciais juntamente com a água. Da água absorvida, a planta retém cerca de 1 %, sendo o restante transferido para a atmosfera, em forma de vapor, pela transpiração.

A água também se perde diretamente para a atmosfera por meio da evaporação do solo e da superfície vegetal molhada. A esse processo de "perda" conjunta de água do solo e da planta para a atmosfera dá-se o nome de evapotranspiração. A taxa de evapotranspiração depende

da espécie vegetal, da fase de desenvolvimento da planta, do tipo de solo e, principalmente, das condições climáticas predominantes. Dentre os fatores climáticos que influenciam o processo de evapotranspiração, destacam-se: radiação solar, temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento.

Existem diversos métodos de se avaliar a evapotranspiração de uma cultura, que podem ser enquadrados em duas categorias: diretos e indiretos. Nos métodos diretos, a evapotranspiração da cultura é determinada realizando-se um balanço de água. O balanço pode ser feito em nível de bacia hidrográfica, parcela experimental ou utilizando-se de lisímetros, que podem ser muito precisos. Os lisímetros que utilizam de uma balança para detectar a água evapotranspirada são os de maior precisão.

Em razão das dificuldades para a medição direta e precisa da evapotranspiração da cultura em nível de campo, os métodos indiretos são os utilizados para fins de manejo de irrigação. Esses são baseados em dados climáticos. Várias equações, todas de alguma forma empíricas, têm sido desenvolvidas para estimar a evapotranspiração da cultura para períodos de uma hora, um dia e um mês. As equações mais simples requerem dados de temperatura média do ar, como a de Blaney-Criddle, enquanto as mais complexas e precisas, como a de Penman-Monteith, requerem informações com respeito à radiação solar, temperatura, umidade relativa e ao vento. Evaporímetros, como o tanque de evaporação do tipo classe A, também têm sido largamente empregados para a determinação indireta da evapotranspiração da cultura. Na verdade, os métodos indiretos fornecem o que chamamos de evapotranspiração de referência, sendo a evapotranspiração da cultura de interesse obtida por:

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (3)$$

em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura (mm/dia);

K_c = coeficiente de cultura (adimensional);

ET_o = evapotranspiração do cultivo de referência (mm/dia).

Os coeficientes de cultura são determinados empiricamente, a partir da medição direta da evapotranspiração da cultura em condições de campo, considerando as necessidades hídricas de cada espécie vegetal, nas suas diversas fases de desenvolvimento. Sempre que possível, devem ser determinados para condições de solo e clima específicas.

Em termos gerais, a evapotranspiração da cultura é máxima quando a umidade do solo é mantida próxima à capacidade de campo. À medida que o solo seca, há uma redução das perdas de água por evaporação. Quanto à transpiração das plantas, essa geralmente permanece no seu nível máximo na faixa entre a capacidade de campo e a umidade-limite de irrigação, reduzindo-se a partir do momento em que o solo seca além da umidade-limite, até ser anulada quando a umidade atingir o ponto de murcha permanente.

Irrigação por aspersão

Da área total de hortaliças irrigadas no Brasil, mais de 90 % são realizadas por aspersão. Embora seja o método de irrigação mais utilizado, a aspersão não deve ser considerada como ideal para todas as condições de produção de hortaliças e capaz de atender a todos os interesses envolvidos. A escolha do sistema de irrigação deve ser baseada numa análise de viabilidade técnica e econômica para cada situação específica.

33

Existem diferentes sistemas de irrigação por aspersão, cada qual apresentando características próprias, com vantagens e desvantagens específicas. Entre os mais utilizados, destacam-se os sistemas convencional¹ (portátil, semiportátil e fixo), o autopropelido e o pivô central. Na Tabela 3, são apresentadas algumas características dos principais sistemas por aspersão relacionados a custos, uso de energia e mão-de-obra requerida. As vantagens e as desvantagens de cada sistema devem ser consideradas, de modo que a escolha garanta o sucesso do empreendimento. O sucesso, no entanto, não depende somente da escolha criteriosa do sistema, mas também do dimensionamento hidráulico e agrônômico e do manejo adequado do sistema de irrigação, bem como do manejo racional de água durante todo o ciclo de desenvolvimento das plantas.

A aspersão pode ser utilizada, de uma forma geral, para a irrigação da maioria das hortaliças folhosas, do tipo raiz (cenoura, mandioquinha-salsa, nabo, etc.), tubérculo (batata, batata-doce, etc.) e bulbo (alho, cebola, etc.), em qualquer tipo de solo e mesmo em terrenos declivosos. Entretanto, sofre a interferência do vento e, em climas quentes e secos, tem a eficiência de irrigação reduzida, além de favorecer maior

¹ A designação convencional está ligada ao aspecto histórico da introdução deste sistema de irrigação.

Tabela 3. Valores típicos de eficiência da irrigação, custos de aquisição/implantação, uso de energia e mão-de-obra requerida para diferentes sistemas de irrigação por aspersão.

Sistema	Eficiência de irrigação (%)	Investimento inicial ⁽¹⁾ (R\$/ha)	Uso de energia ⁽²⁾ (kWh/mm/ha)	Mão-de-obra ⁽³⁾ (h/ha/irrig.)
Convencional portátil	50–75	2.000–3.500	3,0–6,0	1,5–3,5
Convencional semiportátil	60–80	2.500–5.000	3,0–6,0	0,7–2,5
Convencional fixo	70–85	4.500–10.000	3,0–6,0	0,2–0,5
Autopropelido	65–80	3.500–5.500	6,0–9,0	0,5–1,0
Pivô central	75–90	4.000–7.500	2,0–6,0	0,1–0,7

⁽¹⁾ Depende da qualidade de equipamento, tamanho da área, dentre outros.

⁽²⁾ Estimado para uma altura de recalque entre 0 m e 50 m. Dividir kWh/mm/ha por 3,2 para estimar litros de diesel/mm/ha.

⁽³⁾ Depende do projeto, eficiência gerencial, qualidade de mão-de-obra, dentre outros.

Fonte: Adaptado de Marouelli e Silva (1998b).

34

incidência de doenças da parte aérea e menor eficácia dos agrotóxicos aplicados à folhagem, em razão da água aspergida sobre as plantas. Assim, sistemas que não molham a parte aérea das plantas, como por sulco e gotejamento, seriam mais indicados para aquelas hortaliças que requerem tratamentos fitossanitários frequentes, como tomate de mesa e pimentão.

Em relação ao sistema por sulco, a aspersão requer menor uso de mão-de-obra e possibilita melhor distribuição de água sobre o solo. Comparativamente ao gotejamento, a aspersão requer menor investimento e não necessita, em geral, de filtragem e tratamento da água para eliminar problemas de entupimento. Outra limitação do gotejamento, para a irrigação de hortaliças, é a necessidade de remoção das linhas de gotejadores do campo ao final de cada safra, o que demanda mão-de-obra e reduz a vida útil do equipamento.

Sistemas convencionais

Os sistemas de irrigação por aspersão convencional são classificados em: portátil, semiportátil e fixo, dependendo de como o sistema é manejado no campo. São constituídos, em geral, por uma linha adutora, um conjunto motobomba, uma linha principal, uma ou mais linhas laterais e aspersores (Fig. 1), permitindo irrigar áreas de qualquer formato.

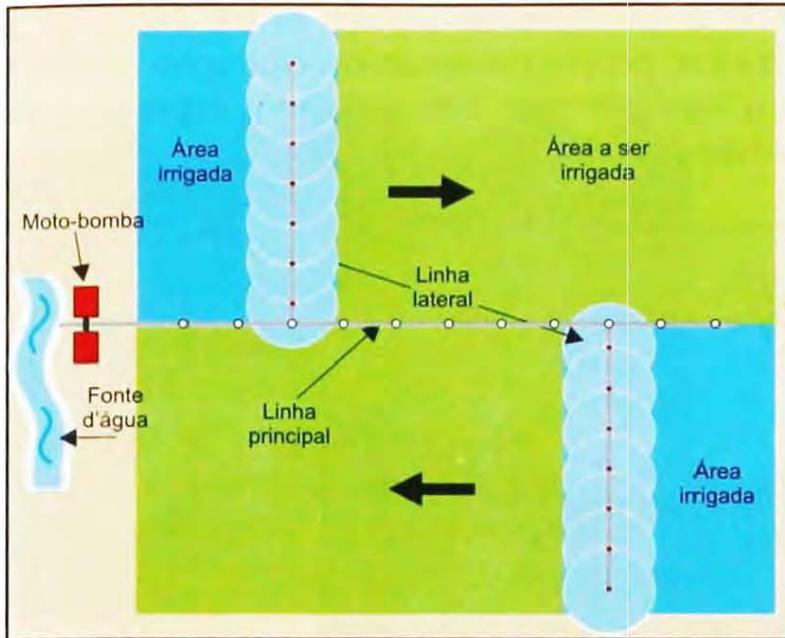


Fig. 1. Esquema de um sistema de irrigação por aspersão convencional semiportátil, com duas laterais móveis.

No sistema convencional portátil, os componentes são deslocados manualmente, ao longo da área a ser irrigada. O custo inicial de aquisição é relativamente baixo, mas requer grande quantidade de mão-de-obra para as mudanças de posição dentro da área. No sistema fixo, todos os componentes são fixos, o que aumenta o custo do sistema, mas reduz expressivamente o uso de mão-de-obra e permite automatizar a irrigação. No sistema semiportátil, as linhas laterais e os aspersores são deslocados dentro da área, enquanto os demais componentes do sistema permanecem fixos.

35

A aspersão convencional é o sistema mais utilizado para irrigação de hortaliças no Brasil, especialmente em pequenas áreas de produção, sendo a que melhor se adapta às diferentes condições de solo e topografia (Fig. 2).

Para hortaliças irrigadas por sistemas convencionais, aspersores de impacto de tamanho médio, espaçados de 12 m x 18 m, 18 m x 18 m ou

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Fig. 2. Sistema de irrigação por aspersão convencional, em lavoura de abóbora.

18 m x 24 m, e operando a pressões de serviço entre 200 kPa² e 400 kPa, são os mais utilizados, proporcionando precipitação bruta de 10 mm/hora a 25 mm/hora. Também têm sido utilizados aspersores de grande porte do tipo canhão (Fig. 3).

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Fig. 3. Sistema de irrigação por aspersão convencional com aspersor tipo canhão, em lavoura de cebola.

36

Sistemas convencionais por aspersão também englobam os sistemas por microaspersão (Fig. 4), quando utilizado para irrigar toda a superfície da área, e do tipo Santeno® (Fig. 5), sistema utilizado principalmente para pequenas áreas de produção de hortaliças. No sistema Santeno®, a água é distribuída por meio de tubos de polietileno perfurados com raio laser, com orifícios de 0,3 mm de diâmetro. Para a irrigação de hortaliças, o tubo recomendado é o do tipo I com orifícios espaçados de 15 cm. No campo, é geralmente adotado um espaçamento de 3,0 m entre linhas laterais (tubos) e uma pressão de serviço de 80 kPa.

Foto: Waldir Aparecido Marouelli

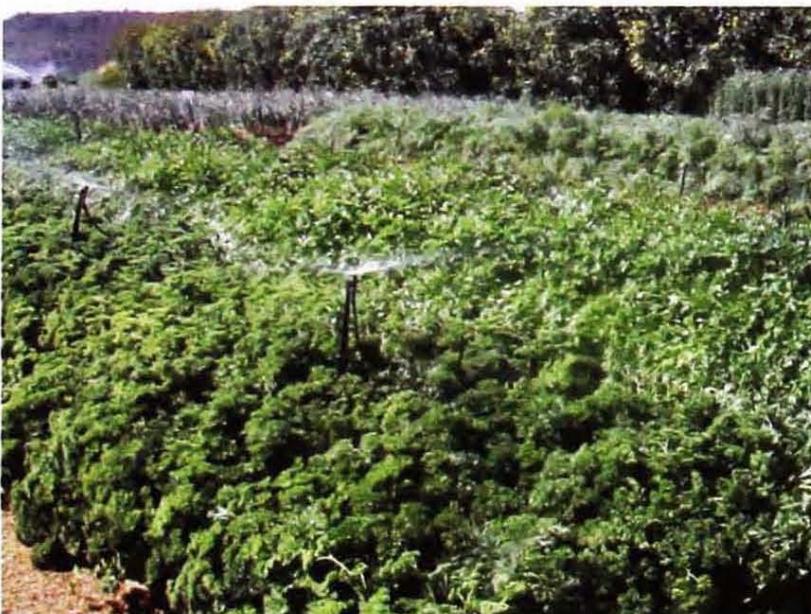


Fig. 4. Sistema de irrigação por aspersão convencional com microaspersores, em lavoura de salsinha.

² É comum encontrar manômetros com unidades de pressão expressas em kgf/cm² e psi. Para conversão de unidade usar: 1 kPa = 0,01020 kgf/cm² = 0,00987 atm = 0,10197 mca = 0,14504 psi.



Fig. 5. Sistema de irrigação por aspersão convencional com tubos perfurados, em lavoura de cenoura.

Autopropelido tipo carretel enrolador

O autopropelido é um sistema mecanizado que irriga áreas de diferentes formatos e declividades, com baixa exigência de mão-de-obra. O equipamento é composto de uma tubulação de sucção, um conjunto motobomba, uma linha principal, um carretel enrolador e um carro irrigador, contendo um aspersor do tipo canhão (Fig. 6 e Fig. 7) ou uma barra irrigadora (Fig. 8). O carretel enrolador é formado pelo conjunto motriz e carretel com mangueira de polietileno, montados sobre chassi com duas a seis rodas e acoplamento à barra de tração do trator. O conjunto motriz consiste de uma turbina hidráulica e uma caixa de redução de velocidade, que faz o enrolamento da

37

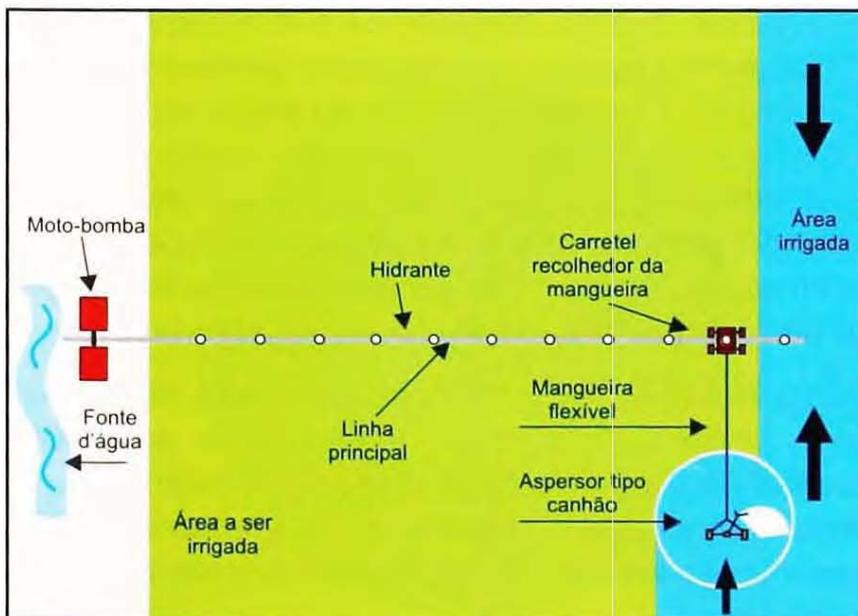


Fig. 6. Esquema de um sistema de irrigação por aspersão do tipo autopropelido.



Fig. 7. Sistema de irrigação autopropelido com carretel enrolador e aspersor tipo canhão, em lavoura de milho-doce.



Fig. 8. Sistema de irrigação por aspersão autopropelido com barra irrigadora, em lavoura de batata.

mangueira no carretel estando o carro irrigador na outra extremidade da mangueira, sendo que a irrigação da faixa ocorre à medida que a mangueira vai sendo enrolada. O aspersor, montado sobre duas rodas no carro irrigador, desloca-se a uma velocidade constante pré-estabelecida, em vários modelos por meio de um painel eletrônico computadorizado, irrigando, por vez, uma faixa de até 115 m de largura por até 650 m de comprimento. Após irrigar uma determinada faixa, o conjunto é facilmente deslocado para irrigar faixas adjacentes.

O carretel enrolador autopropelido substitui com vantagens os antigos sistemas autopropelidos, onde todo o conjunto motriz se deslocava juntamente com o aspersor ao longo da faixa irrigada arrastando uma mangueira flexível. Dentre as vantagens destacam-se o melhor controle de velocidade de deslocamento do carro irrigador e o menor tamanho de gotas dos canhões atuais.

A barra irrigadora pode substituir o aspersor do tipo canhão em áreas de menor declividade, com a vantagem de uma melhor uniformidade de distribuição de água e gotas de menor tamanho. A barra, que pode ter comprimento superior a 50 m, é dotada de aspersores do tipo "spray" trabalhando com pressão de serviço entre 100 kPa e 300 kPa, o que reduz o consumo de energia. Nesse caso, a barra é montada sobre um carro com quatro rodas, que permite ajustar a altura da barra, e utiliza o mesmo sistema de carretel enrolador.

Enquanto as constantes mudanças de tubulações e de aspersores na lavoura, nos sistemas por aspersão convencionais, podem favorecer maior incidência de doenças devido ao pisoteio e a injúrias às plantas, isso não ocorre com o uso do autopropelido. Por estas e outras razões listadas acima, esse tipo de sistema está cada vez mais difundido na irrigação da batata, por exemplo.

Pivô central

O pivô central é um sistema mecanizado que irriga áreas circulares, operando a uma velocidade constante pré-estabelecida, para aplicar a lâmina de água desejada. Consiste de uma linha lateral de aspersores montada sobre torres com rodas, tendo uma extremidade ancorada no centro da área, por onde a água é fornecida, por meio de uma adutora ou poço profundo, e a outra girando em torno desse ponto (Fig. 9). O comprimento da lateral varia de 100 m a 600 m, e a movimentação dá-se por meio de motores elétricos posicionados em cada torre.

O pivô central apresenta como vantagens o uso reduzido de mão-de-obra, a maior uniformidade de distribuição de água e o menor uso de energia em relação a outros sistemas por aspersão convencional e autopropelido (Tabela 3). Aspersores especiais de baixa pressão (100 kPa a 200 kPa)

39

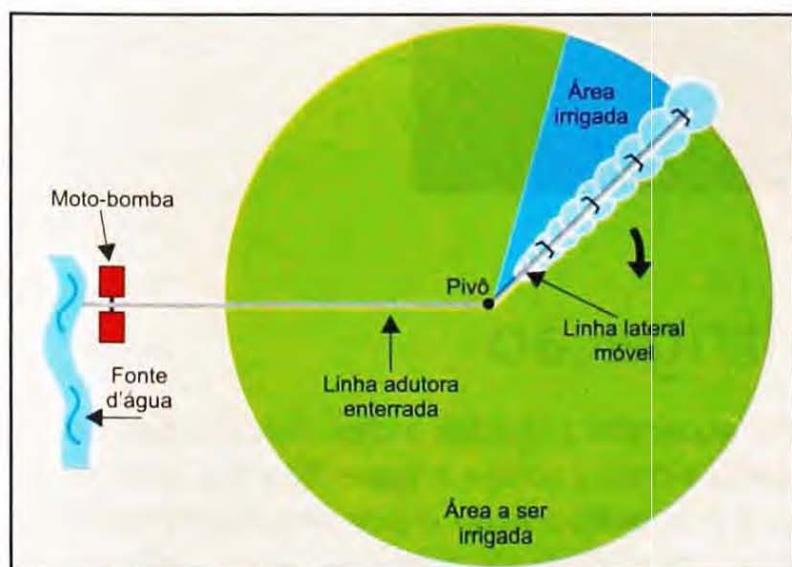


Fig. 9. Esquema de um sistema de irrigação por aspersão do tipo pivô central.

do tipo "spray" têm sido largamente utilizados em sistemas por pivô central pelo menor gasto com energia. O custo por unidade de área irrigada do pivô, que é, em geral, maior que dos sistemas portátil, semiportátil e autopropelido, aumentará quanto menor for o comprimento da lateral.

Com relação aos demais sistemas por aspersão, o pivô central apresenta duas desvantagens principais. A primeira é a dificuldade do manejo de irrigação para atender, de forma correta, as necessidades de água de vários plantios escalonados em um mesmo pivô. A segunda é que o equipamento não pode ser mudado de área com facilidade. Desse modo, o manejo impróprio do solo, da irrigação e a rotação inadequada de culturas favorecem maior incidência e acúmulo de patógenos no solo. Atualmente, essa dificuldade pode ser parcialmente contornada com o uso de pivô central rebocável, sistema com dispositivos que possibilitam o deslocamento do equipamento para uma área adjacente ao final do ciclo de desenvolvimento da cultura, sem a necessidade de desmontá-lo. Tal sistema tem sido utilizado principalmente por produtores da batata.

O pivô central é utilizado principalmente na região do Cerrado para a produção de hortaliças em grande escala, como de alho, batata, cebola, cenoura, milho-doce e tomate (Fig. 10).

40

Foto: Dejoel de Barros Lima



Fig. 10. Sistema de irrigação por aspersão do tipo pivô central, em lavoura de cenoura.

Eficiência de irrigação

A eficiência de irrigação na aspersão engloba a desuniformidade com que a água é distribuída pelo sistema sobre a superfície do solo e das plantas e as perdas de água por evaporação e por arrastamento pelo vento, ou seja, é função da uniformidade de distribuição e da eficiência

de aplicação de água pelo sistema. Depende de fatores como sistema de irrigação, dimensionamento hidráulico, manutenção do sistema e condições climáticas.

Valores aceitáveis de eficiência de irrigação para sistemas convencionais estão entre 70 % e 80 %, para autopropelido entre 65 % e 75 % e para pivô central entre 80 % e 90 %. Na prática é comum encontrar sistemas de irrigação operando com eficiência muito abaixo do aceitável. A avaliação deve ser realizada, no mínimo, a cada dois anos, enquanto a manutenção do sistema deve ser realizada antes de cada safra.

Além de ser um dos principais parâmetros para avaliação do sistema de irrigação, a eficiência de irrigação é utilizada para o cálculo da lâmina total de água a ser aplicada por irrigação, para suprir às necessidades hídricas das plantas.

Existem no mercado empresas especializadas que prestam serviço para avaliação da uniformidade de distribuição de água, especialmente para sistemas pivô central, e que realizam serviços de manutenção e correções para solucionar possíveis problemas de baixa eficiência.

Sistemas por aspersão convencional

O dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação, que envolve, entre outros aspectos, a determinação dos diâmetros e dos comprimentos das tubulações e do tipo e da potência da motobomba, deve ser realizado por profissionais especializados, antes da compra e da implantação do sistema. Em sistemas mal dimensionados, a irrigação é desuniforme, o que compromete o desenvolvimento das plantas e aumenta o uso de energia e de água.

43

Os procedimentos para o dimensionamento adequado, que podem ser encontrados, por exemplo, em Bernardo et al. (2006), envolvem cálculos com algum grau de dificuldade, o que foge do escopo desta publicação.

Muitas vezes, no entanto, o sistema de irrigação original, que foi devidamente dimensionado e instalado, vai sendo modificado ao longo do tempo ou é transferido para áreas com diferentes declives e tamanhos. Outras vezes, o agricultor vai comprando e ampliando seu sistema aos poucos, sem a devida orientação técnica, o que pode afetar drasticamente o desempenho do sistema.

A seguir, é apresentada uma série de procedimentos, de ordem prática, que possibilita ao irrigante ou ao técnico responsável avaliar o sistema de irrigação, diretamente no campo. Por meio dessa avaliação, podem-se identificar problemas e soluções, permitindo que o sistema venha a funcionar com eficiência mínima aceitável.

Escolha do aspersor

A escolha do aspersor é normalmente realizada durante o dimensionamento do sistema de irrigação. Além do custo e da qualidade do

equipamento, devem também ser considerados: a área a ser irrigada, o raio de alcance, o número e o ângulo de inclinação dos bocais e a intensidade de aplicação de água do aspersor.

O primeiro aspecto a ser considerado é o tamanho da área a ser irrigada. Considerando que os aspersores com maior raio de alcance requerem menor uso de mão-de-obra e possibilitam menor custo de projeto, pode ser adotado o seguinte critério geral: microaspersores (raio de alcance < 5 m) e aspersores de pequeno porte (raio de alcance entre 5 m e 15 m) para as áreas pequenas (abaixo de 2 ha), aspersores médios (raio de alcance entre 15 m e 25 m) para as áreas de tamanho médio (2 ha a 10 ha) e aspersores grandes (raio de alcance acima de 25 m) para as áreas grandes (acima de 10 ha).

Devem ser preferidos os aspersores com dois bocais, pois, de modo geral, proporcionam distribuição mais uniforme do que aqueles com bocal único, além de serem menos afetados pela ação do vento. Em condições de vento moderado (abaixo de 2 m/s), devem-se utilizar aspersores com ângulo de inclinação do bocal entre 27° e 32°, por possibilitarem um maior diâmetro molhado. Para ventos máximos entre 2 m/s e 4 m/s, preferir aqueles com jato entre 16° e 26°, enquanto, para ventos acima de 4 m/s, seriam desejáveis aspersores com jato menor que 15°.

44

Para ventos acima de 2 m/s, escolher aspersores com grau de pulverização do jato (Gd) menor do que 4. Todavia, o impacto causado por gotas de água provenientes de aspersores com Gd menor do que 3 pode causar algum tipo de dano para a maioria das hortaliças. Assim, para hortaliças pouco sensíveis, usar os aspersores com Gd entre 3 e 4, e, para aquelas sensíveis, usar Gd entre 4 e 6. Entre as hortaliças sensíveis, destacam-se as folhosas e aquelas semeadas rasas, como a cenoura e a alface, nas quais gotas grandes podem enterrar e/ou desenterrar sementes. O grau de pulverização do jato é computado por:

$$Gd = \frac{0,1 \times P_s}{d} \quad (4)$$

em que:

Gd = grau de pulverização do jato (adimensional);

P_s = pressão de serviço do aspersor (kPa);

d = diâmetro do maior bocal do aspersor (mm).

Outro fator a ser considerado na escolha do aspersor é a intensidade de aplicação de água, a qual deve ser menor que a velocidade de infiltração básica do solo (V_{ib}). Sistemas com intensidade de aplicação maior que a V_{ib} podem provocar encharcamento e escoamento superficial de água, ou até mesmo erosão do solo. Não dispondo de dados da V_{ib} específicos para o solo a ser irrigado, pode-se usar, como guia, os valores apresentados na Tabela 4.

Exemplo 1: Selecionar o aspersor para as seguintes condições que serão utilizadas nos exemplos abaixo:

Área: 8 ha

Hortaliça: batata

Vento máximo: 1,5 m/s

Solo: textura média

Para áreas de tamanho médio (2 ha a 8 ha), vento moderado (abaixo de 2 m/s), hortaliça pouco sensível à pulverização do jato e V_{ib} do solo entre 15 mm/h e 40 mm/h (Tabela 4), é recomendável o uso de aspersor com raio de alcance entre 15 m e 25 m, grau de pulverização maior que 3, inclinação do jato entre 27° e 32° e intensidade de aplicação de água preferencialmente inferior a 15 mm/h. Valores entre 15 mm/h e 40 mm/h podem vir a ser utilizados sob o risco de empoçamento de água e erosão.

45

Tabela 4. Texturas de solo e intervalos típicos de velocidade de infiltração básica (V_{ib}) para diferentes classes texturais.

Textura	V_{ib} (mm/h) ⁽¹⁾	Classe textural
Grossa	40–150	Areia, areia franca, franco arenoso
Média	15–40	Franco, franco siltoso, franco argilo-arenoso, silte
Fina	1–15	Franco argilo-siltoso, franco argiloso, argila arenosa, argila siltosa, argila, muito argiloso

Obs.: solos de Cerrado de textura fina devem ser considerados, para efeito de cálculos de irrigação, como de textura média.

⁽¹⁾ Presença de camada compactada reduz substancialmente a V_{ib} do solo.

Fonte: Adaptado de Cuenca (1989).

Pressão de serviço do aspersor

A pressão de serviço dos aspersores é utilizada para o dimensionamento hidráulico do sistema, sendo obtida de catálogos técnicos dos fabricantes. Para aspersores rotativos de impacto, a pressão recomendada varia entre 200 kPa e 700 kPa, sendo de 200 kPa a 300 kPa para os aspersores de pequenos porte, de 300 kPa a 400 kPa para os aspersores médios e de 400 kPa a 700 kPa para os aspersores grandes. Para microaspersores, a pressão de serviço geralmente varia entre 100 kPa e 200 kPa.

Pressão de serviço abaixo da recomendada prejudica a uniformidade de distribuição de água e provoca a formação de gotas muito grandes, podendo prejudicar as plantas e compactar o solo. Pressão muito acima da recomendada compromete a tubulação, acarreta maior consumo de energia e provoca pulverização excessiva da água, favorecendo maior evaporação e deriva pelo vento.

Exemplo 2: Determinar a faixa de pressão em que o aspersor do exemplo 1 deve ser operado.

Para um aspersor com raio de alcance entre 15 m e 25 m (porte médio), a pressão de serviço recomendada é de 300 kPa a 400 kPa.

46

Vazão do aspersor

A vazão do aspersor, que depende da pressão de serviço e do diâmetro dos bocais, também pode ser obtida de catálogos dos fabricantes. Em condições de campo, a vazão pode ser medida com o auxílio de balde ou tambor, proveta, mangueira flexível e cronômetro. Para isso, deve-se interromper o giro do aspersor, adaptar uma mangueira ao bocal do aspersor e conduzir a água para dentro do balde. Coletar pelo menos 20 litros de água e medir o tempo de cada coleta, não devendo o tempo ser menor que 5 segundos. Repetir o teste duas a três vezes, em dois a três aspersores diferentes. Caso o aspersor tenha mais de um bocal, a medida deve ser feita, preferencialmente, em um bocal de cada vez. A vazão do aspersor é computada por:

$$Q = 3,6 \times \frac{V_c}{T_c} \quad (5)$$

em que:

Q = vazão do aspersor (m³/h);

V_c = volume de água coletado (L);

T_c = tempo de coleta (min).

Exemplo 3: Determinar a vazão média de um aspersor com bocais de 5,0 mm x 6,5 mm, que, operando com uma pressão de serviço de 350 kPa, forneceu o seguinte teste de vazão:

Aspersor	Teste	Bocal 1 (6,5 mm)		Bocal 2 (5,0 mm)	
		T _c (s)	V _c (L)	T _c (s)	V _c (L)
1	1	24	19,0	35	19,1
	2	22	17,2	33	17,4
2	3	26	20,0	40	21,1
	4	25	19,2	37	20,2
Média		24,3	18,9	36,3	19,5

A vazão do aspersor é calculada pela equação 5, somando-se a vazão de cada bocal.

$$Q = Q_{\text{bocal 1}} + Q_{\text{bocal 2}} = \left(3,6 \times \frac{18,9 \text{ L}}{24,3 \text{ s}}\right) + \left(3,6 \times \frac{19,5 \text{ L}}{36,3 \text{ s}}\right) = 4,73 \text{ m}^3/\text{h}$$

47

Raio de alcance do aspersor

O raio de alcance do aspersor (R_m), que é igual à metade do diâmetro molhado, pode ser obtido no catálogo do fabricante. Varia conforme a pressão de serviço e as características do aspersor. Em condições de campo, o raio é medido com o auxílio de uma trena, preferencialmente num horário de ausência de vento. Colocar o aspersor para funcionar na pressão de serviço recomendada e medir o diâmetro molhado. Devem ser avaliados de três a quatro aspersores, para a obtenção do valor médio do raio de alcance.

Exemplo 4: Considere que a medição do diâmetro molhado realizado em quatro aspersores indicou os seguintes valores: 36,4 m, 37,6 m, 37,2 m e 36,8 m. Determinar a raio de alcance médio do aspersor.

O diâmetro molhado é $D_m = (36,4 \text{ m} + 37,6 \text{ m} + 37,2 \text{ m} + 36,8 \text{ m})/4 = 37,0 \text{ m}$, e o raio de alcance médio do aspersor é $R_m = 37,0 \text{ m}/2 = 18,5 \text{ m}$.

Espaçamento entre aspersores

A utilização do espaçamento correto entre aspersores é fundamental para que o sistema de irrigação aplique a água às plantas com uniformidade de distribuição aceitável. Como regra geral, o espaçamento deve ser tal que um aspersor seja capaz de jogar a água no “pé” do outro. Esse critério, todavia, não considera o efeito do vento sobre a eficiência de irrigação. Na Tabela 5, é apresentado um critério segundo o qual os espaçamentos entre os aspersores ao longo da linha lateral (E_a) e entre as laterais (E_l) podem ser calculados conforme o diâmetro molhado (D_m) e a velocidade do vento.

Tabela 5. Espaçamento entre aspersores para sistemas convencionais, conforme o diâmetro molhado, ângulo do jato e velocidade do vento.

Velocidade do vento (m/s)	Espaçamento ⁽¹⁾ (%)					
	Jato raso (4°–15°)		Jato médio (16°–26°)		Jato normal (27°–32°)	
	E_a	E_l	E_a	E_l	E_a	E_l
< 0,5	65	75	65	70	60	70
0,5–2,0	55	75	50	70	50	60
2,0–4,0	40	70	40	60	40	50
4,0–6,0	30	60	30	50	30	40
> 6,0	Usar outro método de irrigação (ex.: sistema por sulco ou gotejamento)					

⁽¹⁾ Percentagem em relação ao diâmetro molhado pelo aspersor.

E_a = espaçamento entre aspersores ao longo da lateral; E_l = espaçamento entre laterais.

Fonte: Adaptado de Marouelli (1989).

Como o comprimento comercial de tubos de irrigação é de 6 m, o espaçamento selecionado deve ser múltiplo do comprimento do tubo (6 m, 12 m, 18 m, 24 m, etc.). No caso de microaspersores, são geralmente utilizadas linhas laterais de polietileno, o que permite se adotar qualquer espaçamento entre emissores.

Exemplo 5: Considere que o aspersor selecionado com raio de alcance (R_m) de 18,5 m tem inclinação do jato de 30°. Determinar os espaçamentos entre aspersores.

Pela Tabela 5, para vento de 1,5 m/s e ângulo do jato de 30°, tem-se que os espaçamentos entre aspersores na lateral (E_a) e entre laterais (E_l) são de:

$$E_a = 50 \% \text{ de } D_m = 0,5 \times 37,0 \text{ m} = 18,5 \text{ m}$$

$$E_l = 60 \% \text{ de } D_m = 0,6 \times 37,0 \text{ m} = 22,2 \text{ m}$$

Como o comprimento padrão de tubos de irrigação é de 6 m, os espaçamentos a serem utilizados são de $E_a = 18 \text{ m}$ e $E_l = 18 \text{ m}$.

Intensidade de aplicação de água

Alguns catálogos de aspersores trazem informações sobre a intensidade de aplicação de água para diferentes combinações de pressão de serviço e espaçamento entre aspersores. Não dispondo dessas informações, a intensidade de aplicação pode ser obtida por:

$$I_a = \frac{1.000 \times Q}{E_a \times E_l} \quad (6)$$

em que:

I_a = intensidade de aplicação de água (mm/h);

Q = vazão do aspersor (m^3/h);

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

E_l = espaçamento entre linhas laterais (m).

49

Exemplo 6: Calcular a intensidade de aplicação de água pelos aspersores, considerando os dados determinados nos exemplos 3 e 5.

A intensidade de aplicação calculada pela equação 6 é de:

$$I_a = \frac{1.000 \times 4,73 \text{ m}^3/\text{h}}{18 \text{ m} \times 18 \text{ m}} = 14,6 \text{ mm/h}$$

Portanto, o valor calculado de I_a (14,6 mm/h) é menor que o limite mínimo de V_{ib} de 15 mm/h (solo de textura média), calculado no exemplo 1, não havendo, portanto, risco de escoamento superficial de água.

Variação da pressão ao longo da lateral

Nos sistemas convencionais por aspersão, são utilizados, nas laterais, tubos de 50 mm, 75 mm ou 100 mm (2, 3 ou 4 polegadas) de diâmetro, e, em áreas pequenas e médias, é comum o uso de tubos de PVC de 50 mm e 75 mm. Para microaspersão, são geralmente utilizados tubos de polietileno com diâmetro entre 20 mm e 30 mm. O comprimento máximo da lateral depende do diâmetro da tubulação, do número de aspersores, da vazão do aspersor e da declividade do terreno.

Ao longo de uma lateral que conduz água, há uma redução gradativa de pressão em direção ao seu final, em decorrência do atrito da água com a parede da tubulação. A redução total de pressão será tanto maior quando maior for a vazão, menor o diâmetro ou maior o comprimento da lateral. Assim, se um grande volume de água é conduzido, por uma longa distância, em uma linha lateral de aspersores, com tubo de pequeno diâmetro, a vazão no último aspersor será muito menor que no primeiro, fazendo com que a uniformidade da irrigação seja comprometida.

50

No caso de irrigação de hortaliças, é comum encontrar sistemas convencionais que operam de forma pouco eficiente, por falta de dimensionamento hidráulico adequado. Uma maneira prática, que pode ser utilizada diretamente no campo para avaliar se a lateral está operando adequadamente, é medir a variação de pressão ao longo da lateral. Para laterais em nível, devem ser atendidos os seguintes critérios: a) a variação de pressão entre o primeiro e o último aspersor deve ser, no máximo, 20 % da pressão de serviço (P_s) recomendada; b) a pressão no primeiro aspersor deve ser maior que P_s , e a pressão no último, menor que P_s ; c) a média entre as pressões no primeiro e no último aspersor deve estar entre 100 % e 105 % do valor de P_s .

$$P_{pr} - P_{ul} \leq 0,2 \times P_s \quad (7)$$

$$P_{pr} > P_s > P_{ul} \quad (8)$$

$$P_s < \frac{P_{pr} + P_{ul}}{2} \leq 1,05 \times P_s \quad (9)$$

em que:

P_{pr} = pressão no primeiro aspersor (kPa);

P_{ul} = pressão no último aspersor (kPa).

Se um dos critérios acima não for atendido, é porque a lateral não está operando adequadamente. Se P_{ul} for maior que P_s ou se a média entre P_{pr} e P_{ul} for maior que 105 % de P_s , é porque a pressão na lateral está acima da ideal. Isso pode ser solucionado aumentando o número de aspersores na lateral, usando tubos de menor diâmetro ou fechando parcialmente o registro na saída da bomba até a pressão no último aspersor atingir um valor entre 95 % e 98 % de P_s . Se a variação de pressão ao longo da lateral for superior a 20 % de P_s ou se a média entre P_{pr} e P_{ul} for menor que P_s , é porque a pressão, em algum ponto da lateral, está abaixo do ideal. Neste caso, deve-se reduzir o comprimento da lateral, usar tubos de maior diâmetro, reduzir o bocal dos aspersores ou usar uma motobomba de maior capacidade.

A medição da pressão no primeiro e no último aspersor é realizada de maneira rápida e simples, estando a lateral em funcionamento, com auxílio de um manômetro dotado de um microtubo curvado (Pitot), que é introduzido dentro do bocal. Manômetros para tal finalidade são de custo reduzido e podem ser adquiridos em revendedores de sistemas de irrigação.

Exemplo 7: Considere uma lateral de PVC, operando em nível, com diâmetro nominal de 75 mm (DN 75), comprimento de 216 m, 12 aspersores com vazão de 4,73 m³/h cada e pressão de serviço recomendada de 350 kPa. A pressão medida no primeiro aspersor foi de 440 kPa e no último de 270 kPa. Avaliar se a lateral está operando de forma adequada.

51

A avaliação da lateral é sintetizada abaixo:

- Critério 1 $P_{pr} - P_{ul} = (440 - 270) = 170$ kPa
 $0,2 \times P_s = 0,2 \times 350 = 70$ kPa
 $P_{pr} - P_{ul} > 0,2 \times P_s \Rightarrow$ critério violado
- Critério 2 $P_{pr} = 440$ kPa; $P_{ul} = 270$ kPa; $P_s = 350$ kPa
 $P_{pr} > P_s > P_{ul} \Rightarrow$ critério atendido
- Critério 3 $(P_{pr} + P_{ul})/2 = (440 + 270)/2 = 355$ kPa
 $1,05 \times P_s = 1,05 \times 350 = 370$ kPa
 $P_s < (P_{pr} + P_{ul})/2 < 1,05 \times P_s \Rightarrow$ critério atendido

Com base nos critérios avaliados, a lateral não está operando de forma adequada. A alternativa seria usar um tubo de maior diâmetro (ex.: DN 100 mm), reduzir o comprimento da lateral (ex.: L = 144 m) ou irrigar a lateral em duas vezes (ex.: 6 aspersores de cada vez).

Exemplo 8: Considere que a solução adotada para a lateral do exemplo 7 foi a de reduzir o comprimento da lateral para 144 m (8 aspersores). Para esta nova situação, os valores medidos de pressão foram $P_{pr} = 390$ kPa e $P_{ul} = 330$ kPa. Avaliar se a nova lateral está operando de forma adequada.

A avaliação da nova lateral é sintetizada abaixo:

- Critério 1 $P_{pr} - P_{ul} = (390 - 330) = 60$ kPa
 $0,2P_s = 0,2 \times 350 = 70$ kPa
 $P_{pr} - P_{ul} < 0,2P_s \Rightarrow$ critério atendido
- Critério 2 $P_{pr} = 390$ kPa; $P_{ul} = 330$ kPa; $P_s = 350$ kPa
 $P_{pr} > P_s > P_{ul} \Rightarrow$ critério atendido
- Critério 3 $(P_{pr} + P_{ul})/2 = (390 + 330)/2 = 360$ kPa
 $1,05 \times P_s = 1,05 \times 350 = 370$ kPa
 $P_s < (P_{pr} + P_{ul})/2 < 1,05 \times P_s \Rightarrow$ critério atendido

Como os três critérios foram atendidos, conclui-se que nesta nova condição a lateral está funcionando satisfatoriamente.

Manutenção e cuidados com o sistema de irrigação

Além de aumentar a vida útil do equipamento, a manutenção preventiva e adequada visa manter o sistema de irrigação operando de forma eficiente ao longo de todo o ciclo da cultura. A motobomba deve ser lubrificada conforme recomendação do fabricante. Os aspersores devem ser mantidos na posição vertical e inspecionados pelo menos uma vez por ano, verificando os anéis de desgaste, eixos, deflector do jato e molas. O aspersor deve estar ajustado para que a velocidade de rotação do bocal seja de uma volta a cada 45 a 120 segundos.

As borrachas de vedação, registros, válvulas de derivação e outros acessórios devem ser substituídos quando apresentarem qualquer sinal de vazamentos. Além do desperdício de água e energia, os vazamentos diminuem a pressão, prejudicando a distribuição da água de irrigação e, conseqüentemente, o rendimento da cultura. Ademais, os pontos de vazamento podem se tornar focos de doenças.

Nas mudanças das linhas laterais, deve-se evitar carregar tubos conectados, principalmente por um só operário, pois, além de reduzir a vida útil do tubo, provoca o corte da borracha de vedação. O tubo deve ser

acoplado de modo que a extremidade oposta fique o mais próximo do solo possível, evitando-se, assim, que a borracha seja danificada.

Cuidado especial deve ser dispensado à pressão de operação dos aspersores. Pressão abaixo da recomendada prejudica a uniformidade de distribuição de água e provoca a formação de gotas muito grandes, podendo prejudicar as plantas e compactar o solo. Por outro lado, pressão muito alta compromete a tubulação, acarreta maior consumo de energia e provoca a formação de gotas muito pequenas, favorecendo maior evaporação e deriva de água pelo vento.

Para evitar sobrecarga do motor, a partida da motobomba deve ser feita com o registro principal fechado, sendo esse aberto lentamente até que a pressão indicada no manômetro seja igual àquela prevista em projeto. O registro principal está localizado após a saída da bomba, e o manômetro após o registro. No final da irrigação, deve-se proceder de forma inversa, ou seja, primeiro fechando o registro para depois desligar a bomba. A motobomba nunca deve ser acionada sem que esteja devidamente escorvada (cheia de água), pois poderá danificar partes internas que dependem da água para lubrificação.

Manejo prático da água de irrigação

Por manejo da água de irrigação entende-se em determinar quando irrigar e quanto de água a ser aplicado a cada irrigação. A resposta para tais perguntas é dependente de vários fatores, como tipo de solo, condições climáticas e estágio de desenvolvimento das plantas. O momento da irrigação deve ser aquele quando as plantas tenham utilizado toda a água facilmente disponível no solo. Devem, contudo, ser realizadas antes da aplicação de agrotóxicos foliares e após adubações de cobertura. A quantidade de água deve ser equivalente àquela evapotranspirada desde a última irrigação, descontando-se possíveis chuvas, e ser capaz para que a umidade do solo retorne à capacidade de campo.

Os horticultores devem ter em mente que apesar das hortaliças serem, em geral, sensíveis ao déficit hídrico, o excesso, seja por irrigações muito freqüentes ou pela aplicação de quantidades exageradas de água, pode acarretar sérios prejuízos. Dentre os expressivos benefícios do manejo apropriado de irrigação, destacam-se: manutenção do nível adequado de umidade no solo, possibilitando obtenção de alta produtividade; racionalização no uso dos recursos água, energia e agrotóxicos; redução da incidência de diversas doenças; e redução na lixiviação de nutrientes móveis, especialmente nitrogênio.

Vários são os métodos que podem ser utilizados para o manejo da água de irrigação. Todos têm como base informações relacionadas a um ou mais componentes do sistema solo-planta-atmosfera. Naqueles que possibilitam um melhor controle da irrigação, o manejo é realizado em tempo real por meio da instalação de sensores para a medição do

status da água no solo e/ou da estimativa da evapotranspiração da cultura. Tais métodos requerem a aquisição de equipamentos, tempo e treinamento do usuário. O custo, a precisão e a simplicidade de operacionalização dependem do nível de sofisticação do método utilizado.

O método ora proposto, apesar de não requerer o uso de equipamentos e a realização de cálculos complicados, possibilita que a irrigação seja manejada com precisão aceitável. Permite estimar turnos de regas e lâminas de água a serem aplicadas por irrigação em função da fase de desenvolvimento da cultura, do clima da região, do tipo de solo, e da profundidade efetiva do sistema radicular das plantas. Ou seja, permite estabelecer antecipadamente calendários de irrigação para situações específicas.

O método é de grande utilidade para técnicos e horticultores com pouca experiência em irrigação, podendo também ser útil para os mais experientes, mas que irrigam de forma empírica, com base apenas no senso prático. Não é recomendado, todavia, para aqueles que já manejam a irrigação de forma precisa, por exemplo, por meio do uso de equipamentos como tensiômetro e/ou tanque classe A.

56

Para melhor compreensão do método proposto, um estudo de caso é apresentado simultaneamente com os passos necessários para a realização do manejo de água à medida que cada passo do método for sendo apresentado. Para tal, será considerada a seguinte situação:

Hortaliça: batata

Ciclo de desenvolvimento da cultura: 90 dias

Plantio: 2 de maio

Solo: classe textural franco argilo-arenoso

Aspersão convencional: intensidade de aplicação (I_a) de 14,6 mm/h

Clima: dados fornecidos em exemplo a seguir

Fases da cultura

O passo inicial para a realização do manejo é estabelecer as fases de desenvolvimento da cultura para as quais as irrigações devem ser manejadas de forma distinta. Em geral, as hortaliças apresentam quatro fases distintas de desenvolvimento com relação às necessidades hídricas.

A caracterização de cada fase, para a maioria das hortaliças, pode ser definida como se mostra a seguir:

Fase 1 (inicial) – do plantio até a emergência das plântulas ou do transplante até o pegamento das mudas.

Fase 2 (vegetativa) – do final da fase 1 até 80 % do máximo desenvolvimento vegetativo (plena floração).

Fase 3 (produção) – do final da fase 2 até o início da maturação ou da pré-colheita.

Fase 4 (pré-colheita; maturação) – do final da fase 3 até a colheita.

No caso de hortaliças que florescem, como ervilha, tomate e melão, a fase 3 é definida pelo período entre o pleno florescimento da cultura e o início da maturação de grãos ou frutos. Contudo, há hortaliças do tipo fruto, como berinjela, pimentão e tomate, em que é comum a ocorrência de um período em que existem flores, frutos verdes e maduros, o que requer a realização de várias colheitas. Nesse caso, o término da fase 3 deve ser por ocasião do início da maturação de frutos a serem colhidos na penúltima ou antepenúltima colheita. Para as hortaliças do tipo tubérculo, como batata e batata-doce, a fase 3 é definida pelo início da formação de tubérculos até o momento em que estes atingem o máximo desenvolvimento. Para as brássicas, como repolho e couve-flor, a fase 3 compreende o período entre o início da formação de cabeça ou inflorescência e o seu máximo desenvolvimento. Para as hortaliças do tipo raiz, como cenoura e beterraba, a fase 3 compreende o período entre o desenvolvimento (engrossamento) acentuado de raízes e o início da senescência da parte aérea. Para as folhosas, a fase 3 deve abranger o período entre 80 % do máximo desenvolvimento da planta até 5 a 7 dias antes da colheita.

57

Exemplo 9: Definir a duração e os períodos do ano das diferentes fases de desenvolvimento da cultura da batata.

Fase	Descrição	Duração (dias)	Período
1 - Inicial	Plantio até emergência de plantas	15	2/5 a 16/5
2 - Vegetativa	Emergência até início de tuberização	20	17/5 a 4/6
3 - Tuberização	Início de tuberização até início de senescência	45	5/6 a 19/7
4 - Maturação	Início de senescência até colheita	10	20/7 a 29/7

Evapotranspiração da cultura

O segundo passo no método apresentado é estimar a quantidade de água que a hortaliça consome por dia, ou seja, a evapotranspiração da cultura (ETc). Valores de ETc para as principais hortaliças, em função da temperatura, umidade relativa do ar (média diária) e fase de desenvolvimento da cultura, são apresentados nas Tabelas 6 a 24, conforme indicado abaixo:

Hortaliça	Tabela	Hortaliça	Tabela
Abóbora-seca	6	Espinafre	7
Abobrinha	6	Feijão-vagem	21
Acelga	7	Grão-de-bico	10
Aipo	7	Jiló	13
Alcachofra	8	Lentilha	10
Alface	7	Mandioquinha-salsa	6
Alho	9	Melancia	16
Alho-porro	7	Melão	17
Aspargo	10	Milho-doce	18
Batata	11	Morango	19
Batata-doce	12	Pepino	20
Berinjela	13	Pimenta	21
Beterraba	14	Pimentão	21
Brócolos	15	Quiabo	6
Cebola	9	Rabanete	22
Cebolinha	7	Repolho	15
Cenoura	15	Rúcula	7
Couve-flor	15	Soja-verde	8
Ervilha-seca	10	Tomate de mesa	24
Ervilha-verde	8	Tomate industrial	23

Os valores de temperatura e umidade relativa podem ser obtidos a partir de séries históricas mensais disponíveis para a região onde será realizado o cultivo. Esses dados podem, muitas vezes, ser obtidos nos escritórios locais de extensão rural ou em prefeituras. Deve-se lembrar que os valores de temperatura e umidade relativa do ar devem representar médias diárias (24 horas) e não os valores máximos ocorridos durante o dia. Não se dispendo de dados específicos para a localidade de interesse, valores aproximados de temperatura e umidade relativa, para cada mês, podem ser estimados a partir das Fig. 11 a 22. Estas figuras devem ser utilizadas com precaução, especialmente para localidades e regiões com microclima específico.

Exemplo 10: Calcular a evapotranspiração da cultura para os diferentes períodos de cultivo da batata e meses do ano, considerando as seguintes médias históricas de temperatura (T_m) e umidade relativa (UR_m) do ar:

Parâmetro climático	Maio	Junho	Julho
Temperatura (°C)	22	21	20
Umidade relativa (%)	66	60	55

A partir dos dados de temperatura e umidade relativa obtêm-se pela Tabela 11, por interpolação linear, os seguintes valores para ETc:

Período	Fase	T_m (°C)	UR_m (%)	ETc (mm/dia)
17/5 a 31/5	2: vegetativa	22	66	3,4
1/6 a 4/6	2: vegetativa	21	60	3,8
5/6 a 30/6	3: tuberização	21	60	5,9
1/7 a 19/7	3: tuberização	20	55	6,3
20/7 a 29/7	4: maturação	20	55	4,1

59

O estabelecimento do manejo de água na fase 1 (inicial) é abordado mais adiante no capítulo "Manejo de água na fase de pré-emergência e pegamento de mudas", razão pela qual não foi determinado o valor de ETc na fase 1.

Os valores de ETc apresentados nas Tabelas 6 a 24 foram computados usando a equação de Ivanov (JENSEN, 1973) e coeficientes de cultura adaptados de Marouelli et al. (1996), Allen et al. (1998) e Simonne et al. (2006), ou seja:

$$ETc = 0,006 \times (25 + T_m)^2 \times \left(1 - \frac{UR_m}{100}\right) \times Kc \quad (10)$$

em que:

ETc = evapotranspiração da cultura (mm/dia);

T_m = temperatura média do ar (°C);

UR_m = umidade relativa média do ar (%);

Kc = coeficiente de cultura (adimensional).

A equação de Ivanov foi utilizada por requerer apenas dados de temperatura e umidade relativa do ar, os quais são de fácil obtenção, nas mais diversas regiões do território brasileiro, e altamente correlacionados com a evapotranspiração.

Tabela 6. Evapotranspiração da cultura para abóbora-seca, abobrinha, mandioquinha-salsa e quiabo (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
45	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1	3,3	3,6	4,0	4,3	4,6	5,0	5,4	5,7
50	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,9	5,2
55	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
60	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
65	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7
70	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
75	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,4	2,6
80	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1
85	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
90	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0
Fase 2 (vegetativa)														
40	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8	9,4
45	2,7	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	7,0	7,5	8,0	8,6
50	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,9	6,3	6,8	7,3	7,8
55	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6	7,0
60	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
65	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1	5,5
70	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
75	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9
80	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
85	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
90	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Fase 3 (frutificação; desenvolvimento de raiz)														
40	3,9	4,4	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	8,0	8,6	9,4	10,1	10,9	11,7	12,5
45	3,6	4,0	4,5	5,0	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,6	9,3	10,0	10,7	11,5
50	3,3	3,7	4,1	4,6	5,0	5,5	6,1	6,6	7,2	7,8	8,4	9,1	9,7	10,4
55	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8	9,4
60	2,6	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4
65	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,9	4,3	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	6,8	7,3
70	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
75	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,9	5,2
80	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
85	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
90	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1
Fase 4 (pré-colheita)														
40	3,1	3,5	3,9	4,4	4,8	5,3	5,8	6,4	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10,0
45	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6	9,2
50	2,6	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4
55	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
60	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,7
65	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
70	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
75	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
80	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
85	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
90	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ET_c durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 7. Evapotranspiração da cultura para acelga, aipo, alface, alho-porro, cebolinha, espinafre e rúcula (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,8
45	2,5	2,8	3,2	3,5	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
50	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,9	4,3	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	6,8	7,3
55	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
60	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
65	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1
70	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
75	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7
80	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9
85	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2
90	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Fase 2 (vegetativa)														
40	3,3	3,7	4,2	4,7	5,1	5,7	6,2	6,8	7,3	8,0	8,6	9,3	9,9	10,7
45	3,1	3,4	3,8	4,3	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1	9,8
50	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,6	6,1	6,6	7,2	7,7	8,3	8,9
55	2,5	2,8	3,1	3,5	3,9	4,2	4,6	5,1	5,5	6,0	6,4	6,9	7,5	8,0
60	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2	6,6	7,1
65	1,9	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2
70	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	5,0	5,3
75	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	2,8	3,1	3,3	3,6	3,9	4,1	4,4
80	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,4	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6
85	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7
90	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8
Fase 3 (máximo desenvolvimento vegetativo; formação de cabeça)														
40	4,1	4,6	5,2	5,7	6,4	7,0	7,7	8,4	9,1	9,8	10,6	11,4	12,3	13,2
45	3,8	4,2	4,7	5,3	5,8	6,4	7,0	7,7	8,3	9,0	9,7	10,5	11,3	12,1
50	3,4	3,9	4,3	4,8	5,3	5,8	6,4	7,0	7,6	8,2	8,8	9,5	10,2	11,0
55	3,1	3,5	3,9	4,3	4,8	5,2	5,7	6,3	6,8	7,4	8,0	8,6	9,2	9,9
60	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,8
65	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2	6,7	7,2	7,7
70	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
75	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1	5,5
80	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
85	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
90	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2
Fase 4 (pré-colheita)														
40	3,7	4,2	4,7	5,2	5,7	6,3	6,9	7,6	8,2	8,9	9,6	10,3	11,1	11,9
45	3,4	3,8	4,3	4,8	5,3	5,8	6,3	6,9	7,5	8,2	8,8	9,5	10,2	10,9
50	3,1	3,5	3,9	4,3	4,8	5,3	5,8	6,3	6,8	7,4	8,0	8,6	9,3	9,9
55	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,2	7,8	8,3	8,9
60	2,5	2,8	3,1	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	6,9	7,4	7,9
65	2,2	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,5	6,9
70	1,9	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0
75	1,6	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	5,0
80	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,4	3,7	4,0
85	0,9	1,0	1,2	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	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ET_c durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 8. Evapotranspiração da cultura para alcachofra, ervilha-verde e soja-verde (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9	5,3	5,6
45	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,2
50	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
55	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9	4,2
60	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
65	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
70	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8
75	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
80	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
85	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4
90	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9
Fase 2 (vegetativa)														
40	3,1	3,5	3,9	4,4	4,8	5,3	5,8	6,4	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10,0
45	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6	9,2
50	2,6	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4
55	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
60	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,7
65	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
70	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
75	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
80	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
85	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
90	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7
Fase 3 (formação de inflorescência; formação e enchimento de vagem)														
40	4,3	4,9	5,4	6,0	6,7	7,3	8,0	8,7	9,5	10,3	11,1	12,0	12,9	13,8
45	4,0	4,4	5,0	5,5	6,1	6,7	7,4	8,0	8,7	9,4	10,2	11,0	11,8	12,6
50	3,6	4,0	4,5	5,0	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,6	9,3	10,0	10,7	11,5
55	3,2	3,6	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,6	7,1	7,7	8,3	9,0	9,6	10,3
60	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6	9,2
65	2,5	2,8	3,2	3,5	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
70	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	4,4	4,8	5,1	5,6	6,0	6,4	6,9
75	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1	3,3	3,6	4,0	4,3	4,6	5,0	5,4	5,7
80	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6
85	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4
90	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3
Fase 4 (pré-colheita)														
40	3,9	4,4	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	8,0	8,6	9,4	10,1	10,9	11,7	12,5
45	3,6	4,0	4,5	5,0	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,6	9,3	10,0	10,7	11,5
50	3,3	3,7	4,1	4,6	5,0	5,5	6,1	6,6	7,2	7,8	8,4	9,1	9,7	10,4
55	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8	9,4
60	2,6	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4
65	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,9	4,3	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	6,8	7,3
70	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
75	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,9	5,2
80	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
85	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
90	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ET_c durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 9. Evapotranspiração da cultura para alho e cebola (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,8
45	2,5	2,8	3,2	3,5	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
50	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,9	4,3	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	6,8	7,3
55	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
60	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
65	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1
70	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
75	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7
80	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9
85	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2
90	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Fase 2 (vegetativa)														
40	3,3	3,7	4,2	4,7	5,1	5,7	6,2	6,8	7,3	8,0	8,6	9,3	9,9	10,7
45	3,1	3,4	3,8	4,3	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1	9,8
50	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,6	6,1	6,6	7,2	7,7	8,3	8,9
55	2,5	2,8	3,1	3,5	3,9	4,2	4,6	5,1	5,5	6,0	6,4	6,9	7,5	8,0
60	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2	6,6	7,1
65	1,9	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2
70	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	5,0	5,3
75	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	2,8	3,1	3,3	3,6	3,9	4,1	4,4
80	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,4	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6
85	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7
90	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8
Fase 3 (desenvolvimento de bulbo)														
40	4,1	4,6	5,2	5,7	6,4	7,0	7,7	8,4	9,1	9,8	10,6	11,4	12,3	13,2
45	3,8	4,2	4,7	5,3	5,8	6,4	7,0	7,7	8,3	9,0	9,7	10,5	11,3	12,1
50	3,4	3,9	4,3	4,8	5,3	5,8	6,4	7,0	7,6	8,2	8,8	9,5	10,2	11,0
55	3,1	3,5	3,9	4,3	4,8	5,2	5,7	6,3	6,8	7,4	8,0	8,6	9,2	9,9
60	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,8
65	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2	6,7	7,2	7,7
70	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
75	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1	5,5
80	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
85	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
90	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2
Fase 4 (maturação)														
40	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8	9,4
45	2,7	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	7,0	7,5	8,0	8,6
50	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,9	6,3	6,8	7,3	7,8
55	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6	7,0
60	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
65	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1	5,5
70	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
75	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9
80	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
85	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
90	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ET_c durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 10. Evapotranspiração da cultura para aspargo, ervilha-seca, grão-de-bico e lentilha (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
45	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6
50	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
55	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
60	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
65	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9
70	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
75	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1
80	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7
85	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
90	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8
Fase 2 (vegetativa)														
40	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,8
45	2,5	2,8	3,2	3,5	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
50	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,9	4,3	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	6,8	7,3
55	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
60	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
65	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1
70	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
75	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7
80	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9
85	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2
90	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Fase 3 (desenvolvimento de turios; formação e enchimento de vagem)														
40	3,7	4,2	4,7	5,2	5,7	6,3	6,9	7,6	8,2	8,9	9,6	10,3	11,1	11,9
45	3,4	3,8	4,3	4,8	5,3	5,8	6,3	6,9	7,5	8,2	8,8	9,5	10,2	10,9
50	3,1	3,5	3,9	4,3	4,8	5,3	5,8	6,3	6,8	7,4	8,0	8,6	9,3	9,9
55	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,2	7,8	8,3	8,9
60	2,5	2,8	3,1	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	6,9	7,4	7,9
65	2,2	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,5	6,9
70	1,9	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0
75	1,6	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	5,0
80	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,4	3,7	4,0
85	0,9	1,0	1,2	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	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0
Fase 4 (pré-colheita; maturação)														
40	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
45	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4
50	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
55	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8
60	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
65	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2
70	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
75	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
80	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
85	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9
90	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a E_{Tc} durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 11. Evapotranspiração da cultura para batata (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura ($^{\circ}C$)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9	5,3	5,6
45	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,2
50	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
55	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9	4,2
60	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
65	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
70	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8
75	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
80	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
85	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4
90	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9
Fase 2 (vegetativa)														
40	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8	9,4
45	2,7	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	7,0	7,5	8,0	8,6
50	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,9	6,3	6,8	7,3	7,8
55	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6	7,0
60	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
65	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1	5,5
70	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
75	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9
80	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
85	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
90	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Fase 3 (desenvolvimento de tubérculo)														
40	4,5	5,1	5,7	6,3	7,0	7,7	8,4	9,1	9,9	10,8	11,6	12,5	13,5	14,4
45	4,1	4,6	5,2	5,8	6,4	7,0	7,7	8,4	9,1	9,9	10,7	11,5	12,3	13,2
50	3,8	4,2	4,7	5,2	5,8	6,4	7,0	7,6	8,3	9,0	9,7	10,4	11,2	12,0
55	3,4	3,8	4,3	4,7	5,2	5,7	6,3	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10,1	10,8
60	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,1	5,6	6,1	6,6	7,2	7,8	8,3	9,0	9,6
65	2,6	3,0	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,8	6,3	6,8	7,3	7,8	8,4
70	2,3	2,5	2,8	3,1	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,3	6,7	7,2
75	1,9	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,5	4,8	5,2	5,6	6,0
80	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8
85	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6
90	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4
Fase 4 (maturação)														
40	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8	9,4
45	2,7	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	7,0	7,5	8,0	8,6
50	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,9	6,3	6,8	7,3	7,8
55	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6	7,0
60	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
65	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1	5,5
70	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
75	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9
80	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
85	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
90	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ETC durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 12. Evapotranspiração da cultura para batata-doce (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	4,4	4,8	5,1	5,6	6,0	6,4	6,9
45	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,9	6,3
50	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1	3,3	3,6	4,0	4,3	4,6	5,0	5,4	5,7
55	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,2
60	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6
65	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,2	3,5	3,8	4,0
70	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4
75	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9
80	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3
85	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
90	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1
Fase 2 (vegetativa)														
40	3,1	3,5	3,9	4,4	4,8	5,3	5,8	6,4	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10,0
45	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6	9,2
50	2,6	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4
55	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
60	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,7
65	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
70	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
75	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
80	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
85	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
90	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7
Fase 3 (desenvolvimento de raiz)														
40	4,5	5,1	5,7	6,3	7,0	7,7	8,4	9,1	9,9	10,8	11,6	12,5	13,5	14,4
45	4,1	4,6	5,2	5,8	6,4	7,0	7,7	8,4	9,1	9,9	10,7	11,5	12,3	13,2
50	3,8	4,2	4,7	5,2	5,8	6,4	7,0	7,6	8,3	9,0	9,7	10,4	11,2	12,0
55	3,4	3,8	4,3	4,7	5,2	5,7	6,3	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10,1	10,8
60	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,1	5,6	6,1	6,6	7,2	7,8	8,3	9,0	9,6
65	2,6	3,0	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,8	6,3	6,8	7,3	7,8	8,4
70	2,3	2,5	2,8	3,1	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,3	6,7	7,2
75	1,9	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,5	4,8	5,2	5,6	6,0
80	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8
85	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6
90	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4
Fase 4 (maturação)														
40	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,8
45	2,5	2,8	3,2	3,5	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
50	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,9	4,3	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	6,8	7,3
55	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
60	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
65	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1
70	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
75	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7
80	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9
85	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2
90	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ET_c durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 13. Evapotranspiração da cultura para berinjela e jiló (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
45	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	4,4	4,8	5,1	5,6	6,0	6,4	6,9
50	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
55	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9	5,3	5,6
60	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
65	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
70	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
75	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
80	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
85	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
90	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
Fase 2 (vegetativa)														
40	3,3	3,7	4,2	4,7	5,1	5,7	6,2	6,8	7,3	8,0	8,6	9,3	9,9	10,7
45	3,1	3,4	3,8	4,3	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1	9,8
50	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,6	6,1	6,6	7,2	7,7	8,3	8,9
55	2,5	2,8	3,1	3,5	3,9	4,2	4,6	5,1	5,5	6,0	6,4	6,9	7,5	8,0
60	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2	6,6	7,1
65	1,9	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2
70	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	5,0	5,3
75	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	2,8	3,1	3,3	3,6	3,9	4,1	4,4
80	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,4	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6
85	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7
90	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8
Fase 3 (frutificação)														
40	4,5	5,1	5,7	6,3	7,0	7,7	8,4	9,1	9,9	10,8	11,6	12,5	13,5	14,4
45	4,1	4,6	5,2	5,8	6,4	7,0	7,7	8,4	9,1	9,9	10,7	11,5	12,3	13,2
50	3,8	4,2	4,7	5,2	5,8	6,4	7,0	7,6	8,3	9,0	9,7	10,4	11,2	12,0
55	3,4	3,8	4,3	4,7	5,2	5,7	6,3	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10,1	10,8
60	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,1	5,6	6,1	6,6	7,2	7,8	8,3	9,0	9,6
65	2,6	3,0	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,8	6,3	6,8	7,3	7,8	8,4
70	2,3	2,5	2,8	3,1	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,3	6,7	7,2
75	1,9	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,5	4,8	5,2	5,6	6,0
80	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8
85	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6
90	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4
Fase 4 (pré-colheita)														
40	3,1	3,5	3,9	4,4	4,8	5,3	5,8	6,4	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10,0
45	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6	9,2
50	2,6	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4
55	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
60	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,7
65	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
70	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
75	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
80	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
85	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
90	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ET_c durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 14. Evapotranspiração da cultura para beterraba (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	4,4	4,8	5,1	5,6	6,0	6,4	6,9
45	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,9	6,3
50	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1	3,3	3,6	4,0	4,3	4,6	5,0	5,4	5,7
55	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,2
60	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6
65	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,2	3,5	3,8	4,0
70	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4
75	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9
80	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3
85	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
90	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1
Fase 2 (vegetativa)														
40	3,3	3,7	4,2	4,7	5,1	5,7	6,2	6,8	7,3	8,0	8,6	9,3	9,9	10,7
45	3,1	3,4	3,8	4,3	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1	9,8
50	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,6	6,1	6,6	7,2	7,7	8,3	8,9
55	2,5	2,8	3,1	3,5	3,9	4,2	4,6	5,1	5,5	6,0	6,4	6,9	7,5	8,0
60	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2	6,6	7,1
65	1,9	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2
70	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	5,0	5,3
75	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	2,8	3,1	3,3	3,6	3,9	4,1	4,4
80	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,4	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6
85	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7
90	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8
Fase 3 (desenvolvimento de raiz)														
40	4,3	4,9	5,4	6,0	6,7	7,3	8,0	8,7	9,5	10,3	11,1	12,0	12,9	13,8
45	4,0	4,4	5,0	5,5	6,1	6,7	7,4	8,0	8,7	9,4	10,2	11,0	11,8	12,6
50	3,6	4,0	4,5	5,0	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,6	9,3	10,0	10,7	11,5
55	3,2	3,6	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,6	7,1	7,7	8,3	9,0	9,6	10,3
60	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6	9,2
65	2,5	2,8	3,2	3,5	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
70	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	4,4	4,8	5,1	5,6	6,0	6,4	6,9
75	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1	3,3	3,6	4,0	4,3	4,6	5,0	5,4	5,7
80	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6
85	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4
90	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3
Fase 4 (pré-colheita)														
40	3,7	4,2	4,7	5,2	5,7	6,3	6,9	7,6	8,2	8,9	9,6	10,3	11,1	11,9
45	3,4	3,8	4,3	4,8	5,3	5,8	6,3	6,9	7,5	8,2	8,8	9,5	10,2	10,9
50	3,1	3,5	3,9	4,3	4,8	5,3	5,8	6,3	6,8	7,4	8,0	8,6	9,3	9,9
55	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,2	7,8	8,3	8,9
60	2,5	2,8	3,1	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	6,9	7,4	7,9
65	2,2	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,5	6,9
70	1,9	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0
75	1,6	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	5,0
80	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,4	3,7	4,0
85	0,9	1,0	1,2	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	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ET_c durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 15. Evapotranspiração da cultura para brócolos, cenoura, couve-flor e repolho (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,8
45	2,5	2,8	3,2	3,5	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
50	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,9	4,3	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	6,8	7,3
55	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
60	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
65	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1
70	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
75	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7
80	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9
85	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2
90	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Fase 2 (vegetativa)														
40	3,3	3,7	4,2	4,7	5,1	5,7	6,2	6,8	7,3	8,0	8,6	9,3	9,9	10,7
45	3,1	3,4	3,8	4,3	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1	9,8
50	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,6	6,1	6,6	7,2	7,7	8,3	8,9
55	2,5	2,8	3,1	3,5	3,9	4,2	4,6	5,1	5,5	6,0	6,4	6,9	7,5	8,0
60	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2	6,6	7,1
65	1,9	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2
70	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	5,0	5,3
75	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	2,8	3,1	3,3	3,6	3,9	4,1	4,4
80	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,4	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6
85	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7
90	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8
Fase 3 (formação de inflorescência ou cabeça; engrossamento de raiz)														
40	4,1	4,6	5,2	5,7	6,4	7,0	7,7	8,4	9,1	9,8	10,6	11,4	12,3	13,2
45	3,8	4,2	4,7	5,3	5,8	6,4	7,0	7,7	8,3	9,0	9,7	10,5	11,3	12,1
50	3,4	3,9	4,3	4,8	5,3	5,8	6,4	7,0	7,6	8,2	8,8	9,5	10,2	11,0
55	3,1	3,5	3,9	4,3	4,8	5,2	5,7	6,3	6,8	7,4	8,0	8,6	9,2	9,9
60	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,8
65	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2	6,7	7,2	7,7
70	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
75	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1	5,5
80	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
85	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
90	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2
Fase 4 (pré-colheita)														
40	4,3	4,9	5,4	6,0	6,7	7,3	8,0	8,7	9,5	10,3	11,1	12,0	12,9	13,8
45	4,0	4,4	5,0	5,5	6,1	6,7	7,4	8,0	8,7	9,4	10,2	11,0	11,8	12,6
50	3,6	4,0	4,5	5,0	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,6	9,3	10,0	10,7	11,5
55	3,2	3,6	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,6	7,1	7,7	8,3	9,0	9,6	10,3
60	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6	9,2
65	2,5	2,8	3,2	3,5	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
70	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	4,4	4,8	5,1	5,6	6,0	6,4	6,9
75	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1	3,3	3,6	4,0	4,3	4,6	5,0	5,4	5,7
80	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6
85	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4
90	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ET_c durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 16. Evapotranspiração da cultura para melancia (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9	5,3	5,6
45	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,2
50	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
55	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9	4,2
60	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
65	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
70	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8
75	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
80	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
85	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4
90	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9
Fase 2 (vegetativa)														
40	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8	9,4
45	2,7	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	7,0	7,5	8,0	8,6
50	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,9	6,3	6,8	7,3	7,8
55	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6	7,0
60	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
65	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1	5,5
70	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
75	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9
80	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
85	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
90	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6
Fase 3 (frutificação)														
40	4,1	4,6	5,2	5,7	6,4	7,0	7,7	8,4	9,1	9,8	10,6	11,4	12,3	13,2
45	3,8	4,2	4,7	5,3	5,8	6,4	7,0	7,7	8,3	9,0	9,7	10,5	11,3	12,1
50	3,4	3,9	4,3	4,8	5,3	5,8	6,4	7,0	7,6	8,2	8,8	9,5	10,2	11,0
55	3,1	3,5	3,9	4,3	4,8	5,2	5,7	6,3	6,8	7,4	8,0	8,6	9,2	9,9
60	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,8
65	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2	6,7	7,2	7,7
70	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
75	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1	5,5
80	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
85	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
90	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2
Fase 4 (maturação)														
40	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8	9,4
45	2,7	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	7,0	7,5	8,0	8,6
50	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,9	6,3	6,8	7,3	7,8
55	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6	7,0
60	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
65	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1	5,5
70	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
75	1,2	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9
80	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
85	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
90	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ET_c durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 17. Evapotranspiração da cultura para melão (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	2.0	2.2	2.5	2.7	3.0	3.3	3.6	4.0	4.3	4.7	5.1	5.4	5.8	6.3
45	1.8	2.0	2.3	2.5	2.8	3.1	3.3	3.6	4.0	4.3	4.6	5.0	5.4	5.7
50	1.6	1.8	2.1	2.3	2.5	2.8	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.9	5.2
55	1.5	1.7	1.8	2.1	2.3	2.5	2.7	3.0	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4	4.7
60	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	2.9	3.1	3.4	3.6	3.9	4.2
65	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.2	3.4	3.7
70	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1
75	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6
80	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1
85	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
90	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0
Fase 2 (vegetativa)														
40	3.1	3.5	3.9	4.4	4.8	5.3	5.8	6.4	6.9	7.5	8.1	8.7	9.4	10.0
45	2.9	3.2	3.6	4.0	4.4	4.9	5.3	5.8	6.3	6.9	7.4	8.0	8.6	9.2
50	2.6	2.9	3.3	3.7	4.0	4.4	4.9	5.3	5.8	6.2	6.7	7.3	7.8	8.4
55	2.4	2.6	3.0	3.3	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.1	6.5	7.0	7.5
60	2.1	2.4	2.6	2.9	3.2	3.6	3.9	4.2	4.6	5.0	5.4	5.8	6.2	6.7
65	1.8	2.1	2.3	2.6	2.8	3.1	3.4	3.7	4.0	4.4	4.7	5.1	5.5	5.8
70	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	2.9	3.2	3.5	3.7	4.0	4.4	4.7	5.0
75	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	2.9	3.1	3.4	3.6	3.9	4.2
80	1.0	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3
85	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3	2.5
90	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7
Fase 3 (frutificação)														
40	4.1	4.6	5.2	5.7	6.4	7.0	7.7	8.4	9.1	9.8	10.6	11.4	12.3	13.2
45	3.8	4.2	4.7	5.3	5.8	6.4	7.0	7.7	8.3	9.0	9.7	10.5	11.3	12.1
50	3.4	3.9	4.3	4.8	5.3	5.8	6.4	7.0	7.6	8.2	8.8	9.5	10.2	11.0
55	3.1	3.5	3.9	4.3	4.8	5.2	5.7	6.3	6.8	7.4	8.0	8.6	9.2	9.9
60	2.7	3.1	3.4	3.8	4.2	4.7	5.1	5.6	6.1	6.6	7.1	7.6	8.2	8.8
65	2.4	2.7	3.0	3.4	3.7	4.1	4.5	4.9	5.3	5.7	6.2	6.7	7.2	7.7
70	2.1	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.2	4.5	4.9	5.3	5.7	6.1	6.6
75	1.7	1.9	2.2	2.4	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4	4.8	5.1	5.5
80	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.6	2.8	3.0	3.3	3.5	3.8	4.1	4.4
85	1.0	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3
90	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0	2.2
Fase 4 (maturação)														
40	2.9	3.3	3.7	4.1	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.6	8.2	8.8	9.4
45	2.7	3.0	3.4	3.8	4.2	4.6	5.0	5.5	5.9	6.4	7.0	7.5	8.0	8.6
50	2.5	2.8	3.1	3.4	3.8	4.2	4.6	5.0	5.4	5.9	6.3	6.8	7.3	7.8
55	2.2	2.5	2.8	3.1	3.4	3.7	4.1	4.5	4.9	5.3	5.7	6.1	6.6	7.0
60	2.0	2.2	2.5	2.7	3.0	3.3	3.6	4.0	4.3	4.7	5.1	5.4	5.8	6.3
65	1.7	1.9	2.2	2.4	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4	4.8	5.1	5.5
70	1.5	1.7	1.8	2.1	2.3	2.5	2.7	3.0	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4	4.7
75	1.2	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.2	3.4	3.7	3.9
80	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1
85	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0	2.2	2.3
90	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ET_c durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 18. Evapotranspiração da cultura para milho-doce (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
45	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6
50	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
55	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
60	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
65	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9
70	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
75	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1
80	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7
85	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
90	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8
Fase 2 (vegetativa)														
40	3,1	3,5	3,9	4,4	4,8	5,3	5,8	6,4	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10,0
45	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6	9,2
50	2,6	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4
55	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
60	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,7
65	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
70	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
75	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
80	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
85	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
90	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7
Fase 3 (formação de espiga e enchimento de grão)														
40	4,5	5,1	5,7	6,3	7,0	7,7	8,4	9,1	9,9	10,8	11,6	12,5	13,5	14,4
45	4,1	4,6	5,2	5,8	6,4	7,0	7,7	8,4	9,1	9,9	10,7	11,5	12,3	13,2
50	3,8	4,2	4,7	5,2	5,8	6,4	7,0	7,6	8,3	9,0	9,7	10,4	11,2	12,0
55	3,4	3,8	4,3	4,7	5,2	5,7	6,3	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10,1	10,8
60	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,1	5,6	6,1	6,6	7,2	7,8	8,3	9,0	9,6
65	2,6	3,0	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,8	6,3	6,8	7,3	7,8	8,4
70	2,3	2,5	2,8	3,1	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,3	6,7	7,2
75	1,9	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,5	4,8	5,2	5,6	6,0
80	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8
85	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6
90	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4
Fase 4 (pré-colheita)														
40	4,1	4,6	5,2	5,7	6,4	7,0	7,7	8,4	9,1	9,8	10,6	11,4	12,3	13,2
45	3,8	4,2	4,7	5,3	5,8	6,4	7,0	7,7	8,3	9,0	9,7	10,5	11,3	12,1
50	3,4	3,9	4,3	4,8	5,3	5,8	6,4	7,0	7,6	8,2	8,8	9,5	10,2	11,0
55	3,1	3,5	3,9	4,3	4,8	5,2	5,7	6,3	6,8	7,4	8,0	8,6	9,2	9,9
60	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,8
65	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2	6,7	7,2	7,7
70	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
75	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1	5,5
80	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
85	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
90	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ETC durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 19. Evapotranspiração da cultura para morango (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR _m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9	5,3	5,6
45	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,2
50	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
55	1,3	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	3,9	4,2
60	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
65	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
70	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8
75	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3
80	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
85	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	1,3	1,4
90	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	0,9
Fase 2 (vegetativa)														
40	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,8
45	2,5	2,8	3,2	3,5	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
50	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,9	4,3	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	6,8	7,3
55	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
60	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
65	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1
70	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
75	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7
80	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9
85	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2
90	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Fase 3 (frutificação)														
40	3,5	4,0	4,4	4,9	5,4	6,0	6,6	7,2	7,8	8,4	9,1	9,8	10,5	11,3
45	3,2	3,6	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,6	7,1	7,7	8,3	9,0	9,6	10,3
50	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8	9,4
55	2,6	3,0	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,4	5,8	6,3	6,8	7,4	7,9	8,5
60	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
65	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
70	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9	5,3	5,6
75	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
80	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
85	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8
90	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
Fase 4 (pré-colheita)														
40	3,1	3,5	3,9	4,4	4,8	5,3	5,8	6,4	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10,0
45	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6	9,2
50	2,6	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4
55	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
60	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,7
65	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
70	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
75	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
80	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
85	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
90	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ETc durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 20. Evapotranspiração da cultura para pepino (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
45	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	4,4	4,8	5,1	5,6	6,0	6,4	6,9
50	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
55	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9	5,3	5,6
60	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
65	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
70	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
75	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
80	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
85	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
90	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
Fase 2 (vegetativa)														
40	3,1	3,5	3,9	4,4	4,8	5,3	5,8	6,4	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10,0
45	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6	9,2
50	2,6	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4
55	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
60	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,7
65	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
70	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
75	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
80	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
85	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
90	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7
Fase 3 (frutificação)														
40	4,1	4,6	5,2	5,7	6,4	7,0	7,7	8,4	9,1	9,8	10,6	11,4	12,3	13,2
45	3,8	4,2	4,7	5,3	5,8	6,4	7,0	7,7	8,3	9,0	9,7	10,5	11,3	12,1
50	3,4	3,9	4,3	4,8	5,3	5,8	6,4	7,0	7,6	8,2	8,8	9,5	10,2	11,0
55	3,1	3,5	3,9	4,3	4,8	5,2	5,7	6,3	6,8	7,4	8,0	8,6	9,2	9,9
60	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,8
65	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2	6,7	7,2	7,7
70	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
75	1,7	1,9	2,2	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1	5,5
80	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
85	1,0	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
90	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2
Fase 4 (pré-colheita)														
40	3,1	3,5	3,9	4,4	4,8	5,3	5,8	6,4	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10,0
45	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6	9,2
50	2,6	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4
55	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
60	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,7
65	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
70	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
75	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
80	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
85	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
90	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ETc durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 21. Evapotranspiração da cultura para pimenta, pimentão e feijão-vagem (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	4,4	4,8	5,1	5,6	6,0	6,4	6,9
45	2,0	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,9	6,3
50	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1	3,3	3,6	4,0	4,3	4,6	5,0	5,4	5,7
55	1,6	1,8	2,0	2,3	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8	5,2
60	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6
65	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,2	3,5	3,8	4,0
70	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4
75	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9
80	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3
85	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
90	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,1
Fase 2 (vegetativa)														
40	3,1	3,5	3,9	4,4	4,8	5,3	5,8	6,4	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10,0
45	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6	9,2
50	2,6	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4
55	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
60	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,7
65	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
70	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
75	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
80	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
85	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
90	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7
Fase 3 (frutificação; formação e enchimento de vagem)														
40	4,3	4,9	5,4	6,0	6,7	7,3	8,0	8,7	9,5	10,3	11,1	12,0	12,9	13,8
45	4,0	4,4	5,0	5,5	6,1	6,7	7,4	8,0	8,7	9,4	10,2	11,0	11,8	12,6
50	3,6	4,0	4,5	5,0	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,6	9,3	10,0	10,7	11,5
55	3,2	3,6	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,6	7,1	7,7	8,3	9,0	9,6	10,3
60	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6	9,2
65	2,5	2,8	3,2	3,5	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
70	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	4,4	4,8	5,1	5,6	6,0	6,4	6,9
75	1,8	2,0	2,3	2,5	2,8	3,1	3,3	3,6	4,0	4,3	4,6	5,0	5,4	5,7
80	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6
85	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4
90	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,1	2,3
Fase 4 (pré-colheita)														
40	3,5	4,0	4,4	4,9	5,4	6,0	6,6	7,2	7,8	8,4	9,1	9,8	10,5	11,3
45	3,2	3,6	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,6	7,1	7,7	8,3	9,0	9,6	10,3
50	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8	9,4
55	2,6	3,0	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,4	5,8	6,3	6,8	7,4	7,9	8,5
60	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
65	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
70	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9	5,3	5,6
75	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
80	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
85	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8
90	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a E_{Tc} durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 22. Evapotranspiração da cultura para rabanete (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	2,7	3,1	3,4	3,8	4,2	4,7	5,1	5,6	6,1	6,6	7,1	7,6	8,2	8,8
45	2,5	2,8	3,2	3,5	3,9	4,3	4,7	5,1	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0
50	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,9	4,3	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	6,8	7,3
55	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
60	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
65	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,1
70	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
75	1,1	1,3	1,4	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,7
80	0,9	1,0	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,5	2,7	2,9
85	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,0	2,2
90	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
Fase 2 (vegetativa)														
40	3,1	3,5	3,9	4,4	4,8	5,3	5,8	6,4	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10,0
45	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6	9,2
50	2,6	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4
55	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
60	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,7
65	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
70	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
75	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
80	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
85	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
90	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7
Fase 3 (desenvolvimento de raiz)														
40	3,7	4,2	4,7	5,2	5,7	6,3	6,9	7,6	8,2	8,9	9,6	10,3	11,1	11,9
45	3,4	3,8	4,3	4,8	5,3	5,8	6,3	6,9	7,5	8,2	8,8	9,5	10,2	10,9
50	3,1	3,5	3,9	4,3	4,8	5,3	5,8	6,3	6,8	7,4	8,0	8,6	9,3	9,9
55	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,2	7,8	8,3	8,9
60	2,5	2,8	3,1	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	6,9	7,4	7,9
65	2,2	2,4	2,7	3,0	3,4	3,7	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0	6,5	6,9
70	1,9	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,8	5,2	5,6	6,0
75	1,6	1,7	2,0	2,2	2,4	2,6	2,9	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	5,0
80	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,4	3,7	4,0
85	0,9	1,0	1,2	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	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0
Fase 4 (pré-colheita)														
40	3,3	3,7	4,2	4,7	5,1	5,7	6,2	6,8	7,3	8,0	8,6	9,3	9,9	10,7
45	3,1	3,4	3,8	4,3	4,7	5,2	5,7	6,2	6,7	7,3	7,9	8,5	9,1	9,8
50	2,8	3,1	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,6	6,1	6,6	7,2	7,7	8,3	8,9
55	2,5	2,8	3,1	3,5	3,9	4,2	4,6	5,1	5,5	6,0	6,4	6,9	7,5	8,0
60	2,2	2,5	2,8	3,1	3,4	3,8	4,1	4,5	4,9	5,3	5,7	6,2	6,6	7,1
65	1,9	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,3	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2
70	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,3	4,6	5,0	5,3
75	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,4	2,6	2,8	3,1	3,3	3,6	3,9	4,1	4,4
80	1,1	1,2	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,4	2,7	2,9	3,1	3,3	3,6
85	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,1	2,3	2,5	2,7
90	0,6	0,6	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ET_c durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 23. Evapotranspiração da cultura para tomate industrial (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR _m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	2.0	2.2	2.5	2.7	3.0	3.3	3.6	4.0	4.3	4.7	5.1	5.4	5.8	6.3
45	1.8	2.0	2.3	2.5	2.8	3.1	3.3	3.6	4.0	4.3	4.6	5.0	5.4	5.7
50	1.6	1.8	2.1	2.3	2.5	2.8	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.5	4.9	5.2
55	1.5	1.7	1.8	2.1	2.3	2.5	2.7	3.0	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4	4.7
60	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	2.9	3.1	3.4	3.6	3.9	4.2
65	1.1	1.3	1.4	1.6	1.8	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.2	3.4	3.7
70	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1
75	0.8	0.9	1.0	1.1	1.3	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.1	2.3	2.4	2.6
80	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	1.9	2.1
85	0.5	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
90	0.3	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.8	0.8	0.9	1.0	1.0
Fase 2 (vegetativa)														
40	2.5	2.9	3.2	3.6	3.9	4.3	4.7	5.2	5.6	6.1	6.6	7.1	7.6	8.1
45	2.3	2.6	2.9	3.3	3.6	4.0	4.3	4.7	5.2	5.6	6.0	6.5	7.0	7.5
50	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.3	4.7	5.1	5.5	5.9	6.3	6.8
55	1.9	2.1	2.4	2.7	3.0	3.2	3.6	3.9	4.2	4.6	4.9	5.3	5.7	6.1
60	1.7	1.9	2.1	2.4	2.6	2.9	3.2	3.4	3.7	4.1	4.4	4.7	5.1	5.4
65	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.8	3.0	3.3	3.6	3.8	4.1	4.4	4.8
70	1.3	1.4	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.3	3.5	3.8	4.1
75	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.3	2.5	2.7	2.9	3.2	3.4
80	0.8	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.9	2.0	2.2	2.4	2.5	2.7
85	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9	2.0
90	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4
Fase 3 (frutificação)														
40	3.7	4.2	4.7	5.2	5.7	6.3	6.9	7.6	8.2	8.9	9.6	10.3	11.1	11.9
45	3.4	3.8	4.3	4.8	5.3	5.8	6.3	6.9	7.5	8.2	8.8	9.5	10.2	10.9
50	3.1	3.5	3.9	4.3	4.8	5.3	5.8	6.3	6.8	7.4	8.0	8.6	9.3	9.9
55	2.8	3.1	3.5	3.9	4.3	4.7	5.2	5.7	6.2	6.7	7.2	7.8	8.3	8.9
60	2.5	2.8	3.1	3.5	3.8	4.2	4.6	5.0	5.5	5.9	6.4	6.9	7.4	7.9
65	2.2	2.4	2.7	3.0	3.4	3.7	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0	6.5	6.9
70	1.9	2.1	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.4	4.8	5.2	5.6	6.0
75	1.6	1.7	2.0	2.2	2.4	2.6	2.9	3.1	3.4	3.7	4.0	4.3	4.6	5.0
80	1.2	1.4	1.6	1.7	1.9	2.1	2.3	2.5	2.7	3.0	3.2	3.4	3.7	4.0
85	0.9	1.0	1.2	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	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0
Fase 4 (maturação)														
40	2.4	2.6	3.0	3.3	3.6	4.0	4.4	4.8	5.2	5.6	6.1	6.5	7.0	7.5
45	2.2	2.4	2.7	3.0	3.3	3.7	4.0	4.4	4.8	5.1	5.6	6.0	6.4	6.9
50	2.0	2.2	2.5	2.7	3.0	3.3	3.6	4.0	4.3	4.7	5.1	5.4	5.8	6.3
55	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	4.6	4.9	5.3	5.6
60	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.7	2.9	3.2	3.5	3.7	4.0	4.4	4.7	5.0
65	1.4	1.5	1.7	1.9	2.1	2.3	2.6	2.8	3.0	3.3	3.5	3.8	4.1	4.4
70	1.2	1.3	1.5	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0	3.3	3.5	3.8
75	1.0	1.1	1.2	1.4	1.5	1.7	1.8	2.0	2.2	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1
80	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.5	1.6	1.7	1.9	2.0	2.2	2.3	2.5
85	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	1.9
90	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.7	0.7	0.8	0.9	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ET_c durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

Tabela 24. Evapotranspiração da cultura para tomate de mesa (mm/dia), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar e a fase de desenvolvimento.

UR_m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
Fase 1 (inicial)⁽¹⁾														
40	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
45	2,2	2,4	2,7	3,0	3,3	3,7	4,0	4,4	4,8	5,1	5,6	6,0	6,4	6,9
50	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
55	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9	5,3	5,6
60	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
65	1,4	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8	4,1	4,4
70	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
75	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
80	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
85	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
90	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3
Fase 2 (vegetativa)														
40	3,5	4,0	4,4	4,9	5,4	6,0	6,6	7,2	7,8	8,4	9,1	9,8	10,5	11,3
45	3,2	3,6	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,6	7,1	7,7	8,3	9,0	9,6	10,3
50	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8	9,4
55	2,6	3,0	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,4	5,8	6,3	6,8	7,4	7,9	8,5
60	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
65	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
70	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9	5,3	5,6
75	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
80	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
85	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8
90	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9
Fase 3 (frutificação)														
40	4,5	5,1	5,7	6,3	7,0	7,7	8,4	9,1	9,9	10,8	11,6	12,5	13,5	14,4
45	4,1	4,6	5,2	5,8	6,4	7,0	7,7	8,4	9,1	9,9	10,7	11,5	12,3	13,2
50	3,8	4,2	4,7	5,2	5,8	6,4	7,0	7,6	8,3	9,0	9,7	10,4	11,2	12,0
55	3,4	3,8	4,3	4,7	5,2	5,7	6,3	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10,1	10,8
60	3,0	3,4	3,8	4,2	4,6	5,1	5,6	6,1	6,6	7,2	7,8	8,3	9,0	9,6
65	2,6	3,0	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,3	5,8	6,3	6,8	7,3	7,8	8,4
70	2,3	2,5	2,8	3,1	3,5	3,8	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,3	6,7	7,2
75	1,9	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,5	4,8	5,2	5,6	6,0
80	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,6	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,8
85	1,1	1,3	1,4	1,6	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6
90	0,8	0,8	0,9	1,0	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	1,8	1,9	2,1	2,2	2,4
Fase 4 (maturação)														
40	3,5	4,0	4,4	4,9	5,4	6,0	6,6	7,2	7,8	8,4	9,1	9,8	10,5	11,3
45	3,2	3,6	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,6	7,1	7,7	8,3	9,0	9,6	10,3
50	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8	9,4
55	2,6	3,0	3,3	3,7	4,1	4,5	4,9	5,4	5,8	6,3	6,8	7,4	7,9	8,5
60	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
65	2,1	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,2	4,5	4,9	5,3	5,7	6,1	6,6
70	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,6	4,9	5,3	5,6
75	1,5	1,7	1,8	2,1	2,3	2,5	2,7	3,0	3,2	3,5	3,8	4,1	4,4	4,7
80	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,8
85	0,9	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,6	2,8
90	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,8	1,9

⁽¹⁾ No caso de regas diárias, a ETC durante a fase inicial deverá ser aquela indicada para sementeira na Tabela 37.

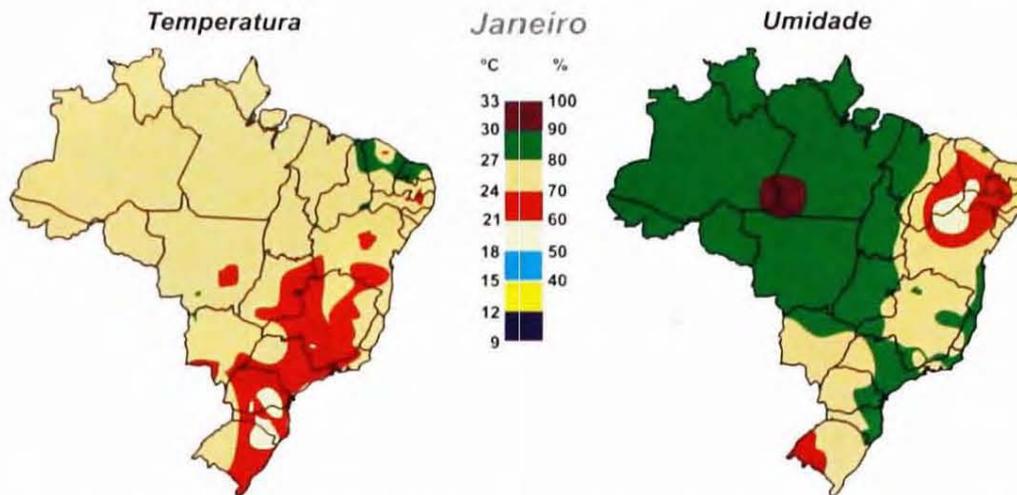


Fig. 11. Mapa climatológico para o mês de janeiro com dados históricos de temperatura e umidade relativa média do ar.
Fonte: INMET (2001).

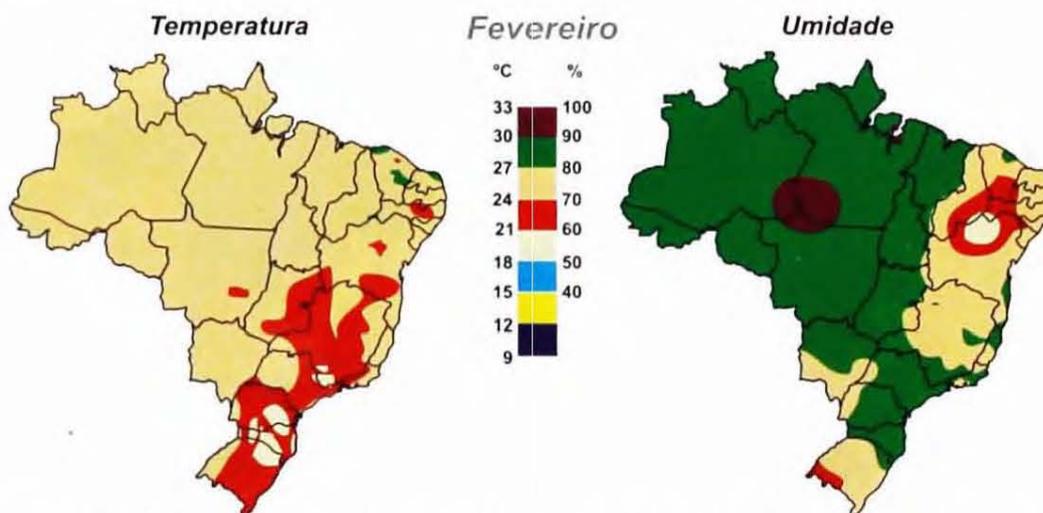


Fig. 12. Mapa climatológico para o mês de fevereiro com dados de temperatura e umidade relativa média do ar.
Fonte: INMET (2001).

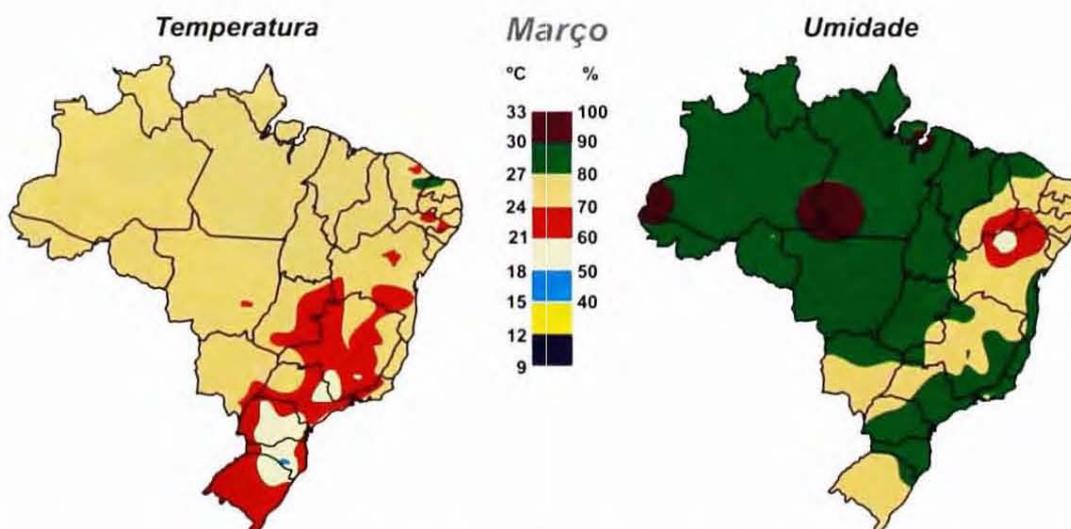


Fig. 13. Mapa climatológico para o mês de março com dados de temperatura e umidade relativa média do ar.
Fonte: INMET (2001).

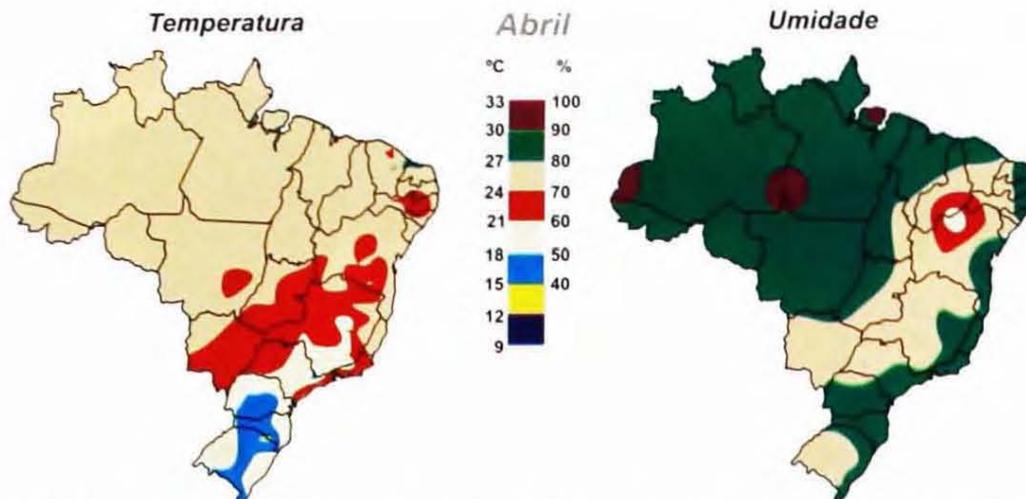


Fig. 14. Mapa climatológico para o mês de abril com dados de temperatura e umidade relativa média do ar.

Fonte: INMET (2001).

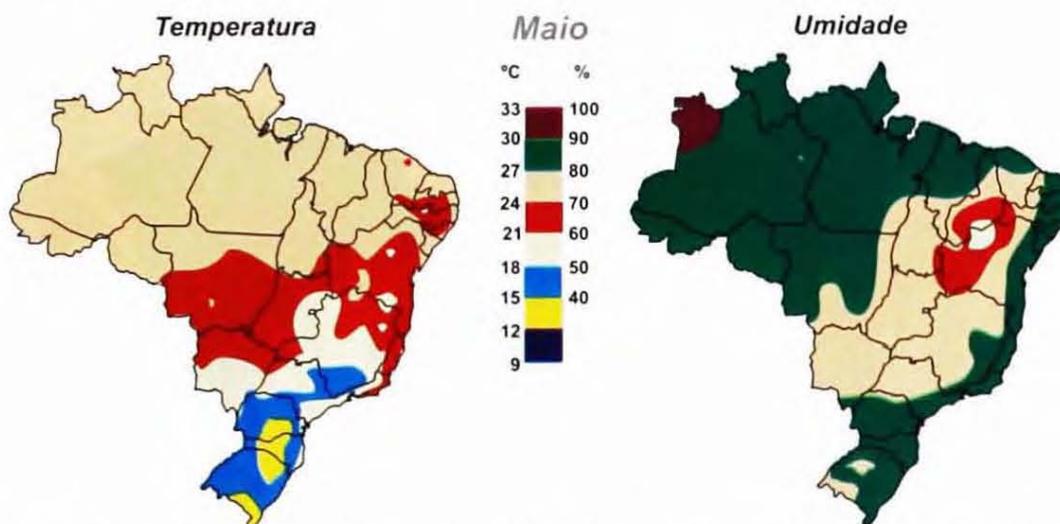


Fig. 15. Mapa climatológico para o mês de maio com dados de temperatura e umidade relativa média do ar.

Fonte: INMET (2001).

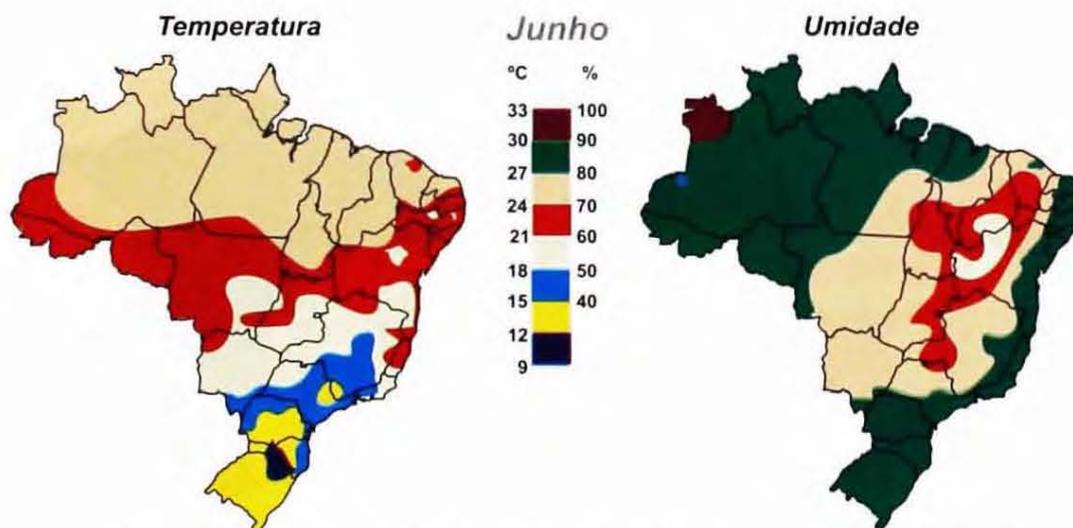


Fig. 16. Mapa climatológico para o mês de junho com dados de temperatura e umidade relativa média do ar.

Fonte: INMET (2001).

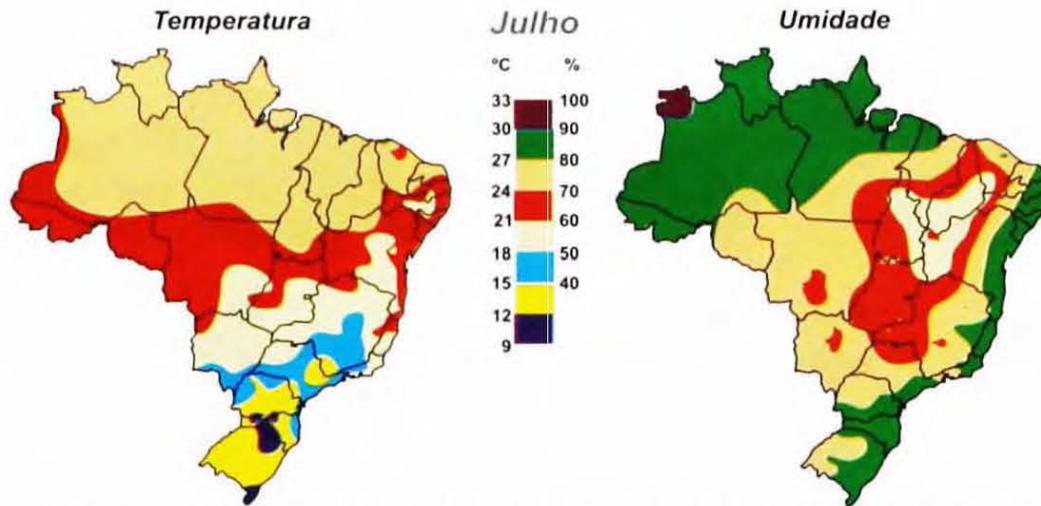


Fig. 17. Mapa climatológico para o mês de julho com dados de temperatura e umidade relativa média do ar.
 Fonte: INMET (2001).

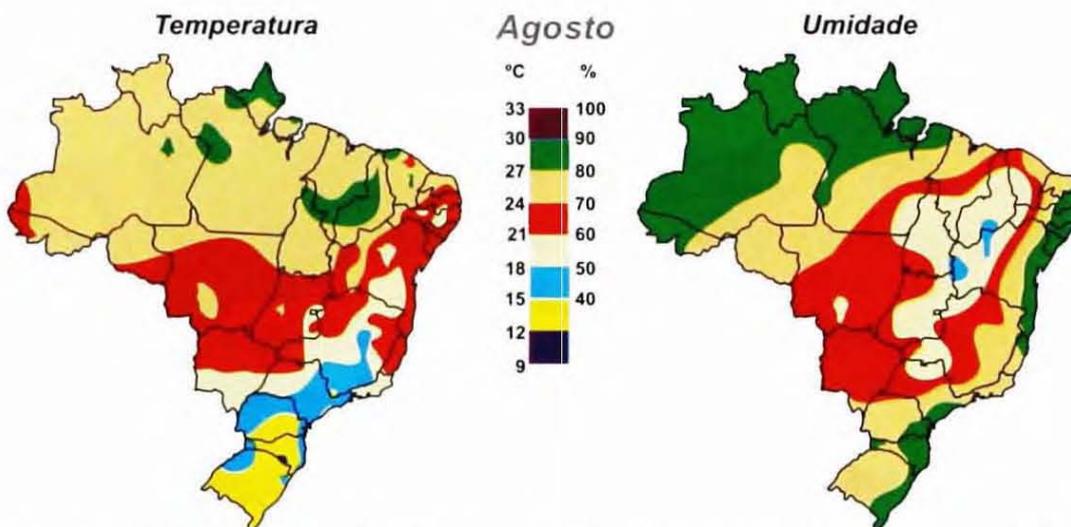


Fig. 18. Mapa climatológico para o mês de agosto com dados de temperatura e umidade relativa média do ar.
 Fonte: INMET (2001).

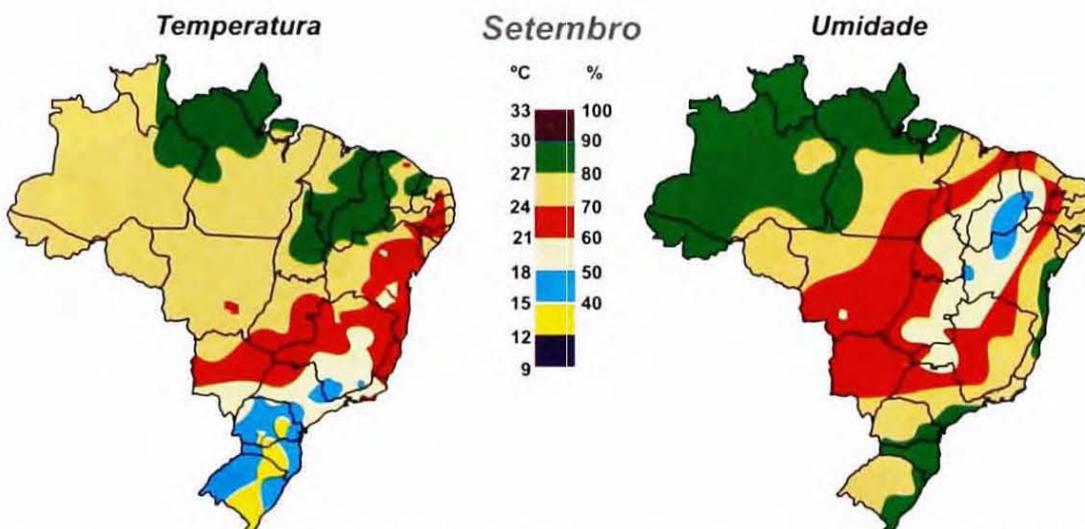


Fig. 19. Mapa climatológico para o mês de setembro com dados de temperatura e umidade relativa média do ar.
 Fonte: INMET (2001).

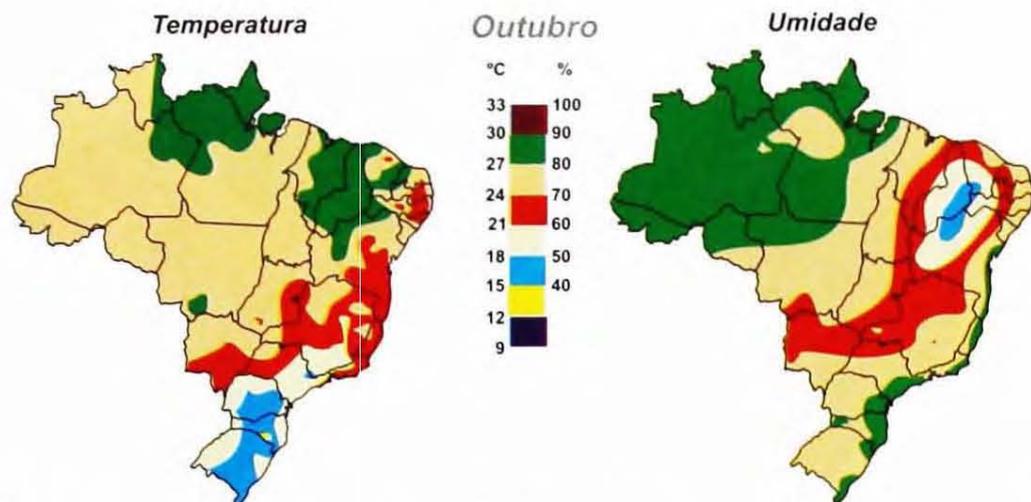


Fig. 20. Mapa climatológico para o mês de outubro com dados de temperatura e umidade relativa média do ar.

Fonte: INMET (2001).

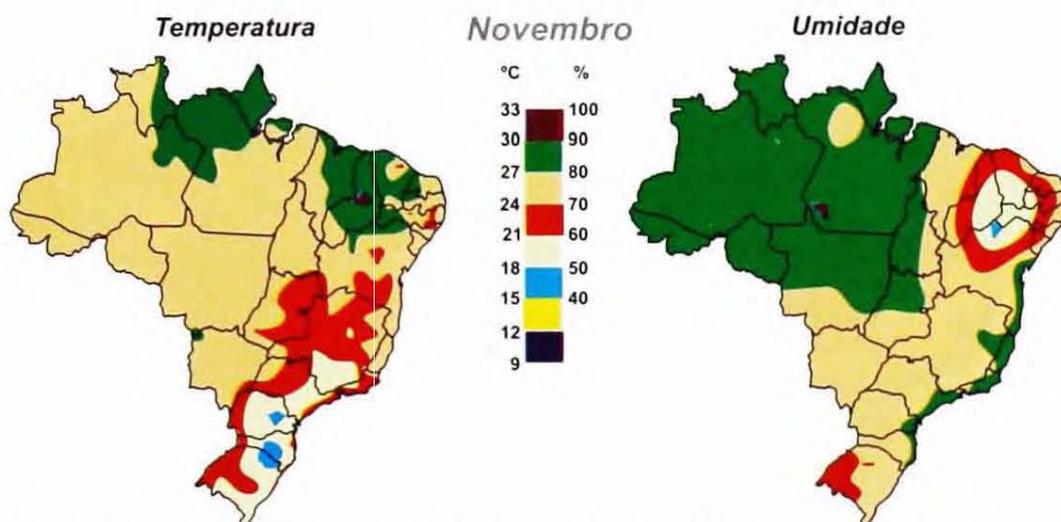


Fig. 21. Mapa climatológico para o mês de novembro com dados de temperatura e umidade relativa média do ar.

Fonte: INMET (2001).

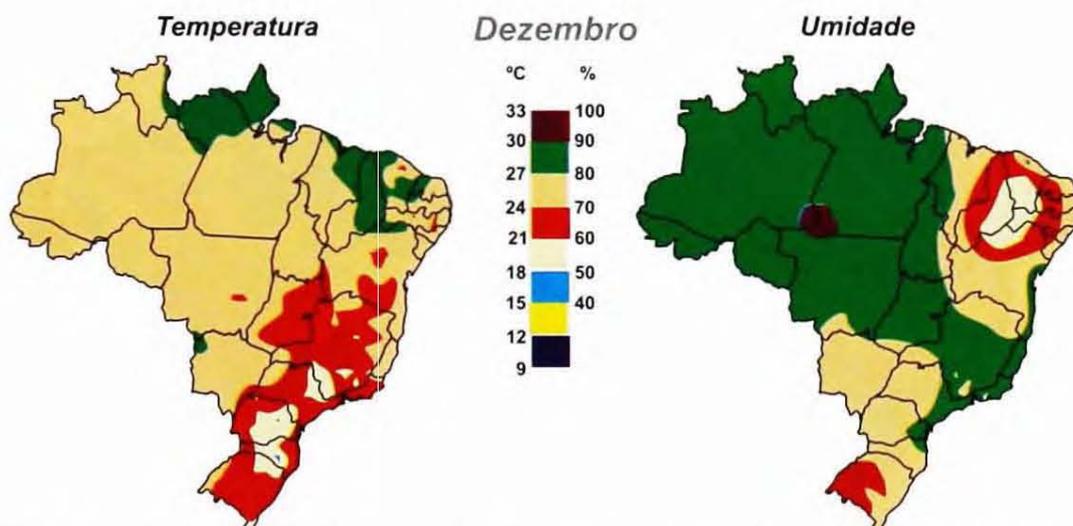


Fig. 22. Mapa climatológico para o mês de dezembro com dados de temperatura e umidade relativa média do ar.

Fonte: INMET (2001).

Tipo de solo

Para fins de manejo, é necessário conhecer a capacidade de armazenamento de água do solo para, conforme a evapotranspiração da cultura, determinar o intervalo entre irrigações, em cada fase de desenvolvimento das plantas.

Para uso do presente método, a caracterização do solo para fins de irrigação é feita de acordo com a sua textura. Muitas vezes, o produtor já dispõe da análise da textura do solo a ser irrigado, considerando que é uma informação freqüentemente requerida por bancos para a liberação de financiamentos agrícolas. Caso não disponha dessa informação e o irrigante não se sinta habilitado para classificar o solo, a análise textural pode ser feita, a preços acessíveis, em praticamente qualquer laboratório de análise de solos. A partir da classe textural, fornecida pela análise, utilizar a Tabela 4 para definir a textura do solo (grossa, média e fina).

Há casos, no entanto, em que a estrutura do solo é tão ou mais importante que a textura. Por exemplo, os solos de cerrado, com altos teores de argila, apresentam, em geral, baixa capacidade de armazenamento de água (média de 1,2 mm/cm), em virtude do elevado grau de agregação das partículas. Assim, os solos de cerrado de textura fina devem ser considerados, para efeito de cálculos da irrigação no método de manejo ora proposto, como de textura média.

83

Exemplo 11: Definir a textura do solo a ser irrigado.

Pela Tabela 4, o solo em questão, que apresenta classe textura franco argilo-arenoso, deve ser considerado de textura média.

Profundidade efetiva do sistema radicular

Na Tabela 25, são apresentados valores de profundidade efetiva de raízes, de acordo com a fase de desenvolvimento, para diversas hortaliças. Todavia, por ser intensamente afetada por diversos fatores, é desejável avaliar a profundidade no próprio local de cultivo, para cada fase de desenvolvimento da cultura.

Tabela 25. Sugestão de profundidade efetiva do sistema radicular (Z) de hortaliças, nas diferentes fases de desenvolvimento.

Hortaliça	Z (cm) ⁽¹⁾		Hortaliça	Z (cm) ⁽¹⁾	
	Fase 2	Fases 3 e 4		Fase 2	Fases 3 e 4
Abóbora-seca	20	45	Espinafre	30	50
Abobrinha	20	40	Feijão-vagem	20	40
Acelga	15	30	Grão-de-bico	30	50
Aipo	20	40	Jiló	20	40
Alcachofra	20	40	Lentilha	25	50
Alface	15	20	Mandioquinha-salsa	20	40
Alho	20	30	Melancia	30	40
Alho-porro	20	30	Melão	20	30
Aspargo	30	50	Milho-doce	30	50
Batata	20	30	Morango	15	25
Batata-doce	30	50	Pepino	20	40
Berinjela	20	40	Pimenta	25	45
Beterraba	30	40	Pimentão	25	45
Brócolos	20	30	Quiabo	30	50
Cebola	20	40	Rabanete	10	15
Cebolinha	15	30	Repolho	20	30
Cenoura	20	40	Rúcula	10	20
Couve-flor	20	30	Soja-verde	30	50
Ervilha	30	50	Tomate	25	45

⁽¹⁾ A profundidade de raízes pode variar grandemente conforme as condições de solos. Valores mais confiáveis devem ser determinados por meio de observações de campo para cada fase da cultura. Fonte: Adaptado de Marouelli et al. (1996).

Exemplo 12: Estabelecer a profundidade efetiva do sistema radicular (Z) nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura de batata.

Pela Tabela 25, a profundidade efetiva de raízes da batata nas diferentes fases se aproxima de:

Fase 2	Fase 3	Fase 4
Z = 20 cm	Z = 30 cm	Z = 30 cm

Turno de rega

Valores de turno de rega (intervalo entre irrigações consecutivas) para diferentes hortaliças, em função da evapotranspiração da cultura, tipo de solo e profundidade de raízes, são apresentados nas Tabelas 26 a 31, conforme indicado abaixo:

Hortaliça	Tabela	Hortaliça	Tabela
Abóbora-seca	27	Espinafre	26
Abobrinha	27	Feijão-vagem	28
Acelga	26	Grão-de-bico	31
Aipo	26	Jiló	28
Alcachofra	29	Lentilha	31
Alface	26	Mandioquinha-salsa	29
Alho	26	Melancia	28
Alho-porro	26	Melão	29
Aspargo	28	Milho-doce	29
Batata	27	Morango	30
Batata-doce	29	Pimenta	28
Berinjela	28	Pimentão	28
Beterraba	28	Pepino	29
Brócolos	27	Quiabo	29
Cebola	27	Rabanete	26
Cebolinha	26	Repolho	29
Cenoura	30	Rúcula	26
Couve-flor	29	Soja-verde	29
Ervilha-seca	31	Tomate de mesa	28
Ervilha-verde	29	Tomate industrial	31

85

Exemplo 13: Determinar o turno de rega (TR) para os diferentes períodos de cultivo da batata.

Pela Tabela 27, para solo de textura média e valores de evapotranspiração da cultura e profundidade de raízes determinados anteriormente, obtêm-se, por interpolação linear (por segurança arredondar sempre para baixo), os seguintes turnos de rega:

Período	Fase	TR (dia)
17/5 a 31/5	2: vegetativa	3
1/6 a 4/6	2: vegetativa	3
5/6 a 30/6	3: tuberização	3
1/7 a 19/7	3: tuberização	3
20/7 a 29/7	4: maturação	4

Tabela 26. Turno de rega (dia) para as culturas de acelga, aipo, alface, alho, alho-porro, cebolinha, espinafre, rabanete e rúcula, conforme a evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade de raízes e textura do solo.

ETc (mm/dia)	Profundidade efetiva de raízes (cm)								
	10			30			50		
	Textura			Textura			Textura		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
1	2	4	6	--	--	--	--	--	--
2	1	2	3	3	6	9	--	--	--
3	1	1	2	2	4	6	4	7	10
4	1	1	2	2	3	5	3	5	8
5	2 x dia	1	1	1	3	4	2	4	6
6	2 x dia	1	1	1	2	3	2	4	5
7	2 x dia	1	1	1	2	3	2	3	4
8	--	--	--	1	2	2	1	3	4
9	--	--	--	1	1	2	1	2	3
10	--	--	--	1	1	2	1	2	3
11	--	--	--	1	1	2	1	2	3
12	--	--	--	1	1	2	1	2	3
13	--	--	--	1	1	1	1	2	2
14	--	--	--	2 x dia	1	1	1	2	2

Obs.: 2 x dia = 2 irrigações por dia.

86

Tabela 27. Turno de rega (dia) para as culturas de abóbora-seca, abobrinha, batata, brócolos e cebola, conforme a evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade de raízes e textura do solo.

ETc (mm/dia)	Profundidade efetiva de raízes (cm)								
	10			30			50		
	Textura			Textura			Textura		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
1	3	5	8	--	--	--	--	--	--
2	1	3	4	4	8	12	--	--	--
3	1	2	3	3	5	8	5	9	13
4	1	1	2	2	4	6	3	7	10
5	1	1	2	2	3	5	3	5	8
6	2 x dia	1	1	1	3	4	2	5	7
7	2 x dia	1	1	1	2	3	2	4	6
8	--	--	--	1	2	3	2	3	5
9	--	--	--	1	2	3	2	3	4
10	--	--	--	1	2	2	1	3	4
11	--	--	--	1	1	2	1	2	4
12	--	--	--	1	1	2	1	2	3
13	--	--	--	1	1	2	1	2	3
14	--	--	--	1	1	2	1	2	3

Obs.: 2 x dia = 2 irrigações por dia.

Tabela 28. Turno de rega (dia) para as culturas de aspargo, berinjela, beterraba, feijão-vagem, jiló, melancia, pimenta, pimentão e tomate de mesa, conforme a evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade de raízes e textura do solo.

ETc (mm/dia)	Profundidade efetiva de raízes (cm)								
	10			30			50		
	Textura			Textura			Textura		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
1	3	7	9	--	--	--	--	--	--
2	2	3	5	5	10	14	--	--	--
3	1	2	3	3	7	9	5	11	15
4	1	2	2	2	5	7	4	8	11
5	1	1	2	2	4	5	3	7	9
6	1	1	2	2	3	5	3	6	8
7	2 x dia	1	1	1	3	4	2	5	6
8	--	--	--	1	2	3	2	4	6
9	--	--	--	1	2	3	2	4	5
10	--	--	--	1	2	3	2	3	5
11	--	--	--	1	2	2	1	3	4
12	--	--	--	1	2	2	1	3	4
13	--	--	--	1	2	2	1	3	3
14	--	--	--	1	1	2	1	2	3

Obs.: 2 x dia = 2 irrigações por dia.

Tabela 29. Turno de rega (dia) para as culturas de alcachofra, batata-doce, couve-flor, ervilha-verde, mandioquinha-salsa, melão, milho-doce, pepino, quiabo, repolho e soja-verde, conforme a evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade de raízes e textura do solo.

ETc (mm/dia)	Profundidade efetiva de raízes (cm)								
	10			30			50		
	Textura			Textura			Textura		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
1	4	7	10	--	--	--	--	--	--
2	2	4	5	5	11	15	--	--	--
3	1	2	3	4	7	10	6	12	17
4	1	2	3	3	5	8	4	9	13
5	1	1	2	2	4	6	4	7	10
6	1	1	2	2	4	5	3	6	8
7	1	1	1	2	3	4	3	5	7
8	--	--	--	1	3	4	2	5	6
9	--	--	--	1	2	3	2	4	6
10	--	--	--	1	2	3	2	4	5
11	--	--	--	1	2	3	2	3	5
12	--	--	--	1	2	3	1	3	4
13	--	--	--	1	2	2	1	3	4
14	--	--	--	1	2	2	1	3	4

Tabela 30. Turno de rega (dia) para as culturas de cenoura e morango, conforme a evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade de raízes e textura do solo.

ETc (mm/dia)	Profundidade efetiva de raízes (cm)								
	10			30			50		
	Textura			Textura			Textura		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
1	3	5	7	--	--	--	--	--	--
2	1	2	4	4	7	11	--	--	--
3	1	2	2	3	5	7	4	8	12
4	1	1	2	2	4	5	3	6	9
5	1	1	1	2	3	4	3	5	7
6	2 x dia	1	1	1	2	4	2	4	6
7	2 x dia	1	1	1	2	3	2	3	5
8	--	--	--	1	2	3	2	3	4
9	--	--	--	1	2	2	1	3	4
10	--	--	--	1	1	2	1	2	4
11	--	--	--	1	1	2	1	2	3
12	--	--	--	1	1	2	1	2	3
13	--	--	--	1	1	2	1	2	3
14	--	--	--	1	1	2	1	2	3

Obs.: 2 x dia = 2 irrigações por dia.

88

Tabela 31. Turno de rega (dia) para as culturas de ervilha-seca, grão-de-bico, lentilha e tomate industrial, conforme a evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade de raízes e textura do solo.

ETc (mm/dia)	Profundidade efetiva de raízes (cm)								
	10			30			50		
	Textura			Textura			Textura		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
1	4	8	12	--	--	--	--	--	--
2	2	4	6	6	13	18	--	--	--
3	1	3	4	4	8	12	7	14	20
4	1	2	3	3	6	9	5	11	15
5	1	2	2	2	5	7	4	8	12
6	1	1	2	2	4	6	3	7	10
7	1	1	2	2	4	5	3	6	9
8	--	--	--	2	3	5	3	5	8
9	--	--	--	1	3	4	2	5	7
10	--	--	--	1	3	4	2	4	6
11	--	--	--	1	2	3	2	4	5
12	--	--	--	1	2	3	2	4	5
13	--	--	--	1	2	3	2	3	5
14	--	--	--	1	2	3	1	3	4

Procedimento para a determinação do turno de rega na fase 1 (inicial) é apresentado no capítulo “Manejo de água na fase inicial da cultura”. Durante essa fase, apenas uma camada superficial do solo é responsável pelo suprimento de água às sementes, plântulas e mudas recém transplantadas. Por essa razão, não se deve determinar o valor de TR na fase 1 utilizando-se das Tabelas 26 a 31.

Os turnos de rega apresentados nas Tabelas 26 a 31 foram computados pela equação 11, conforme Marouelli et al. (1996), considerando os seguintes limites médios de disponibilidade total de água no solo: 0,5 mm/cm para solos de textura grossa; 1,2 mm/cm para textura média e 1,9 mm/cm para textura fina.

$$TR = \frac{DTA}{ETc} \times f \times Z \quad (11)$$

em que:

TR = turno de rega (dia);

DTA = disponibilidade total de água no solo (mm/cm);

f = fração real de água disponível a cultura (decimal);

Z = profundidade efetiva do sistema radicular (cm).

Lâmina de água real necessária

89

A lâmina de água real necessária para suprir as necessidades hídricas das plantas é determinada pela seguinte expressão:

$$LRN = TR \times ETc \quad (12)$$

em que:

LRN = lâmina de água real necessária (mm).

Exemplo 14: Determinar a lâmina de água real necessária nos diferentes períodos de cultivo.

Pela equação 12, obtêm-se:

Período	Fase	TR (dia)	ETc (mm/dia)	LRN (mm)
17/5 a 31/5	2: vegetativa	3	3,4	3 x 3,4 = 10,2
1/6 a 4/6	2: vegetativa	3	3,8	3 x 3,8 = 11,4
5/6 a 30/6	3: tuberização	3	5,9	3 x 5,9 = 17,7
1/7 a 19/7	3: tuberização	3	6,3	3 x 6,3 = 18,9
20/7 a 29/7	4: maturação	4	4,1	4 x 4,1 = 16,4

Eficiência de irrigação

Caso não se disponha do valor de eficiência de irrigação (E_i) para o sistema utilizado, esta pode ser estimada tendo como guia os valores apresentados na Tabela 3. Para sistemas convencionais por aspersão pode-se fazer uma melhor estimativa usando-se os valores da Tabela 32.

Exemplo 15: Estabelecer a eficiência de irrigação para o sistema de irrigação utilizado.

Pela Tabela 32, para intensidade de aplicação do sistema de 14,6 mm/h e vento de 1,5 m/s tem-se:

$E_i = 65\%$ Para LRN < 15 mm

$E_i = 70\%$ Para LRN entre 15 mm–30 mm

Tabela 32. Sugestão de valores de eficiência de irrigação (%) para sistemas por aspersão convencional, conforme a intensidade de aplicação de água pelo sistema, lâmina real de água aplicada e velocidade do vento.

Lâmina de água	Intensidade de aplicação	
	> 15 mm/h	< 15 mm/h
Vento muito fraco (< 0,5 m/s)		
< 15 mm	65	70
15–30 mm	70	75
> 30 mm	75	80
Vento fraco (0,5 a 2,0 m/s)		
< 15 mm	60	65
15–30 mm	65	70
> 30 mm	70	75
Vento moderado (2,0 a 4,0 m/s)		
< 15 mm	55	60
15–30 mm	60	65
> 30 mm	65	70
Vento forte (4,0 a 6,0 m/s)		
< 15 mm	50	55
15–30 mm	55	60
> 30 mm	60	65

Fonte: Adaptado de Antunes (198?)³

³ ANTUNES, A. J. **Irrigação por aspersão**: hidráulica de um conjunto de aspersão. [S.l.]: EMATER/MG, [198?]. p. 227-275.

Lâmina de água total necessária

Como nenhum sistema de irrigação é capaz de irrigar com 100 % de eficiência, é necessário que seja aplicada uma lâmina de água maior que LRN. Assim, a lâmina de água total necessária por irrigação é calculada a partir de LRN levando se em conta a eficiência do sistema de irrigação.

$$LTN = \frac{100 \times LRN}{E_i} \quad (13)$$

em que:

LTN = lâmina de água total necessária (mm);

E_i = eficiência de irrigação (%).

Exemplo 16: Determinar a lâmina de água total a ser aplicada por irrigação nos diferentes períodos de cultivo.

Pela equação 13, tem-se que:

Período	Fase	LRN (mm)	E _i (%)	LTN (mm)
17/5 a 31/5	2: vegetativa	10,2	65	(100 x 10,2)/65 = 15,7
1/6 a 4/6	2: vegetativa	11,4	65	(100 x 11,4)/65 = 17,5
5/6 a 30/6	3: tuberização	17,7	70	(100 x 17,7)/70 = 25,3
1/7 a 19/7	3: tuberização	18,9	70	(100 x 18,9)/70 = 27,0
20/7 a 29/7	4: maturação	16,4	70	(100 x 16,4)/70 = 23,4

91

Havendo problemas de salinidade, comum em regiões áridas e semi-áridas, deve-se aplicar uma fração adicional de água para manter o balanço adequado de sais na zona radicular. Em caso de risco de salinidade, o irrigante deve procurar um técnico especializado para recomendações de medidas preventivas de controle.

Tempo de irrigação

Nos sistemas convencionais, o tempo de irrigação necessário para aplicar a lâmina total depende da intensidade de aplicação de água pelo sistema.

$$T_i = \frac{60 \times \text{LTN}}{I_a} \quad (14)$$

em que:

T_i = tempo de irrigação (min).

Exemplo 17: Calcular o tempo de irrigação nos diferentes períodos de cultivo.

Pela equação 14, para I_a de 14,6 mm/h, o tempo de irrigação para aplicar as lâminas calculadas no exemplo 16 são:

Período	Fase	LTN (mm)	T_i (min)
17/5 a 31/5	2: vegetativa	15,7	$(60 \times 15,7)/14,6 = 65$
1/6 a 4/6	2: vegetativa	17,5	$(60 \times 17,5)/14,6 = 72$
5/6 a 30/6	3: tuberização	25,3	$(60 \times 25,3)/14,6 = 104$
1/7 a 19/7	3: tuberização	27,0	$(60 \times 27,0)/14,6 = 111$
20/7 a 29/7	4: maturação	23,4	$(60 \times 23,4)/14,6 = 96$

92

Para os sistemas tipo pivô central e autopropelido não se determina especificamente o tempo de irrigação, mas sim a velocidade de deslocamento do equipamento necessária para aplicar LTN. No caso do pivô central, a velocidade de deslocamento é ajustada no quadro de comando em um temporizador percentual com escala de 0 % a 100 %. Deve-se, então, escolher a percentagem que permita a aplicação de uma lâmina de água igual ou ligeiramente superior ao valor calculado de LTN. As lâminas aplicadas para cada velocidade do pivô, apesar de fornecidas pelo fabricante do equipamento, devem ser aferidas para as condições locais e atuais de operação do sistema.

Adequação do tempo de irrigação

Variações climáticas bruscas ou a ocorrência de chuvas afetam esquemas pré-definidos de irrigação. Isso ocorre principalmente durante a estação chuvosa; em regiões ou estações secas, tais problemas são mínimos e adequações no tempo de irrigação são, geralmente, desnecessárias. Por exemplo, para períodos em que a temperatura é muito mais alta e/ou a umidade relativa do ar muito mais baixa que a normal histórica, a evapotranspiração atual da cultura pode ser até 50 % maior que a

evapotranspiração histórica. Consequentemente, a lâmina de água a ser aplicada por irrigação, calculada previamente em função dos dados históricos médios, deve ser ajustada.

O ajuste do tempo de irrigação é feito recalculando a evapotranspiração da cultura em função da temperatura e umidade relativa atuais, mantendo-se o valor de turno de rega computado a partir dos dados históricos. Pequenas variações climáticas não devem ser consideradas, devendo-se aplicar a quantidade de água computada usando os dados climáticos históricos. O procedimento é apresentado no exemplo a seguir.

Exemplo 18: Considere que na segunda semana do mês de julho, durante a fase de tuberização, o agricultor percebeu que estava muito mais quente e mais seco do que o normal na região. A temperatura média atingiu 24 °C (valor histórico de 20 °C) e a umidade relativa 50 % (valor histórico 55 %). Recalcular o tempo de irrigação para essa nova condição.

Passo 1: Pela Tabela 11, para a temperatura de 24 °C e umidade relativa de 50 %, obtém-se que a evapotranspiração da cultura, para a condição climática atual, é $ET_c = 8,3$ mm/dia.

Passo 2: Pela equação 12, para $TR = 3$ dias (turno de rega computado com os dados climáticos históricos) e $ET_c = 8,3$ mm/dia, a lâmina de água real necessária é $LRN = 24,9$ mm.

Passo 3: Pela equação 13, para $LRN = 24,9$ mm e $E_i = 70$, a lâmina de água total necessária é $LTN = 35,6$ mm.

Passo 4: Pela equação 14, para $LTN = 35,6$ mm e $I_a = 14,6$ mm/h, o tempo de irrigação, para a nova condição climática, é $T_i = 146$ min ($T_i = 111$ min para condição climática normal).

93

Prorrogação da irrigação em decorrência de chuvas

Caso ocorram chuvas significativas (acima de 5 mm), a próxima irrigação deve ser reprogramada. Sugestões do número de dias para a prorrogação das irrigações (PIR), em função da quantidade da chuva, da evapotranspiração da cultura (ET_c) e do número de dias desde a última irrigação (UIR), são apresentados na Tabela 33.

Tabela 33. Sugestão de número de dias para a prorrogação da irrigação (PIR) devido à ocorrência de chuvas, conforme a evapotranspiração da cultura (ETc) e do número de dias desde a última irrigação (UIR).

UIR (dia)	Chuva ⁽¹⁾							
	Moderada (10–20 mm)				Forte (> 20 mm)			
	ETc (mm)				ETc (mm)			
	< 3	3–5	5–7	>7	< 3	3–5	5–7	>7
1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	1	2	2	2	2
3	3	3	2	1	3	3	3	3
4	4	3	2	1	4	4	4	3
5	4	3	2	1	5	5	5	3
6	4	3	2	1	6	6	5	3
7	4	3	2	1	7	7	5	3
8	4	3	2	1	8	7	5	3
9	4	3	2	1	9	7	5	3
10	4	3	2	1	10	7	5	3
> 10	4	3	2	1	10	7	5	3

⁽¹⁾ Não prorrogar a irrigação (PIR = 0) no caso de chuva fraca (menor que 5 mm).

94

Exemplo 19: Considerar que na última semana do mês de junho, durante a fase de tuberização, ocorreu uma chuva moderada dois dias (UIR = 2 dias) após a cultura ter sido irrigada. Determinar o dia da próxima irrigação.

Conforme calculado nos exemplos 10 e 13, a ETc nesse período é de 5,9 mm/dia e o turno de rega de 3 dias. Pela Tabela 33 para ETc = 5,9 mm/dia e UIR = 2 dias, obtém-se que as irrigações devem ser prorrogadas em PIR = 2 dias. Como faltava 1 dia (TR - UIR) para se irrigar novamente, a próxima irrigação, em razão da chuva ocorrida, deverá ser realizada em 3 dias (PIR + TR - UIR). O tempo de irrigação será o mesmo determinado no exemplo 17, ou seja, $T_i = 111$ min.

Períodos críticos

As hortaliças apresentam determinadas fases de desenvolvimento onde a deficiência de água ocasiona redução de produtividade maior do que em outras. Em geral, o período crítico ocorre na fase em que o produto ou órgão da planta a ser comercializado está se desenvolvendo (Tabela 34). Nessas fases deve-se ter atenção especial, não permitindo que a irrigação seja realizada de forma deficitária ou ineficiente.

Exemplo 20: Verificar a fase de desenvolvimento da cultura da batata crítica à deficiência de água no solo.

Pela Tabela 34 tem-se que o período mais crítico ocorre por ocasião do início de tuberização.

Tabela 34. Períodos críticos à deficiência de água no solo para algumas hortaliças.

Hortaliça	Período crítico
Abóbora-seca	Frutificação
Abobrinha	Desenvolvimento de fruto
Acelga	Expansão da cabeça
Aipo	Todo o ciclo
Alcachofra	Formação da inflorescência
Alface	Expansão da cabeça
Alho	Desenvolvimento de bulbo
Alho-porro	Todo o ciclo
Aspargo	Transplante e formação da coroa
Batata	Início de tuberização
Batata-doce	Durante os primeiros 40 dias
Berinjela	Floração e frutificação
Beterraba	Durante os primeiros 60 dias
Brócolos	Formação da inflorescência
Cebola	Bulbificação e desenvolvimento de bulbo
Cenoura	Durante os primeiros 40 dias
Couve	Todo o ciclo
Couve-flor	Formação da inflorescência
Ervilha	Floração e enchimento de vagem
Espinafre	Todo o ciclo
Feijão-vagem	Floração e enchimento de vagem
Grão-de-bico	Floração e enchimento de vagem
Jiló	Floração e frutificação
Lentilha	Floração e enchimento de vagem
Mandioquinha-salsa	Pegamento de muda
Melancia	Desenvolvimento de fruto
Melão	Floração e desenvolvimento de fruto
Milho-doce	Polinização e formação de espiga
Morango	Desenvolvimento de fruto até a maturação
Nabo	Expansão de raiz
Pepino	Floração e frutificação
Pimenta	Formação e desenvolvimento de fruto
Pimentão	Formação e desenvolvimento de fruto
Quiabo	Floração
Rabanete	Todo o ciclo
Rúcula	Todo o ciclo
Repolho	Desenvolvimento de cabeça
Soja-verde	Floração
Tomate	Floração e desenvolvimento de fruto

Manejo de água na fase inicial da cultura

O turno de rega do plantio até a emergência de plantas ou do transplante até o pegamento de mudas (fase inicial) não deve ser determinado utilizando-se o procedimento indicado no capítulo anterior para as demais fases da cultura. Na fase inicial, observações visuais sobre a umidade na camada superficial do solo são fundamentais para o estabelecimento do regime de irrigação. Em geral, as irrigações devem ser freqüentes e de pequena intensidade, procurando manter úmida a camada superficial do solo (0 cm–10 cm).

97

Hortaliças que são transplantadas em vez de semeadas diretamente no campo geralmente requerem irrigações freqüentes até o estabelecimento das mudas. Irrigações de estabelecimento são requeridas para manter o solo com alta disponibilidade de água até o sistema radicular e as mudas começarem a desenvolver, e/ou para manter as folhas úmidas, a fim de evitar a dessecação da muda.

Primeira irrigação

O plantio e o transplante de mudas devem ser realizados em solo previamente umedecido, seguido imediatamente de uma irrigação. Todavia, as hortaliças de sementes grandes e/ou de alto vigor, como ervilha, milho-doce e feijão-vagem, podem ser semeadas sem restrições em solos secos, irrigando-se posteriormente.

A primeira irrigação deve ser suficiente para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, numa profundidade entre 20 cm e 30 cm.

A lâmina real de água a ser aplicada, que depende da textura e da umidade inicial do solo, varia de 5 mm, para solos de textura grossa, a 50 mm, para os de textura fina. As lâminas a serem aplicadas na primeira irrigação podem ser estimadas pela Tabela 35.

Exemplo 21: Considere o plantio de batata-semente em solo seco de textura média. Determinar o tempo de irrigação.

Passo 1: Pela Tabela 35, para solo seco de textura média, a lâmina real de água necessária é estimada em $LRN = 30,0$ mm.

Passo 2: Pela equação 13, para $LRN = 30,0$ mm e $E_i = 70$ (Tabela 32), a lâmina de água total necessária é de $LTN = 42,9$ mm.

Passo 3: Pela equação 14, para $LTN = 42,9$ mm e $I_a = 14,6$ mm/h, o tempo de irrigação é de $T_i = 176$ min.

Tabela 35. Lâmina real de água a ser aplicada na primeira irrigação, por ocasião do plantio ou transplante de mudas, conforme a textura e umidade do solo.

98

Umidade do solo	Textura do solo ⁽¹⁾		
	Grossa	Média	Fina
Alta (úmido)	5	10	15
Média	10	20	25
Baixa (seco)	15	30	50

⁽¹⁾ Para enquadramento do tipo de solo ver classes texturais na Tabela 4.

Irrigações subseqüentes

Sugestões de turno de rega para as demais irrigações até a emergência de plantas ou pegamento de mudas, em função da textura do solo e da evapotranspiração de referência, são apresentadas na Tabela 36. A evapotranspiração de referência (ET_o) é computada na Tabela 37 em função da temperatura e umidade relativa média do ar.

Definido o turno de rega, a lâmina de água a ser aplicada por irrigação até a emergência de plantas ou pegamento de mudas é estimada pela equação 12. No caso de semeadura e plantio de bulbos, tubérculos ou ramas diretamente no campo, utilizar o valor de ET_c na fase 1 (inicial) para a hortaliça de interesse (Tabelas 6 a 24). No caso de transplante, utilizar os valores de ET_c fornecidos na Tabela 37. Os passos, para as determinações de turno de rega e tempo de irrigação, são apresentados no exemplo a seguir.

Exemplo 22: O plantio da batata-semente é realizado no mês de maio com temperatura média do ar de 22 °C e umidade relativa de 66 % (Exemplo 10). Determinar o turno de rega e o tempo de irrigação.

Passo 1: Pela Tabela 37, para $T_m = 22$ °C e $UR_m = 66$ %, a evapotranspiração de referência é de $ET_o = 4,5$ mm/dia.

Passo 2: O turno de rega, determinado pela Tabela 36, para $ET_o = 4,5$ mm/dia e solo de textura média, é de $TR = 4$ dias.

Passo 3: Pela Tabela 11, para $T_m = 22$ °C e $UR_m = 66$ %, a evapotranspiração da cultura na fase 1 é de $ET_c = 2,0$ mm/dia.

Passo 4: A lâmina de água real necessária por irrigação, dada pela equação 12, para $TR = 4$ dias e $ET_c = 2,0$ mm/dia, é de $LRN = 8,0$ mm.

Passo 5: Pela equação 13, para $LRN = 8,0$ mm e $E_i = 65$ (Tabela 32), a lâmina de água total necessária é de $LTN = 12,1$ mm.

Passo 6: Pela equação 14, para $LTN = 12,3$ mm e $I_a = 14,6$ mm/h, o tempo de irrigação é de $T_i = 51$ min.

99

Tabela 36. Sugestão de turno de rega (dia) na fase inicial de diferentes hortaliças, conforme a textura do solo e evapotranspiração de referência (ET_o).

Hortaliça	ET _o < 5 mm/dia			ET _o > 5 mm/dia		
	Textura do solo			Textura do solo		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
Formação de mudas em sementeira						
Todas as hortaliças	2 x dia	1	1	3 x dia	2 x dia	1
Plantio direto de sementes, bulbos, tubérculos ou ramos						
Abóbora	3	5	7	2	4	5
Abobrinha	3	5	7	2	4	5
Alho	1	2	4	1	2	3
Alho-porro	1	2	4	1	2	3
Aspargo	1	2	4	1	2	3
Batata	2	4	6	2	3	4
Batata-doce	1	2	4	1	2	3
Beterraba	1	1	2	2 x dia	1	1
Berinjela	1	1	2	2 x dia	1	2

Continua...

Tabela 36. Continuação.

Hortaliça	ETo < 5 mm/dia			ETo > 5 mm/dia		
	Textura do solo			Textura do solo		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
Plantio direto de sementes, bulbos, tubérculos ou ramas						
Cebola	1	1	2	2 x dia	1	1
Cebolinha	1	1	2	2 x dia	1	1
Cenoura	1	1	2	2 x dia	1	1
Ervilha	2	3	5	1	2	4
Espinafre	1	2	4	1	2	3
Feijão-vagem	2	3	5	1	2	4
Grão-de-bico	2	3	5	1	2	4
Jiló	1	1	2	2 x dia	1	2
Lentilha	2	3	5	1	2	4
Melancia	2	3	5	1	2	4
Melão	2	3	5	1	2	4
Milho-doce	3	4	6	2	4	5
Pepino	2	3	4	1	2	4
Quiabo	2	3	5	1	2	4
Rabanete	1	1	2	2 x dia	1	1
Rúcula	1	1	2	2 x dia	1	1
Soja-verde	2	3	5	1	2	4
Tomate	1	2	4	1	2	3
Transplântio de mudas						
Abóbora	1	2	3	2 x dia	1	2
Acelga	2 x dia	1	2	3 x dia	2 x dia	1
Aipo	1	2	3	2 x dia	1	2
Alcachofra	1	2	3	2 x dia	1	2
Alface	2 x dia	1	2	3 x dia	2 x dia	1
Alho-porro	1	2	3	2 x dia	1	2
Berinjela	1	2	3	2 x dia	1	2
Beterraba	2 x dia	1	2	2 x dia	2 x dia	1
Brócolos	1	2	3	2 x dia	1	2
Cebola	1	2	3	2 x dia	1	2
Cebolinha	1	2	3	2 x dia	1	2
Couve-flor	1	2	3	2 x dia	1	2
Jiló	1	2	3	2 x dia	1	2
Mandioquinha-salsa	2 x dia	1	2	2 x dia	2 x dia	1
Morango	1	2	3	2 x dia	1	2
Pepino	2 x dia	1	2	2 x dia	2 x dia	1
Pimenta	1	2	3	2 x dia	1	2
Pimentão	1	2	3	2 x dia	1	2
Repolho	1	2	3	2 x dia	1	2
Tomate	2 x dia	2	3	2 x dia	1	2

Tabela 37. Evapotranspiração da cultura (ET_c) para sementeira e fase de pegamento de mudas de hortaliças (mm/dia) e evapotranspiração de referência (ET_o), conforme a umidade relativa (UR_m) e temperatura (T_m) média do ar.

UR _m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
ET_c para sementeira ou ET_o														
40	3,9	4,4	4,9	5,5	6,1	6,7	7,3	8,0	8,6	9,4	10,1	10,9	11,7	12,5
45	3,6	4,0	4,5	5,0	5,5	6,1	6,7	7,3	7,9	8,6	9,3	10,0	10,7	11,5
50	3,3	3,7	4,1	4,6	5,0	5,5	6,1	6,6	7,2	7,8	8,4	9,1	9,7	10,4
55	2,9	3,3	3,7	4,1	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,6	8,2	8,8	9,4
60	2,6	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4
65	2,3	2,6	2,9	3,2	3,5	3,9	4,3	4,6	5,0	5,5	5,9	6,4	6,8	7,3
70	2,0	2,2	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	4,0	4,3	4,7	5,1	5,4	5,8	6,3
75	1,6	1,8	2,1	2,3	2,5	2,8	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2	4,5	4,9	5,2
80	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
85	1,0	1,1	1,2	1,4	1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1
90	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6	1,7	1,8	1,9	2,1
ET_c para fase de pegamento de mudas														
40	3,1	3,5	3,9	4,4	4,8	5,3	5,8	6,4	6,9	7,5	8,1	8,7	9,4	10,0
45	2,9	3,2	3,6	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,3	6,9	7,4	8,0	8,6	9,2
50	2,6	2,9	3,3	3,7	4,0	4,4	4,9	5,3	5,8	6,2	6,7	7,3	7,8	8,4
55	2,4	2,6	3,0	3,3	3,6	4,0	4,4	4,8	5,2	5,6	6,1	6,5	7,0	7,5
60	2,1	2,4	2,6	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,6	5,0	5,4	5,8	6,2	6,7
65	1,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,4	3,7	4,0	4,4	4,7	5,1	5,5	5,8
70	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,2	3,5	3,7	4,0	4,4	4,7	5,0
75	1,3	1,5	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,9	4,2
80	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,8	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3
85	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7	1,9	2,0	2,2	2,3	2,5
90	0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,6	1,7

Sementeira

Antes da sementeira, o canteiro deve ser irrigado o suficiente para elevar a umidade do solo até a capacidade de campo, numa profundidade entre 20 cm e 30 cm. A lâmina de água a ser aplicada pode ser estimada pela Tabela 35. Para minimizar o impacto de gotas de chuva e/ou provocadas pela irrigação por aspersão e para manter a umidade na camada superficial do solo, sugere-se recobrir as sementeiras com uma fina camada de palha.

As demais irrigações devem ser leves e freqüentes, procurando manter o solo próximo à capacidade de campo, uma vez que as mudas em formação são sensíveis à deficiência de água. Da sementeira até cerca de uma semana após a emergência, irrigar, em geral, duas vezes por dia, uma pela manhã e outra pela tarde; sob condições de clima ameno e solo com alta capacidade de retenção de água, uma irrigação por dia pode ser suficiente. Com o crescimento das mudas, irrigar a cada 1 ou 2 dias, sempre no período da tarde, evitando-se excesso ou falta de água (Tabela 36). A lâmina de água real necessária por irrigação é

computada pela equação 12, a evapotranspiração da cultura para sementeira é apresentada na Tabela 37 e o tempo de irrigação calculado pela equação 14, seguindo os passos apresentados no exemplo a seguir.

Exemplo 23: Considere uma sementeira de alface em solo de textura média, temperatura média do ar de 20 °C e umidade de 70 %. Calcular o turno de rega e tempo de irrigação.

Passo 1: Pela Tabela 37, para $T_m = 20$ °C e $UR_m = 70$ %, obtêm-se $ET_o = ET_c = 3,6$ mm/dia.

Passo 2: Pela Tabela 36, para $ET_o = 3,6$ mm/dia e solo de textura média, obtêm-se $TR = 1$ dia.

Passo 3: Pela equação 12, para $TR = 1$ dia e $ET_c = 3,6$ mm/dia, obtêm-se $LRN = 3,6$ mm.

Passo 4: Pela equação 13, para $LRN = 3,6$ mm e $E_i = 65$ % (Tabela 32), obtêm-se $LTN = 5,5$ mm.

Passo 5: Pela equação 14, para $LTN = 5,5$ mm e $I_a = 14,6$ mm/h, obtêm-se $T_i = 23$ min.

102

Para aclimatação e rustificação das mudas, visando maior resistência às etapas de transporte e transplante no campo, pode ser recomendado para algumas hortaliças suspender as irrigações entre 2 e 4 dias antes do transplante. É recomendado que se reduza gradativamente a quantidade de água fornecida às mudas antes de se suspender as irrigações. As mudas devem ser retiradas, preferencialmente, com o torrão para se evitar danos às raízes e possibilitar melhor pegamento das mesmas. Para tal, o canteiro deve ser irrigado na véspera para facilitar o arranquio das mudas.

Mais recentemente, a produção de mudas de hortaliças tem sido realizada principalmente em bandejas em condições de ambiente protegido. As bandejas, geralmente de isopor com 128 células ou mais, devem ser preenchidas com substrato comercial ou com misturas preparadas na propriedade, nunca com solo puro. As regas devem ser realizadas, de preferência, nas horas de temperaturas mais amenas. Em geral, são requeridas de uma a quatro irrigações diárias. A quantidade de água por irrigação deve ser aquela suficiente para dar início ao escoamento na parte inferior da bandeja. Devido ao pequeno volume de substrato disponível para cada muda, o controle de irrigação é muito mais delicado que no sistema de produção de mudas em sementeira.

Paralisação das irrigações

Embora as hortaliças sejam, na sua maioria, susceptíveis à deficiência de água, irrigações até por ocasião da colheita não necessariamente garantem incremento de produtividade e qualidade, podendo, em alguns casos, ser prejudiciais. Por exemplo, a realização de irrigações até por ocasião da colheita prejudica a coloração de grãos de ervilha, lentilha e grão-de-bico, reduz a conservação de batata, cebola e alho, e reduz o teor de sólidos solúveis e a concentração na maturação de tomate industrial. Para algumas hortaliças, como a ervilha e o tomate industrial, irrigações próximas à colheita podem, inclusive, reduzir a produtividade por favorecer maior incidência de doenças, principalmente se realizadas por aspersão.

103

Paralisar as irrigações em época adequada implica, portanto, na obtenção de produtos de melhor qualidade, em uniformização de maturação, em menor incidência de doenças e em menor uso de energia, água e mão-de-obra, sem, contudo, prejudicar a produção. Todavia, se a data da última irrigação for antecipada muito além do recomendado, tanto a produtividade quanto a qualidade podem ser seriamente prejudicadas.

O estabelecimento da época correta de se paralisar as irrigações é função de vários fatores, como tipo de hortaliça, tipo de solo e condições climáticas. Para uma mesma hortaliça, as irrigações podem ser paralisadas tanto mais cedo quanto maior a capacidade de armazenamento de água pelo solo e/ou menor a demanda evaporativa da atmosfera (temperatura baixa, umidade relativa alta e/ou pouco vento). De uma maneira geral, as hortaliças folhosas devem ser irrigadas até por ocasião da colheita, enquanto que as irrigações em hortaliças do tipo grãos, como ervilha e lentilha, podem ser paralisadas de 10 a 30 dias antes da colheita. No caso de hortaliças do tipo fruto, raiz, tubérculo, caule (aipo, aspargo, etc.) e bulbo, a época correta vai

dependem de cada hortaliça específica. Sugestões de número de dias para se paralisar as irrigações antes da colheita (última) para diferentes hortaliças, em função da textura do solo e da evapotranspiração de referência, são apresentadas na Tabela 38.

Exemplo 24: Considere que a colheita da batata é realizada na última semana de julho, com temperatura média do ar de 20 °C e umidade relativa de 55 % (Exemplo 10). Determinar quando as irrigações devem ser paralisadas.

Passo 1: A evapotranspiração de referência, determinada na Tabela 37, para $T_m = 20$ °C e $UR_m = 55$ %, é de $ET_o = 5,5$ mm/dia.

Passo 2: Pela Tabela 38, para solo de textura média e $ET_o = 5,5$ mm/dia, as irrigações devem ser paralisadas 5 dias antes da colheita ou da aplicação de desfolhante às plantas. Caso haja risco de ataque de traça-comum aos tubérculos, deve-se irrigar até mais próximo à colheita como estratégia de controle da traça-comum.

Tabela 38. Sugestão de número de dias para se paralisar as irrigações antes da colheita (última) para diferentes hortaliças, conforme a textura do solo e evapotranspiração de referência (ET_o).

Hortaliça ⁽¹⁾	ET _o < 5 mm/dia			ET _o > 5 mm/dia		
	Textura do solo			Textura do solo		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
Abóbora-seca	5	8	12	4	6	9
Abobrinha	3	4	7	2	3	4
Acelga	1	2	4	0	1	2
Aipo	2	4	6	1	2	4
Alcachofra	3	4	7	2	3	4
Alface	1	2	4	0	1	2
Alho	7	10	15	6	8	12
Alho-porro	1	2	4	0	1	2
Aspargo	3	4	7	2	3	4
Batata	5	7	10	3	5	7
Batata-doce	6	12	17	4	8	11
Berinjela	3	7	10	2	5	7
Beterraba	3	7	11	2	4	7
Brócolos	2	5	8	2	3	5
Cebola	7	10	14	6	8	10
Cebolinha	1	2	4	0	1	2
Cenoura	2	4	6	1	2	4

Tabela 38. Continuação.

Hortaliça ⁽¹⁾	ETo < 5 mm/dia			ETo > 5 mm/dia		
	Textura do solo			Textura do solo		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
Couve-flor	3	5	8	2	4	6
Ervilha-seca	12	25	35	10	20	30
Ervilha-verde	4	8	12	3	6	8
Espinafre	2	4	6	1	2	4
Feijão-vagem	3	6	9	3	5	7
Grão-de-bico	12	25	35	10	20	30
Jiló	3	7	10	2	5	7
Lentilha	12	25	35	10	20	30
Mandioquinha-salsa	5	8	12	3	5	8
Melancia	5	10	15	4	7	10
Melão	5	10	15	4	7	10
Milho-doce	4	9	13	3	6	8
Morango	3	6	9	2	4	6
Pepino	5	10	15	3	7	10
Pimenta	3	7	10	2	5	7
Pimentão	3	7	10	2	5	7
Quiabo	3	7	10	2	5	7
Rabanete	1	2	4	0	1	2
Repolho	3	5	8	2	4	6
Rúcula	0	1	2	0	0	1
Soja-verde	4	8	12	3	6	8
Tomate de mesa	3	7	10	2	5	7
Tomate industrial	10	20	30	6	12	18

⁽¹⁾ Sugestões de paralisação das irrigações são para cultivares de ciclo normal/tardio.

Considerações sobre o manejo de irrigação em tempo real

107

Para a produção de hortaliças em grande escala é aconselhável adotar um método para manejo de irrigação com melhor precisão do que o apresentado anteriormente. Nesse caso, deve-se optar por métodos baseados na avaliação, em tempo real, da água do solo, especialmente da tensão com que a água é retida pela matriz do solo, e/ou da evapotranspiração da cultura (balanço de água no solo). Maiores informações sobre a utilização de tais métodos são apresentadas, em detalhe, no livro *Manejo da Irrigação em Hortaliças*, publicado pela Embrapa (MAROUELLI et al., 1996).

Além da necessidade de se conhecer a capacidade de armazenamento de água pelo solo, a utilização de tais métodos requer informações sobre parâmetros relacionados às necessidades hídricas das hortaliças que possibilitem determinar, de forma precisa, o momento de se irrigar e a lâmina diária de água utilizada pelas plantas.

Na Tabela 39 são apresentadas faixas de tensão-limite de água no solo que devem ser consideradas como critério para indicação do momento adequado para se irrigar as principais hortaliças cultivadas. A tensão de água no solo deve ser avaliada a uma distância entre 10 cm e 20 cm da planta e na camada do solo correspondente a 50 % da profundidade efetiva das raízes. Os menores valores de tensão apresentados na Tabela 39 devem ser utilizados durante as fases mais críticas da cultura ao déficit de água no solo, para solos mais arenosos e/ou condições de alta evapotranspiração.

Tabela 39. Tensão-limite de água no solo em que se deve promover a irrigação para obter produtividade máxima para algumas hortaliças.

Hortaliça	Tensão-limite ⁽¹⁾ (kPa)	Adaptado
Abóbora-seca	25–50	Stansell e Smittle (1985)
Abobrinha	25–70	Sanders (1997)
Aipo	20–30	Haise e Hagan (1967)
Alface	20–50	Sammis (1980)
Alface (semente)	60–100	Izzeldin et al. (1980)
Alho	15–30	Marouelli et al. (2002a,b)
Alho-porro	25–40	Sanders (1997)
Aspargo	40–60	Wilcox-Lee (1987)
Batata	20–40	Marouelli et al. (1988)
Batata-doce	25–100	Smittle et al. (1990)
Berinjela	30–60	Sanders (1997)
Beterraba	40–60	Doorenbos e Pruitt (1977)
Brócolos	25–50	Pew (1958); Sanders (1997)
Cebola	15–45	Carrijo et al. (1990); Sanders (1997)
Cebola (semente)	100–200	Haise e Hagan (1967)
Cenoura	20–30	Silva et al. (1982)
Cenoura (semente)	75–200	Marouelli et al. (1990)
Couve	35–60	Sanders (1997)
Couve-flor	35–60	Pew (1958); Sanders (1997)
Ervilha-seca	100–200	Marouelli et al. (1991)
Ervilha-verde	70–100	Sanders (1997)
Espinafre	20–40	Sanders (1997)
Feijão-vagem	25–70	Singh (1989)
Lentilha	200–400	Saraf e Baitha (1985)
Mandioquinha-salsa	25–70	Silva et al. (2000)
Melancia	25–50	Hedge (1987)
Melão	30–60	Sanders (1997)
Milho-doce	45–100	Taylor (1965); Sanders (1997)
Morango	20–30	Haise e Hagan (1967)
Mostarda	20–30	Sanders (1997)
Nabo	25–45	Sanders (1997)
Pepino	40–80	Sanders (1997)
Pimenta	30–60	Sanders (1997)
Pimentão	20–50	Batal e Smittle (1981)
Quiabo	50–80	Sanders (1997)
Rabanete	20–30	Sanders (1997)
Repolho	35–70	Pew (1958); Sanders (1997)
Soja-verde	50–80	Sanders (1997)
Tomate de mesa	30–100	Silva e Simão (1973)
Tomate industrial	30–400	Marouelli e Silva (2005)

⁽¹⁾ Valores à esquerda devem ser utilizados durante os períodos críticos da cultura em relação ao déficit hídrico, condições de alta demanda evaporativa da atmosfera ($E_{To} > 6$ mm/dia) e/ou solos arenosos.
Obs.: 1 kPa tem a mesma grandeza que 1 cbar.

O monitoramento da tensão de água no solo em tempo real pode ser realizado por meio de diferentes sensores disponíveis no mercado. Para tensões até 70 kPa, o tensiômetro é o sensor mais utilizado em todo o mundo. Também podem ser utilizados sensores baseados nos princípios da resistência elétrica, capacitância e reflectometria no domínio do tempo (TDR). Recentemente foi desenvolvido pela Embrapa Hortaliças um sensor de tensão denominado Irrigas®, que apresenta custo reduzido, baixa manutenção e é de fácil utilização. O sensor não fornece leituras contínuas de tensão, mas indica se a tensão está abaixo ou acima do valor de referência do sensor utilizado. Atualmente, o sensor Irrigas® está disponível para as tensões de referência de 15 kPa, 25 kPa e 40 kPa.

Devido às dificuldades existentes para a obtenção da evapotranspiração da cultura (ET_c) em condições de campo, métodos indiretos são utilizados para a estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o). Utilizando-se coeficientes de cultura (K_c), específicos para cada espécie cultivada de interesse, pode-se então determinar, em tempo real, a ET_c para as diferentes fases de desenvolvimento da mesma. Na Tabela 40, são apresentados valores de coeficientes de cultura (K_c) para as diferentes fases de desenvolvimento das principais hortaliças.

Para a utilização da Tabela 40, as fases de desenvolvimento da cultura são subdivididas em quatro e caracterizadas da seguinte forma: fase 1 – da emergência até 10 % do desenvolvimento vegetativo; fase 2 – desde o final da fase 1 até 70 % a 80 % do desenvolvimento vegetativo (início de florescimento); fase 3 – desde o final da fase 2 até o início da maturação ou pré-colheita; e fase 4 – desde o final da fase 3 até a colheita.

Os valores de K_c , apresentados na Tabela 40, para a fase 1 (inicial) são para condições em que as irrigações são realizadas com turno de rega de pelo menos três dias. Para condições em que as irrigações necessitem ser realizadas em regime de alta frequência, a superfície do solo permanece úmida por longo período de tempo, aumentando as perdas de água por evaporação. Para tais condições, devem-se empregar, durante a fase inicial, valores de K_c maiores que aqueles apresentados na Tabela 40, ou seja, entre 1,00 e 1,10 para irrigações diárias, e entre 0,80 e 0,90 para turno de rega de dois dias, sendo o menor valor para condições de ET_o próximas a 8 mm/dia e o maior valor para ET_o de 4 mm/dia.

Para o manejo de irrigação em tempo real, faz-se necessário utilizar um método que possibilite determinar a ET_o diariamente. O método considerado padrão em todo o mundo é o FAO Penman-Monteith, que utiliza dados climáticos diários e atuais obtidos em estação agroclimatológica instalada nas imediações da área irrigada. Um método mais

Tabela 40. Coeficiente de cultura (Kc) em diferentes fases de desenvolvimento de diferentes hortaliças, conforme a umidade relativa do ar e a velocidade do vento.

Hortaliça	Fase de desenvolvimento			
	1 ^a (1)	2 ^a	3 ^a	4 ^a
Abóbora-seca	0,45-0,50	0,65-0,75	0,90-1,00	0,75-0,80
Abobrinha	0,45-0,50	0,65-0,75	0,85-0,95	0,70-0,75
Aipo	0,60-0,70	0,70-0,85	1,00-1,05	0,90-1,00
Alcachofra	0,40-0,50	0,65-0,75	0,95-1,05	0,90-0,95
Alface	0,60-0,70	0,70-0,80	0,95-1,05	0,90-1,00
Alho	0,55-0,70	0,75-0,90	0,95-1,05	0,65-0,75
Aspargo	0,40-0,50	0,65-0,75	0,90-0,95	0,30-0,35
Batata	0,40-0,50	0,70-0,80	1,05-1,15	0,45-0,75
Batata-doce	0,45-0,55	0,70-0,80	1,05-1,15	0,60-0,70
Berinjela	0,40-0,60	0,75-0,90	0,95-1,15	0,75-0,85
Beterraba	0,45-0,55	0,75-0,85	1,00-1,10	0,85-0,95
Brócolos	0,60-0,70	0,70-0,80	1,00-1,10	0,85-0,95
Cebola	0,50-0,70	0,75-0,85	0,95-1,10	0,70-0,75
Cebolinha	0,60-0,70	0,75-0,85	0,95-1,05	0,90-1,00
Cenoura	0,65-0,75	0,75-0,90	1,00-1,10	0,85-0,95
Couve-flor	0,60-0,70	0,75-0,85	0,95-1,05	0,85-0,95
Ervilha-seca	0,40-0,45	0,65-0,75	0,90-1,00	0,25-0,35
Ervilha-verde	0,40-0,45	0,70-0,80	1,00-1,10	0,95-1,00
Espinafre	0,60-0,70	0,75-0,85	0,95-1,00	0,90-0,95
Feijão-vagem	0,35-0,45	0,60-0,70	0,95-1,15	0,85-0,90
Grão-de-bico	0,30-0,45	0,60-0,70	0,90-1,00	0,25-0,35
Lentilha	0,35-0,40	0,65-0,75	0,90-1,00	0,25-0,35
Mandioquinha-salsa	0,45-0,55	0,70-0,80	0,95-1,05	0,70-0,80
Melancia	0,35-0,45	0,65-0,75	0,95-1,05	0,70-0,75
Melão	0,45-0,50	0,65-0,80	0,90-1,05	0,60-0,75
Milho-doce	0,25-0,35	0,65-0,75	1,05-1,15	0,95-1,05
Morango	0,35-0,45	0,60-0,70	0,80-0,90	0,70-0,80
Pepino	0,50-0,60	0,70-0,85	0,90-1,10	0,75-0,85
Pimenta	0,50-0,60	0,70-0,80	0,95-1,10	0,75-0,85
Pimentão	0,50-0,60	0,70-0,85	0,95-1,15	0,80-0,90
Quiabo	0,40-0,50	0,65-0,80	0,95-1,05	0,80-0,90
Rabanete	0,60-0,70	0,70-0,80	0,80-0,95	0,80-0,85
Repolho	0,60-0,70	0,75-0,90	0,95-1,10	0,80-0,95
Salsinha	0,40-0,45	0,65-0,75	0,90-1,05	0,85-1,00
Soja-verde	0,40-0,50	0,70-0,80	0,95-1,10	0,90-1,00
Tomate de mesa	0,50-0,60	0,75-0,90	1,05-1,20	0,70-0,90
Tomate industrial	0,45-0,55	0,55-0,65	0,85-0,95	0,60-0,65

Primeiro número: sob alta umidade (UR > 70 %) e vento fraco (V < 5 m/s).

Segundo número: sob baixa umidade (UR < 50 %) e vento forte (V > 5 m/s).

(1) Considerar Kc entre 1,00 e 1,10 para regas diárias e entre 0,80 e 0,90 para regas em dias alternados, sendo o maior para solos argilosos.

Fonte: Adaptado de Doorenbos e Pruitt (1977), Doorenbos e Kassam (1986), Marouelli et al. (1996), Allen et al. (1998) e Simonne et al. (2006).

simples para o cálculo da ETo, porém menos preciso, é o do tanque de evaporação classe A.

Atualmente, existem no mercado empresas especializadas que oferecem serviços ao produtor e programas de computadores para a realização do manejo de água em tempo real. O custo mensal pelo serviço, levantado em 2007, variou entre R\$ 4,00 e R\$ 7,00 por hectare.

Associação da irrigação com doenças

As hortaliças são espécies vegetais altamente sensíveis ao ataque de doenças, e a irrigação é, sem dúvida, uma das práticas culturais que mais influenciam a sanidade da lavoura, o que a torna um importante componente a ser considerado no manejo integrado de doenças em hortaliças, especialmente as de origem fúngica e bacteriana. Contudo, mesmo ciente de que a água tem grande influência na ocorrência e na severidade de doenças de solo e da parte aérea, a maioria dos agricultores irriga de forma inadequada, aplicando, em geral, água em excesso.

113

Para várias hortaliças, a adoção de um manejo adequado de água pode implicar ganhos adicionais de produtividade e de qualidade e redução no uso de água, energia e agrotóxicos, enquanto para outras pode representar, em curto prazo, apenas pequenos incrementos de produção. Todavia, o horticultor deve ter em mente que irrigações em excesso favorecem a disseminação, a multiplicação e o início do processo infeccioso de uma série de doenças, especialmente as bacterioses. Assim, o manejo adequado de irrigação, evitando principalmente excessos, é provavelmente a medida de controle integrado de doenças com maior eficiência relativa.

É interessante considerar que, muitas vezes, o excesso de água não acarreta incidência imediata de doenças. O excesso de água, associado a outros tratamentos culturais realizados de forma inadequada, faz com que a quantidade de inóculo aumente gradativamente a cada cultivo, até o momento em que a doença passa a causar perdas significativas de produção. Após atingir esse estágio, a área de cultivo pode tornar-se economicamente inviável para a produção da maioria das hortaliças.

Algumas doenças de solo comuns em lavouras irrigadas em excesso são: podridão-mole em alface, batata, brássicas, cebola e cenoura; murcha-bacteriana e rizoctoniose em batata e tomate; murcha-de-esclerócio em tomate; queima-bacteriana em alho e cenoura; podridão-de-esclerotínia em tomate e ervilha (Fig. 23); murcha-de-fitóftora em pimentão; hérnia em crucíferas; e nematóides. Irrigações em excesso podem provocar falhas de estande em virtude da podridão-de-pré-emergência e pós-emergência (tombamento) em várias hortaliças (Fig. 24).

Foto: Jorge Roland Menezes dos Santos



Fig. 23. Reboleiras em lavoura de ervilha causadas por podridão-de-esclerotínia, em decorrência de irrigações em excesso e ausência de rotação de cultura.

114

Fig. 24. Falhas de estande pelo apodrecimento da batata-semente, em virtude do excesso de irrigação antes da emergência, em solo com drenagem deficiente.



Foto: Carlos Alberto Lopes

A irrigação por aspersão, notadamente quando em regime de alta frequência, favorece condições de alta umidade no interior do dossel vegetal, aumentando a incidência de doenças foliares, como a mancha-bacteriana e a podridão-mole de frutos em berinjela, pimentão e tomate, a requeima em tomate e o mildio em melão e cebola. Por outro lado, a aspersão pode ter um pequeno efeito supressivo em algumas viroses, por reduzir o crescimento populacional de insetos

vetores, como pulgões, podendo também minimizar a ocorrência de traça-do-tomateiro, traça-das-crucíferas e ácaros. Alguns produtores de morango, por exemplo, apesar de irrigar a cultura por gotejamento, utilizam a irrigação por aspersão como estratégia de controle de ácaros.

Embora a maioria das doenças seja favorecida pelo excesso de água, outras encontram condições favoráveis sob irrigação deficitária. Por exemplo, a sarna-comum da batata aumenta de intensidade em solos mais secos, enquanto a incidência de oídio em pimentão, ervilha e abóbora é mais severa quanto menos água for aplicada sobre a parte aérea das plantas.

A irrigação por aspersão dificulta também o controle químico de insetos e doenças da parte aérea, por interferir com os tratamentos fitossanitários. Para minimizar tais problemas, as irrigações devem ser realizadas de forma a não intervir negativamente nas pulverizações de agrotóxicos. Para algumas hortaliças, é comum a realização de uma a duas pulverizações por semana. Nesse caso, as irrigações devem ser manejadas considerando a criação de "janelas" (dias sem irrigação) para a realização das pulverizações. Após a pulverização, deve-se esperar pelo menos 1 a 2 dias para se irrigar. Ademais, o solo deve apresentar condições de umidade que permitam o trânsito de tratores e de pulverizadores, oferecendo pouco ou nenhum risco de atolamento, acidente ou de compactação do solo. Em pivô central, por exemplo, podem-se adotar estratégias distintas de pulverização e irrigação, dividindo esquematicamente a área irrigada em duas metades: enquanto a primeira metade é irrigada no 1º dia e pulverizada no 2º ou 3º dia, a outra metade seria irrigada no 2º dia e pulverizada no 3º ou 4º dia, sendo assim tratadas quase como plantios independentes.

Fungos e bactérias necessitam, em geral, de água livre na superfície vegetal para iniciar o processo infeccioso, sendo o tempo de molhamento foliar aspecto decisivo no estabelecimento da doença. No caso de irrigação por aspersão, o tempo de molhamento pode ir desde minutos até algumas horas, dependendo do horário e da duração da irrigação, do adensamento foliar e, principalmente, das condições climáticas, especialmente velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar.

Dependendo da região e da época do ano, é comum a ocorrência de orvalho durante a noite. Se uma irrigação prolongada for realizada no final da tarde, o tempo total de molhamento foliar pode se estender por várias horas. Já se a irrigação for coincidente com o período de orvalho durante a noite, não se terá o efeito aditivo do tempo de molhamento causado pela irrigação e pelo orvalho.

O orvalho se forma pela condensação direta do vapor de água atmosférico devido ao resfriamento da folhagem em noites claras (sem

nebulosidade). Distintamente do orvalho, mas com resultado similar sobre o favorecimento de doenças, folhas cobertas por gotas de água podem ser observadas em noites nubladas e sem vento, quando o solo apresenta-se molhado e morno. Enquanto o orvalho se forma na superfície externa do dossel, a condensação da água evaporada do solo no segundo processo ocorre no inferior do dossel.

Deve-se considerar que vários patógenos (fungos) foliares produzem esporos à noite, sendo disseminados pela manhã. Assim, irrigações matinais irão desalojar e dispersar os esporos, além de prover umidade para a germinação. No caso de esporos de *Phytophthora infestans*, que não se mantêm viáveis durante todo o dia em condições de baixa umidade relativa do ar, deve-se considerar a estratégia de se irrigar no final da tarde e à noite. Há ainda esporos, como de *Alternaria solani*, que permanecem viáveis durante todo o dia, mesmo sob condições de baixa umidade. Neste caso, a irrigação por aspersão poderá não ser determinante se a ocorrência de orvalho for suficiente para iniciar o processo infeccioso. No caso de esporos de *Sclerotinia sclerotiorum* (mofo-branco), que são favorecidos por condições de baixas temperaturas e alta umidade, devem-se evitar irrigações noturnas, pois à noite as temperaturas podem cair consideravelmente.

116

Portanto, o melhor horário para se irrigar, do ponto de vista fitossanitário, depende de fatores como tipo de patógeno, arquitetura da planta, duração da irrigação, tempo de molhamento foliar, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Como regra geral, deve-se irrigar em horário que minimize a duração do tempo de molhamento foliar, que é dependente da ocorrência de orvalho, do sistema de irrigação e das condições climáticas. Assim, deve-se irrigar preferencialmente durante a noite em condições em que há formação de orvalho e, em alguns casos, para patógenos que produzem esporos que são liberados durante o dia. Para condições em que a ocorrência de orvalho é desprezível e, especialmente, para patógenos que produzem esporos que são liberados à noite, a recomendação geral é de se irrigar após as primeiras horas da manhã até o início da tarde, período em que a evaporação da água é maior e, por conseguinte, a secagem das folhas e hastes é mais rápida.

Irrigações diurnas, em regiões ou épocas do ano em que não há ocorrência de orvalho, são mais interessantes do ponto de vista operacional da propriedade agrícola, mesmo no caso de patógenos que produzem esporos que são liberados durante o dia. Desde que não sejam realizadas no final da tarde, permitem que as folhas e hastes sequem antes do entardecer.

Plantios de verão de algumas hortaliças mais susceptíveis ao ataque de *Erwinia* spp. não deverão ser irrigados nos horários mais quentes do

dia, pois essa bactéria se multiplica muito rapidamente sob condições de alta temperatura e umidade.

Pontos de encharcamento nos campos de produção muitas vezes se transformam em focos de disseminação e multiplicação de patógenos de solo (Fig. 25). Isso pode ocorrer devido a problemas de vazamentos nas tubulações, de baixa uniformidade de distribuição de água do sistema de irrigação, de drenagem deficiente e depressões no solo, bem como áreas compactadas por máquinas e implementos, principalmente quando do cultivo em canteiros. Notadamente, os focos de algumas doenças, como a canela-preta em batata, são inicialmente observados nas linhas de plantio próximas aos carregadores e ao caminho percorrido pelas rodas do pivô central, especialmente favorecidos pela quebra de hastes devido ao trânsito de tratores e implementos. A baixa uniformidade de distribuição de água, que se deve ao dimensionamento, à operação e à manutenção inadequada do sistema de irrigação, faz com que certos locais da área irrigada recebam muito mais água que o requerido pela cultura, propiciando condições favoráveis às doenças.

Foto. Carlos Alberto Lopes



Fig. 25. Foco de doença em lavoura de pimentão, decorrente de vazamento na tubulação de irrigação.

Doenças podem também se espalhar na lavoura pela água de irrigação, caso esteja contaminada por patógenos. Fontes, especialmente aquelas onde a água permanece parada (represas e demais reservatórios), podem receber água de escoamento superficial de lavouras doentes adjacentes. O escoamento superficial da água de chuva ou irrigação em um campo infectado por bactérias patogênicas, por exemplo, pode contaminar a fonte de água para irrigação. Portanto, o conhecimento da origem e da qualidade da água é de fundamental importância para minimizar tais riscos.

Além das doenças de origem biótica, podem ocorrer doenças (distúrbios) fisiológicas provocadas por estresses ambientais que afetam o metabolismo da planta, dentre os quais aqueles associados ao manejo inadequado de irrigação. A deficiência de água no solo afeta a absorção de cálcio, provocando a podridão apical e o coração-preto em frutos, como de berinjela, pimentão e tomate (Fig. 26), e pode favorecer o crescimento secundário de tubérculos de batata. O desbalanço hídrico, provocado por irrigação pesada após um período muito seco, pode provocar a rachadura da epiderme em frutos, como melão e tomate, coração-oco, rachaduras e unhadura em tubérculos de batata. Solos com umidade excessiva favorecem, por exemplo, a ocorrência de lenticelose em batata e cenoura.

118

Foto: Waldir Aparecido Marouelli



Fig. 26. Podridão apical em frutos de tomate, em virtude da baixa absorção de cálcio, favorecida por irrigações deficitárias.

O manejo de irrigação deve, portanto, ser considerado pelo horticultor como medida preventiva no controle integrado de doenças. Dessa forma, além dos benefícios diretos de uma irrigação bem realizada, pode-se fazer reduções expressivas no uso de agrotóxicos, aumentando, assim, a receita líquida do horticultor e reduzindo a contaminação do meio ambiente, das fontes de água e das hortaliças oferecidas ao consumidor.

Finalmente, deve-se considerar que doenças podem ocorrer mesmo sob condições em que a irrigação é manejada de forma adequada. Caso isso ocorra, deve-se reavaliar o turno de rega e a lâmina de água previamente calculados. No caso de alta incidência de doenças favorecidas pela água, por exemplo, deve-se aumentar o turno de rega em 25 % a 50 %, isto é, aumentar o intervalo entre irrigações, e/ou reduzir o tempo de irrigação entre 20 % e 30 %; os maiores percentuais devem ser aplicados quando ocorrerem doenças para as quais não há agrotóxicos registrados e eficientes de controle. Em outras palavras, os danos causados pela ocorrência de doenças podem ser maiores do que aqueles provocados por déficits hídricos moderados.

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).
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A água na agricultura**. Roma: FAO, 1991. 218 p. (Irrigação e Drenagem, 29).
- BATAL, K. M.; SMITTLE, D. A. Response of bell pepper to irrigation, nitrogen, and plant population. **Journal of The American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 106, n. 3, p. 259-262, 1981.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 625 p.
- CARRIJO, O. A.; MAROUELLI, W. A.; OLIVEIRA, C. A. S.; SILVA, W. L. C. Produção de cebola sob diferentes regimes de umidade no solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 8, n. 1, 1990. Resumo.
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Resolução n. 357 de 17 de mar. 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 18 mar. 2005.
- CUENCA, R. H. **Irrigation system design: an engineering approach**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1989. 552 p.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Roma: FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and Drainage, 33).
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Roma: FAO, 1977. 144 p. (Irrigation and Drainage, 24).
- HAISE, H. R.; HAGAN, R. M. Soil, plant, and evaporative measurements as criteria of scheduling irrigation. In: HAGAN, R. M.; HAISE, H. R.; EDMINSTER, T. W. (Ed.). **Irrigation of agricultural lands**. Madison: American Society of Agronomy, 1967. p. 577-604. (Agronomy Series, 11).
- HEDGE, D. M. Effect of irrigation on fruit growth, development and mineral composition of watermelon. **South Indian Horticulture**, Coimbatore, v. 35, n. 5, p. 356-361, 1987.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Climatologia**: mapas. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/climato/mapclima.html>>. Acesso em: 12 set. 2001.

- IZZELDIN, H.; LIPPERT, L. F.; TAKATORI, F. H. An influence of water stress at different growth stages on yield and quality of lettuce seed. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 105, n. 1, p. 68-71, 1980.
- JENSEN, M. E. (Ed.). **Consumptive use of water and irrigation water requirements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1973. 215 p.
- MAAS, E. V. Salt tolerance in plants. **Applied Agricultural Research**, New Delhi, v. 1, p. 12-26, 1986.
- MAROUELLI, W. A. Escolha de aspersores e manejo de sistemas convencionais sob condições de vento. **Item**, Brasília, DF, n. 39, p. 19-21, 1989.
- MAROUELLI, W. A.; GIORDANO, L. B.; OLIVEIRA, C. A.; CARRIJO, O. A. Desenvolvimento, produção e qualidade da ervilha sob diferentes tensões de água no solo, em dois estádios da cultura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 7, p. 1041-1047, 1991.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, H. R. **Aspectos sanitários da água para fins de irrigação**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 1998a. 7 p. (Embrapa Hortaliças. Comunicado Técnico , 5).
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Parâmetros básicos para manejo de irrigação por aspersão em tomateiro para processamento na região do cerrado. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15., 2005, Teresinã. **Anais...** Teresina: ABID, 2005. 1 CD-ROM.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 1998b. 15 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 11).
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; CARRIJO, O. A.; SILVA, H. R. Produção e qualidade de alho sob regimes de água no solo e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 2, p. 191-194. 2002a.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; MORETTI, C. L. Desenvolvimento de plantas, produção e qualidade de bulbos de alho sob condições de deficiência de água no solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 20, n. 3, p. 470-473. 2002b.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; OLIVEIRA, C. A. S. Produção de sementes de cenoura sob diferentes regimes de umidade no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 25, n. 3, p. 339-343, 1990.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; OLIVEIRA, C. A. S.; SILVA, H. R. Resposta da batata e diferentes regimes de irrigação. **Revista Latinoamericana da La Papa**, Bogota, v. 1, n. 1, p. 25-34, 1988.
- MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI: EMBRAPA-CNPH, 1996. 72 p.
- PEW, W. D. Effects of soil moisture on cantaloupe growth, and production. **Western Grower and Shipper**, Newport Beach, v. 29, p. 22-24, 1958.
- SAMMIS, T. W. Comparison of sprinkler, trickler, subsurface, and furrow irrigation methods for row crops. **Agronomy Journal**, Madison, v. 72, n. 5, p. 701-704, 1980.
- SANDERS, D. C. **Vegetable crop irrigation**. Raleigh: North Carolina Cooperative Extension Service, 1997. 6 p. (Horticulture information leaflet, 33-E).
- SARAF, C. S.; BAITHA, S. P. Water use patterns and water requirement of lentil planted on different dates. **Lens Newsletter**, Aleppo, v. 12, n. 1, p. 12-15, 1985.

SILVA, H. R.; MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SANTOS, F. F. Irrigação: exigências da cultura da mandioquinha-salsa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 18, n. 3, p. 253-257, 2000.

SILVA, J. F.; SIMÃO, S. Influência da umidade do solo na produção do tomateiro. **Boletim Técnico Dnocs**, Fortaleza, v. 31, n. 2, p. 159-193, 1973.

SILVA, W. L. C.; VIEIRA, J. V.; CARRIJO, O. A. Efeito de diferentes tensões de umidade do solo sobre a cultura da cenoura em fase de desenvolvimento ativo do sistema radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 17, n. 2, p. 221-224, 1982.

SIMONNE, E. H.; DUKES, M. D.; HAMAN, D. Z. Principles and practices of irrigation management for vegetables. In: OLSON, S. M.; SIMONNE, E. H. (Ed.). **The vegetable production handbook for Florida**. Gainesville: University of Florida: IFAS Extension, 2006. p. 33-39. (AE260 Horticultural Sciences Department).

SINGH, B. P. Irrigation water management for bush snap bean production. **HortScience**, Alexandria, v. 24, n. 1, p. 69-70, 1989.

SMITTLE, D. A.; HALL, M. R.; STANSELL, J. R. Effects of irrigation regimes on yield and water use by sweet potato. **Journal of The American Society For Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 115, n. 5, p. 712-714, 1990.

STANSELL, J. R.; SMITTLE, D. A. Effects of irrigation regimes on yield and water use of summer squash. **Journal of The American Society For Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 114, n. 2, p. 196-199, 1985.

TAYLOR, S. A. Managing irrigation water on the farm. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v. 8, p. 433-436, 1965.

WILCOX-LEE, D. Soil matric potential, plant water relations and growth in asparagus. **HortScience**, Alexandria, v. 22, n. 1, p. 22-24, 1987.

Literatura recomendada

AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M.; RESENDE, M.; GUERRA, A. F. **Aspectos sobre o manejo da irrigação por aspersão para o cerrado**. 2. ed. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1986. 52 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 16).

BROUWER, C.; PRINS, K.; HEIBLOEM, M. **Irrigation scheduling**. Roma: FAO, 1989. 36 p. (FAO. Irrigation Water Management, Training Manual, 4).

CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C **Sistema Irrigas para manejo de irrigação: fundamentos, aplicações e desenvolvimentos**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2005. 174 p.

HARRISON, K. **Irrigation scheduling methods**. Athens: The University of Georgia: Cooperative Extension, 2005. 8p. (Bulletin, 974).

KEMBLE, J. K. SANDERS, D. C. **Basics of vegetable crop irrigation**. Auburn: Alabama Cooperative Extension System, 2000. 5 p. (Bulletin ANR, 1169).

KING, B. A.; STARK, J. G.; KINCAID, D. C. Spotlight on sprinkler irrigation uniformity. **Irrigation Journal**, California, v. 50, n. 3, p. 8-14, 2000.

LEY, T. W. **Scientific irrigation scheduling**. Prosser: Washington State University Extension, 2005. 3 p. (EM, 4825).

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, RS, v. 14, p.151-179, 2006.

LOPES, C. A.; QUEZADO-SOARES, A. M. **Doenças bacterianas das hortaliças: diagnose e controle**. Brasília, DF: EMBRAPA-CNPQ, 1997. 70 p.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e práticas**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 318 p.

MAROUELLI, W. A. Desenvolvimento de critério para manejo simplificado da irrigação em regiões áridas e semi-áridas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBEA: UFC, 2000. CD-ROM. (Trabalho, 057).

MAROUELLI, W. A. Fontes de água e práticas de irrigação. In: EMBRAPA. (Org.). **Elementos de apoio para as boas práticas agrícolas e sistema APPCC**. 2. ed. rev. atual. Brasília, DF: EMBRAPA, 2006. p.105-121. (Série qualidade e segurança dos alimentos).

- MARQUELLI, W. A.; COSTA, E. L.; SILVA, H. R. **Irrigação da cultura de cebola**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2005. 17 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 37).
- MARQUELLI, W. A.; GUIMARÃES, T. G. **Irrigação na cultura da batata**. Itapetininga: Associação Brasileira da Batata; Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2006. 66 p.
- MARQUELLI, W. A.; OLIVEIRA, R. A.; SILVA, W. L. C. **Irrigação da cultura de cenoura**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2007. 14 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 48).
- ORMOND, J. G. P. **Glossário de termos usados em atividades agropecuárias, florestais e ciências ambientais**. 3. ed. Rio de Janeiro: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, 2006. 316 p.
- RAPOSO, J. R. **A rega por aspersão**. Lisboa: Livraria Técnica, 1980. 339 p.
- REIFSCHNEIDER, F. J. B.; COBBE, R. V. **Doenças: identificação e controle**. Brasília, DF: FAO: Codevasf, 1989. 16 p. (Produção de hortaliças no vale do São Francisco, 1).
- SILVA, W. L. C.; MARQUELLI, W. A. Evaluation of irrigation scheduling techniques for processing tomatoes in Brazil. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON EVAPOTRANSPIRATION AND IRRIGATION SCHEDULING, 1996, San Antonio. **Proceedings...** San Antonio: Asae, 1996. p. 522-526.

Glossário

Absorção (de nutrientes): processo pelo qual as plantas absorvem os nutrientes que lhes são necessários para seu desenvolvimento, o que se dá principalmente por meio das raízes.

Aclimação de mudas: conjunto de práticas e procedimentos de cultivo visando tornar as mudas mais habituadas às condições de campo após o transplante, em especial as de ordem climática.

Agrotóxicos: produtos, geralmente de origem química, utilizados para a prevenção ou controle de doenças, insetos-pragas e de plantas daninhas, além dos desfolhantes, desseccantes, estimuladores e inibidores do crescimento.

Ambiente protegido: qualquer estrutura coberta e abrigada artificialmente, com materiais transparentes, para a proteção das plantas.

Amebíase: verminose causada pela ingestão de água e alimentos, especialmente frutas e verduras, do protozoário *Entamoeba histolytica*, provocando desde diarreia branda até diarreia aguda e fulminante, com febre e calafrios.

Aração: prática agrícola que consiste em revolver a camada superficial do solo com um implemento chamado arado.

Areia: partículas do solo com diâmetro entre 0,020 mm e 2,000 mm, maiores que argila e silte.

Argila: partículas do solo com diâmetro menor que 0,002 mm, menores que silte e areia.

Bactéria: microorganismo unicelular, desprovido de membrana nuclear, que pode causar doenças a plantas e animais.

Balanco de água no solo: procedimento em que se contabiliza toda a água que é utilizada 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 precipitação.

Biótica (doenças de origem): são aquelas causadas por patógenos, como fungos, bactérias, nematóides, vírus, viróides e fitoplasmas. Refere-se ao biota, o conjunto da fauna e flora, incluindo-se os microrganismos, de uma determinada região.

Calendário de irrigação: estabelecer de forma antecipada as datas das irrigações ou os turnos de rega a serem adotados e as lâminas de água a serem aplicadas ao longo dos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura.

Capacidade de campo: quantidade máxima de água, em relação à massa seca, armazenada pelo solo depois que o excesso tenha drenado, geralmente expressa em percentagem (%).

Ciclo de desenvolvimento da cultura: período total que vai desde o plantio até a colheita da cultura, sendo caracterizado por apresentar fases distintas de crescimento e desenvolvimento da planta.

Coefficiente de cultura: coeficiente empírico que permite calcular a evapotranspiração da cultura, para uma determinada fase de desenvolvimento das plantas, a partir da evapotranspiração de referência; relação entre a evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração de referência.

Cólera: doença transmitida por meio da ingestão de água ou alimentos contaminados pelo vibrião colérico (*Vibrio cholerae*), uma bactéria que se multiplica rapidamente no intestino humano provocando diarreia intensa.

Coliformes fecais: subgrupo de bactérias do grupo coliforme totais que normalmente habitam o trato digestivo de animais de sangue quente, incluindo o homem, comumente utilizado como indicador da contaminação fecal da água e alimentos. A população desse subgrupo é constituída na sua maior parte pela bactéria patogênica *Escherichia coli*.

Coliformes totais: inclui todas as bactérias na forma de bastonetes gram-negativos, não esporogênicos, aeróbios ou anaeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas a 35 °C. Além das espécies do subgrupo coliformes fecais, incluem várias outras espécies que desenvolvem fora do trato gastrointestinal de animais de sangue quente. Por essa razão, sua contagem em água e alimentos é menos representativa como indicação de contaminação fecal do que a contagem de coliformes fecais.

Condutividade elétrica: propriedade de uma substância em transferir uma carga elétrica, geralmente expressa em deciSiemens (dS/m).

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

Contaminação: ação ou efeito de corromper ou infectar por contato ou absorção; muitas vezes usado como sinônimo de poluição.

Coração-oco: distúrbio fisiológico caracterizado por uma ou mais cavidades de diferentes tamanhos no interior de tubérculos de batata.

Coração preto: distúrbio fisiológico caracterizado pelo escurecimento interno de frutos, como de berinjela, pimentão e tomate.

Crescimento secundário: distúrbio fisiológico resultante da formação irregular e crescimento desuniforme de tubérculos de batata.

Déficit de água no solo: condição em que a disponibilidade de água no solo é restrita, capaz de comprometer o rendimento de uma cultura.

Déficit 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.

Demanda evaporativa: capacidade que o ar atmosférico tem em evaporar água e, conseqüentemente, afetar a evapotranspiração da cultura.

Densidade global do solo: relação entre a massa do solo seco (105 °C a 110 °C) e o seu volume total, incluindo o espaço poroso, geralmente expressa em gramas por centímetro cúbico de solo (g/cm³).

Deriva de água: fenômeno de arrastamento de gotas de água pela ação do vento.

Disponibilidade total de água no solo: lâmina máxima de água armazenada no solo possível de ser utilizada pelas plantas, geralmente expressa em milímetros de água por centímetros de solo (mm/cm).

Dossel: cobertura vegetal existente acima do solo em uma comunidade de plantas.

Drenagem: processo em que a água em excesso no solo 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, geralmente expressa em percentagem (%).

Eficiência de irrigação: produto entre a uniformidade de distribuição e a eficiência de aplicação de água pelo sistema de irrigação, geralmente expressa em percentagem (%).

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 homem ou dos animais.

Escarificação: prática agrícola que consiste em revolver superficialmente o solo, sem inverter camadas, com a finalidade de evitar a formação de crostas mais duras na camada superficial do solo.

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: organismo geralmente unicelular capaz de germinar em condições específicas, corpúsculo reprodutivo de fungos e algumas bactérias e outros seres vivos.

Estande: número de plantas por unidade de área cultivada.

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 incidência 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 de água evaporada do solo e da transpirada pela cultura, por unidade de tempo, geralmente expressa em milímetros de água por dia (mm/dia).

Evapotranspiração da cultura: lâmina de água evapotranspirada por uma cultura crescendo sem restrições, de modo a atingir seu pleno potencial de produção, geralmente expressa em milímetros de água por dia (mm/dia).

Evapotranspiração de referência: quantidade de água evapotranspirada de uma superfície totalmente coberta por vegetação rasteira (grama), em fase de crescimento ativo e sem restrições, geralmente expressa em milímetros de água por dia (mm/dia).

Fase da cultura: período ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura caracterizado por alterações de ordem fisiológica e/ou da necessidade de água das plantas.

Fator de reposição de água ao solo (f): fração da água total disponível no solo que pode ser utilizada pelas plantas sem que ocorra prejuízo à cultura.

Febre tifóide: doença transmitida pela ingestão de alimentos ou água contaminados pela bactéria *Salmonella typhi*, ou pelo contato com os portadores. Infecção geral, caracterizada por febres contínuas e diarreias.

Fisiológico: relativo ao funcionamento normal dos seres vivos, especialmente dos processos físico-químicos que ocorrem nas células, tecidos, órgãos e sistemas dos seres vivos sadios.

Fitossanitário: corresponde ao aspecto sanitário de um vegetal relativo à ocorrência de insetos-pragas e doenças.

Fitotoxidade: efeito tóxico causado por algum produto químico sobre as plantas.

Fungo: grupo de organismos pertencente ao reino Fungi que se caracterizam por serem eucarióticos e aclorofilados, reproduzem por esporos e podem existir como célula única ou formar um corpo multicelular dito micélio.

Germinação: nas sementes, consiste numa série de processos que culminam na emissão da raiz.

Giardiose: verminose causada pelo protozoário *Giardia lamblia*, que contamina a porção superior do intestino delgado do ser humano por ingestão de alimentos e água contaminados. A infecção sintomática pode apresentar-se por meio de diarreia, acompanhada de dor abdominal.

Granulometria (do solo): fração de distribuição das diferentes classes de tamanho das partículas primárias do solo (areia, silte e argila), geralmente expressa em percentagem (%).

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.

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.

Injúria: qualquer tipo de dano causado por animais, agentes físicos ou químicos à planta.

Intensidade de aplicação de água: lâmina de água aplicada por unidade de tempo pelo sistema de irrigação, geralmente expressa em milímetros de água por hora (mm/h).

Irrigação: prática agrícola que tem como objetivo suprir de forma artificial e controlada a necessidade de água da planta.

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

Irrigação por sulco: sistema de irrigação pelo qual a água é aplicada no solo por meio de sua distribuição por pequenos canais ou sulcos geralmente paralelos às fileiras de plantas.

Lâmina de água: quantidade de água expressa como altura acumulada sobre uma superfície plana e impermeável, na ausência de evaporação, geralmente expressa em milímetros (mm). Assim, 1 mm (0,001 m) de água aplicado em 1 hectare (10.000 m²) representa um volume de 10.000 L (10 m³), ou seja, 0,001 m x 10.000 m² = 10 m³.

Lâmina de água real necessária: lâmina de água consumida pela cultura entre duas irrigações consecutivas, geralmente expressa em milímetros (mm).

Lâmina de água total necessária: lâmina total de água que se deve aplicar a cada irrigação, considerando-se a eficiência de irrigação, geralmente expressa em milímetros (mm). A lâmina total ou de irrigação é sempre maior que a lâmina real.

Lavoura: porção de um terreno cultivado; plantação.

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

Lenticelose: distúrbio fisiológico em tubérculos de batata e raízes de cenoura caracterizado por apresentar lenticelas com pontuações esbranquiçadas, parecidas com pequenas verrugas.

132

Lisímetro: equipamento utilizado para a medição direta da evapotranspiração das culturas, em condições de campo.

Lixiviação: processo de perda de nutrientes, sais ou agrotóxicos, carregados pela água de irrigação ou da chuva, abaixo da zona radicular das plantas.

Macroporosidade: razão entre o volume de macroporos (poros com diâmetro acima de 0,05 mm) e o volume total do solo, geralmente expressa em percentagem (%).

Manejo da água de irrigação: conjunto de procedimentos visando determinar o momento adequado de se irrigar e a quantidade correta de água de ser aplicada por irrigação.

Manejo integrado de doenças: aplicação racional e integrada de diferentes estratégias de controle de doenças, como o controle cultural, químico e biológico, levando-se em conta os aspectos econômicos, toxicológicos, ambientais e sociais.

Microclima: conjunto de condições climáticas que caracterizam uma pequena região e a diferem do clima circundante predominante.

Muda: planta nova e pronta para transplante em local definitivo, normalmente produzida em sementeiras ou viveiros.

Nutriente: elemento que é absorvido pelas plantas e que é necessário para completar seu ciclo de vida.

Organismo patogênico: qualquer agente, normalmente um microrganismo, capaz de causar doenças.

Patógeno: organismo, geralmente bactérias, fungos ou vírus, capaz de atacar outros organismos vivos (plantas e animais) e causar doenças.

Período crítico da cultura: fase de desenvolvimento da cultura na qual a deficiência de água no solo pode reduzir drasticamente a produção.

Permeabilidade (do solo): propriedade do solo de permitir a entrada e circulação de outras substâncias, especialmente as líquidas, sendo que quanto maior a porosidade, maior a permeabilidade.

Plântula: fase inicial do desenvolvimento do embrião em decorrência da germinação da semente, até a formação das primeiras folhas.

Podridão apical: distúrbio fisiológico caracterizado por uma necrose escura e deprimida na região apical de frutos, como de berinjela, pimentão e tomate.

Poluição: contaminação ou alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente e das águas, pelo lançamento de quaisquer substâncias sólidas, líquidas ou gasosas, que possa comprometer seu emprego para uso doméstico, agrícola, recreativo, industrial ou para outros fins justificados e úteis, bem como causar danos ou prejuízos à flora e fauna.

Porosidade (do solo): razão entre o volume de espaços vazios ou preenchidos por água (poros) e o volume total do solo, geralmente expressa em porcentagem (%).

Potencial de água: representa o estado de energia da água no solo, na planta ou na atmosfera e governa todos os processos de transporte de água no sistema solo/planta/atmosfera, sendo o somatório dos potenciais de pressão, osmótico, matricial e gravitacional, expresso em Pascal (Pa).

Pragas: qualquer forma de vida vegetal ou animal, ou qualquer agente patogênico daninho ou potencialmente daninho para os vegetais e produtos vegetais.

Precipitação efetiva: parte da precipitação pluvial que pode ser efetivamente utilizada pela cultura, ou seja, é igual à precipitação pluvial menos as perdas por escoamento superficial e por drenagem abaixo das raízes da cultura, geralmente expressa em milímetros (mm).

Precipitação pluvial: fenômeno pelo qual a nebulosidade atmosférica se transforma em água formando a chuva, geralmente expressa em milímetros (mm).

Pressão de serviço: valor médio da pressão da água no bocal do aspersor, geralmente expressa em kiloPascal (kPa).

Profundidade efetiva do sistema radicular: profundidade do solo onde estão contidas cerca de 80 % das raízes da cultura, geralmente expressa em centímetros (cm).

Protozoário: microrganismo unicelular, eucarionte e desprovido de clorofila, que pode viver como parasita ou ter vida livre, habitando os mais variados tipos de ambiente. Como parasita do homem e de outros seres vivos, pode causar muitas doenças.

Racionalização: procedimento adotado com a finalidade de reduzir ou eliminar as perdas e os desperdícios no uso dos recursos, como água, energia, nutrientes e agrotóxicos, de forma a otimizar a eficiência física e econômica dos processos envolvidos.

Radiação solar: energia solar que chega à Terra e que é responsável pela vida e por todas as manifestações do tempo ocorrentes na atmosfera terrestre.

Rotação de culturas: prática que utiliza uma mesma área para cultivar espécies diferentes de plantas em período de tempo alternado, observado um intervalo mínimo sem o cultivo de uma mesma espécie nesta área.

Rustificação de mudas: conjunto de práticas e procedimentos de cultivo visando proporcionar maior resistência às mudas às etapas de transporte e transplante no campo.

Salinidade: medida de concentração de sais minerais dissolvidos na água de irrigação ou solução do solo.

Sementeira: local apropriado onde são depositadas as sementes com objetivo de germinação, formação de mudas e posterior transplante. Geralmente são canteiros com condições especiais de aeração, luminosidade, umidade e proteção contra ataque de insetos e pássaros.

Senescência: processo natural de amadurecimento, quando as folhas amarelecem e caem das plantas.

Silte: partículas do solo com diâmetro entre 0,002 mm e 0,020 mm, maiores que argila e menores que areia.

Sistema convencional de irrigação: a designação convencional está ligada ao aspecto histórico da introdução deste sistema de irrigação por aspersão.

Sistema radicular: parte da planta responsável pela sua sustentação física e absorção de água e nutrientes do solo.

Solo: camada superficial de terra arável, possuidora de vida microbiana e capaz de abrigar raízes de plantas.

Status de água no solo: diz respeito ao estado energético (tensão matricial) ou à fração de água no solo (porcentagem de umidade).

Substrato: qualquer material de origem orgânica ou mineral que sirva de base para o desenvolvimento de plantas.

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, utilizado 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: relativo ao manejo da água de irrigação, indica o uso de metodologia e de equipamentos que permitam determinar diariamente a evapotranspiração atual da cultura e/ou o status de água no solo.

Tensão de água no solo: “força” com que a água está retida pela matriz (partículas) do solo, geralmente expressa em kiloPascal (kPa). A medida que aumenta a tensão, mais difícil é para as plantas extrair água do solo.

Tensão-limite de água no solo: tensão de água no solo na qual a irrigação deve ser realizada visando otimizar a produção da cultura, geralmente expressa em kiloPascal (kPa).

Tensiômetro: instrumento que mede o componente matricial da tensão de água no solo na faixa entre zero e 80 kPa, comumente utilizado para indicar o momento de se irrigar as plantas.

Textura do solo: característica física do solo definida de acordo com o tamanho e da distribuição de suas partículas.

Transpiração: perda de água, sob a forma de vapor, principalmente através das folhas das plantas.

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

Tratos culturais: conjunto de práticas executadas 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.

Umidade-limite de irrigação: umidade do solo a partir da qual a planta passa a encontrar considerável dificuldade de retirar água do solo, com comprometimento de seu rendimento produtivo, geralmente expressa em percentagem (%).

Umidade relativa do ar: quantidade de vapor de água existente no ar, em relação ao máximo (saturação) que poderia existir naquela temperatura, geralmente expressa em percentagem (%).

Unhadura: distúrbio fisiológico em tubérculos de batata caracterizado por pequenas fendas curvas, parecidas às provocadas pela compressão de uma unha.

Uniformidade de distribuição: uniformidade com que o sistema de irrigação distribui a água sobre a superfície do solo e/ou plantas, geralmente expressa em decimais.

Velocidade de infiltração básica: velocidade com que a água infiltra no solo após atingir um valor “constante”, geralmente expressa em milímetros de água por hora (mm/h).

Vida útil: tempo que se espera que um equipamento possa operar, sob condições normais de manutenção, ou seja, o tempo que decorre da compra do equipamento e sua rejeição como sucata, geralmente expressa em anos.

Vírus: agentes infecciosos submicroscópios, causadores de doenças conhecidas como viroses.

Lista de abreviaturas

CC	capacidade de campo (% de peso seco)
d	diâmetro do maior bocal do aspersor (mm)
Dg	densidade global do solo (g/cm^3)
D_m	diâmetro molhado pelo aspersor (m)
DN	diâmetro nominal de tubulação (mm)
DTA	disponibilidade total de água no solo (mm/cm)
E_a	espaçamento entre aspersores ao longo da lateral (m)
E_i	eficiência de irrigação (%)
E_l	espaçamento entre linhas laterais (m)
ET_c	evapotranspiração da cultura (mm/dia)
ET_o	evapotranspiração do cultivo de referência (mm/dia)
f	fração real de água disponível a cultura (decimal)
G_d	grau de pulverização do jato (adimensional)
I_a	intensidade de aplicação de água (mm/h)
K_c	coeficiente de cultura (adimensional)
L	comprimento da linha lateral (m)
LRD	lâmina de água real disponível no solo para as plantas (mm)
LRN	lâmina de água real necessária (mm)
LTD	lâmina de água total disponível no solo para as plantas (mm)
LTN	lâmina de água total necessária (mm)

	PIR	número de dias que a irrigação deve ser prorrogada em decorrência de chuvas
	PMP	ponto de murcha permanente (% de peso seco)
	P_{pr}	pressão no primeiro aspersor (kPa)
	P_s	pressão de serviço do aspersor (kPa)
	P_{ul}	pressão no último aspersor (kPa)
	PVC	cloreto de polivinil
	Q	vazão do aspersor (m ³ /h)
	R_m	raio de alcance do aspersor (m)
	T_c	tempo de coleta (min)
	T_i	tempo de irrigação (min)
	T_m	temperatura média do ar (°C)
	TR	turno de rega (dia)
	UI	umidade-limite de irrigação (% de peso seco)
	UIR	número de dias desde que a última irrigação foi realizada
138	UR_m	umidade relativa média do ar (%)
	V_c	volume de água coletado (L)
	V_{ib}	velocidade de infiltração básica do solo (mm/h)
	Z	profundidade efetiva do sistema radicular (cm)

Anexos

Tabela A1. Coeficientes de cultura (Kc) utilizados para o cálculo da evapotranspiração da cultura, conforme a hortaliça e fase de desenvolvimento das plantas.

Hortaliça	Fase de desenvolvimento			
	1 (inicial)	2 (vegetativa)	3 (produção)	4 (maturação)
Abóbora-seca	0,50	0,75	1,00	0,80
Abobrinha	0,50	0,75	1,00	0,80
Acelga	0,70	0,85	1,05	0,95
Aipo	0,70	0,85	1,05	0,95
Alcachofra	0,45	0,80	1,10	1,00
Alface	0,70	0,85	1,05	0,95
Alho	0,70	0,85	1,05	0,75
Alho-porro	0,70	0,85	1,05	0,95
Aspargo	0,45	0,75	0,95	0,35
Batata	0,45	0,75	1,15	0,75
Batata-doce	0,55	0,80	1,15	0,70
Berinjela	0,60	0,85	1,15	0,80
Beterraba	0,55	0,85	1,10	0,95
Brócolos	0,70	0,85	1,10	0,95
Cebola	0,70	0,85	1,05	0,75
Cebolinha	0,70	0,85	1,05	0,95
Cenoura	0,70	0,85	1,10	0,95
Couve-flor	0,70	0,85	1,10	0,95
Ervilha-seca	0,45	0,75	0,95	0,35
Ervilha-verde	0,45	0,80	1,10	1,00
Espinafre	0,70	0,85	1,05	0,95
Feijão-vagem	0,55	0,80	1,10	0,90
Grão-de-bico	0,45	0,75	0,95	0,35
Jiló	0,60	0,85	1,15	0,80
Lentilha	0,45	0,75	0,95	0,35
Mandioquinha-salsa	0,50	0,75	1,00	0,80
Melancia	0,45	0,75	1,05	0,75
Melão	0,50	0,80	1,05	0,75
Milho-doce	0,40	0,80	1,15	1,05
Morango	0,45	0,70	0,90	0,80
Pepino	0,60	0,80	1,05	0,80
Pimenta	0,55	0,80	1,10	0,90
Pimentão	0,55	0,80	1,10	0,90
Quiabo	0,50	0,75	1,00	0,80
Rabanete	0,70	0,80	0,95	0,85
Repolho	0,70	0,85	1,10	0,95
Rúcula	0,70	0,85	1,05	0,95
Soja-verde	0,45	0,80	1,10	1,00
Tomate industrial	0,50	0,65	0,95	0,60
Tomate de mesa	0,60	0,90	1,15	0,90

Tabela A2. Fração real de água do solo disponível à cultura (f) utilizada para o cálculo do turno de rega, conforme a hortaliça e textura do solo.

Hortaliça	Textura do solo		
	Grossa	Média	Fina
Abóbora-seca	0,55	0,45	0,40
Abobrinha	0,55	0,45	0,40
Acelga	0,45	0,35	0,30
Aipo	0,45	0,35	0,30
Alcachofra	0,50	0,40	0,35
Alface	0,45	0,35	0,30
Alho	0,45	0,35	0,30
Alho-porro	0,45	0,35	0,30
Aspargo	0,65	0,55	0,45
Batata	0,55	0,45	0,40
Batata-doce	0,70	0,60	0,50
Berinjela	0,65	0,55	0,45
Beterraba	0,70	0,60	0,50
Brócolos	0,55	0,45	0,40
Cebola	0,55	0,45	0,40
Cebolinha	0,45	0,35	0,30
Cenoura	0,50	0,40	0,35
Couve-flor	0,70	0,60	0,50
Ervilha-seca	0,80	0,70	0,60
Ervilha-verde	0,70	0,60	0,50
Espinafre	0,45	0,35	0,30
Feijão-vagem	0,65	0,55	0,45
Grão-de-bico	0,80	0,70	0,60
Jiló	0,65	0,55	0,45
Lentilha	0,80	0,70	0,60
Mandioquinha-salsa	0,70	0,60	0,50
Melancia	0,65	0,55	0,45
Melão	0,70	0,60	0,50
Milho-doce	0,70	0,60	0,50
Morango	0,50	0,40	0,35
Pepino	0,70	0,60	0,50
Pimenta	0,65	0,55	0,45
Pimentão	0,65	0,55	0,45
Quiabo	0,70	0,60	0,50
Rabanete	0,45	0,35	0,30
Repolho	0,70	0,60	0,50
Rúcula	0,45	0,35	0,30
Soja-verde	0,70	0,60	0,50
Tomate industrial	0,80	0,70	0,60
Tomate de mesa	0,65	0,55	0,45

Índice

- A**
- Abóbora 35, 99, 100, 115
 - Abóbora-seca 24, 60, 86, 95
 - Abobrinha 24, 60, 86, 95
 - Aipo 24, 61, 86, 95, 103
 - Agrotóxico 20, 21, 23, 34, 55, 113, 115, 118, 119
 - Água 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 36, 39, 40, 41, 45, 46, 49, 50, 52, 53, 55, 56, 59, 83, 89, 91, 93, 97, 103, 107, 113, 116, 117, 118
 - armazenamento 27, 28, 29, 83, 103, 107
 - arrastamento pelo vento 40
 - classificação 24
 - deficiência 19, 20, 94, 95, 101, 103, 118
 - evaporação 22, 27, 30, 116
 - excesso 20, 55, 101, 113, 114, 115
 - infiltração 22, 23
 - Alcachofra 24, 62, 87, 95
 - Alface 22, 24, 44, 61, 86, 95, 102, 114
 - Alho 24, 40, 63, 86, 95, 103, 114
 - Alho-porro 61, 95
 - Ambiente protegido 103
 - Areia 21, 22, 45
 - Argila 21, 22, 28, 45, 83
 - Aspargo 24, 64, 87, 95
 - Aspersor 34, 35, 36, 37, 38, 39, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53
 - ângulo (de inclinação) 44, 48
 - canhão 36, 37, 38, 39
 - diâmetro de bocal 44, 46, 51
 - diâmetro molhado 44, 47, 48
 - escolha 43, 45
 - espaçamento 48, 49

grau de pulverização do jato 44
número (de bocais) 44
pulverização (do jato) 44, 45
raio de alcance 44, 45, 46, 47, 48
vazão 23, 46, 47, 50, 51
velocidade de rotação 52

B

Bactéria 21, 115, 117, 118
Balanço de água 31, 107
Barra irrigadora 37, 38, 39
Batata 24, 38, 40, 45, 56, 57, 59, 65, 84, 85, 86, 95, 103, 104, 114, 115, 117, 118
Batata-doce 24, 57, 66, 87, 95
Berinjela 24, 57, 67, 87, 95, 114, 118
Beterraba 24, 57, 68, 87, 95
Blaney-Criddle 31
Brócolos 24, 69, 86, 95

C

144

Cádmio 23
Cálcio 118
Calendário de irrigação 56
Capacidade de campo 28, 32
Carbonato 23
Carretel enrolador 37, 38, 39
Cebola 22, 24, 36, 63, 86, 95, 103, 114
Cebolinha 24, 61, 86
Cenoura 22, 24, 37, 40, 44, 57, 69, 88, 95, 114
Chumbo 23
Cinturões verde 23
Clima 27, 56
 chuva 92, 93, 94
 condições climáticas 28, 31, 115, 116
 dados (climáticos) 31, 93, 109
 precipitação efetiva 24, 27, 92, 93
 precipitação pluvial 22, 27, 92, 93
 temperatura do ar 58, 59, 79, 80, 81, 82, 92, 98, 102, 115
 umidade relativa do ar 31, 58, 59, 79, 80, 81, 82, 92, 110, 115, 116
 vento 31, 33, 40, 44, 45, 48, 90
Coeficiente de cultura 31, 59, 109, 110
Coliforme 24
Condutividade elétrica 23
Conjunto motobomba 34, 37
Controle integrado 113, 118

Controle químico 115
Controle sanitário 24
Couve 24, 95
Couve-flor 24, 57, 69, 87, 95

D

Densidade global 29
 método do cilindro 29
 método da proveta 29
Déficit (de água / hídrico) 55, 107, 119
Dimensionamento agrônômico 33
Dimensionamento hidráulico 33, 41, 43, 46, 50, 117
Disponibilidade total de água no solo 27, 89
Doença 23, 24, 25, 34, 39, 52, 55, 103, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119
Doença da planta 24, 113, 115, 118
 bacteriose 113
 fúngica 115
 hérnia 114
 incidência 34, 39, 40, 55, 103, 113, 115, 119
 murcha-bacteriana 24, 114
 murcha-de-esclerócio 114
 murcha-de-fitóftora 114
 nematóide 114
 oídio 115
 podridão-de-esclerotínia 114
 podridão-mole 114
 queima-bacteriana 114
 requeima 114
 rizoctoniose 114
 sarna-comum 115
 tombamento 114
 virose 114
Doença do homem 23, 24
 amebíase 24
 cólera 24
 febre tifóide 24
 giardiase 24
 verminose 24
Doença fisiológica 118
 coração-oco 118
 coração-preto 118
 crescimento secundário 118
 lenticelose 118
 podridão apical 118
 rachadura da epiderme 118
 unhadura 118

Dossel 114, 116
Drenagem 28, 114, 117

E

Eficiência (de irrigação) 33, 34, 40, 41, 43, 48, 90, 91
 de aplicação 41
Energia 30, 33, 34, 39, 40, 43, 46, 52, 53, 55, 103
Espinafre 24, 61, 86, 95
Ervilha-seca 24, 64, 88
Ervilha-verde 24, 62, 87
Erosão 45
Escoamento superficial 24, 30, 45, 118
Estresse 118
Evaporação 22, 27, 30
Evapotranspiração 30, 31, 32, 58, 59, 92, 93, 98, 99, 104, 107, 109
 da cultura 31, 32, 58, 59, 93, 99, 107, 109
 de referência 31, 98, 99, 104, 109

F

Fase da cultura 56, 57, 58, 59, 83, 84, 95, 107, 109
 de desenvolvimento 28, 30, 31, 56, 57, 58, 83, 84, 94, 95, 109, 110
 inicial 57, 59, 84, 89, 95, 97, 98, 99, 109
 maturação 57, 59, 84, 109
 pegamento (de mudas) 57, 59, 97, 98, 101, 102
 período crítico 94, 95
 produção 57, 102
 senescência 57
 tuberização 57, 59, 85, 89, 91, 92, 93, 94, 95
 vegetativa 57, 59, 84, 89, 91, 92, 109
Feijão-vagem 24, 75, 87, 95, 97
Filtro 22
 de areia 22
 de disco 22
 de tela 22
 tipo ciclone 22
Frequência (de irrigação) 109, 114

G

Germinação 22
Gota (de água) 39, 44, 46, 53, 116
Gotejador 34
Gotejamento 34, 115
Grão-de-bico 24, 64, 88, 95, 103

H

Hortaliça 22, 23, 24, 28, 33, 34, 35, 44, 55, 56, 57, 58, 85, 94, 95, 97, 99, 103, 107, 113

folhosa 22, 23, 33, 44, 57, 103

tipo bulbo 33, 98, 103

tipo fruto 22, 23, 57, 103

tipo raiz 33, 57, 103

tipo tubérculo 33, 57, 103

I

Impacto ambiental 19, 24, 118

Infiltração 22, 23, 45

Inseto 20, 114, 115

Intensidade de aplicação 44, 45, 49, 56, 90, 91

Irrigação 21, 22, 23, 24, 25, 29, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 48, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 83, 90, 91, 92, 93, 94, 97, 98, 99, 107, 108, 109, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119

Irrigas 109

Ivanov (equação de) 59

L

Lâmina (de água) 28, 29, 30, 39, 41, 56, 69, 90, 91, 92, 93, 98, 99, 107, 119

real necessária 89, 90, 93, 98, 99, 101

real disponível 29, 89

total necessária 91, 93, 98, 99

total disponível 28, 29

Lençol freático 30

Lentilha 24, 64, 88, 95, 103

Linha (de tubulação) 34, 35, 36, 37, 50, 52, 53

adutora 34, 39

lateral 34, 35, 36, 39, 48, 49, 50, 52

principal 34, 37

Lisímetro 31

Lixiviação (de sais) 22

M

Mandioquinha-salsa 24, 87, 95

Manejo 22, 30, 31, 33, 40, 55, 56, 59, 83, 89, 97, 107, 109, 111, 113, 118

de água 33, 55, 56, 59, 89, 97, 111, 113

do sistema 33

do solo 30, 40

integrado de doenças 113, 118

racional 33

Manômetro 51, 53

Mão-de-obra 30, 33, 34, 35, 39, 44, 103

Melancia 24, 70, 87, 95
Melão 24, 57, 71, 87, 95, 114, 118
Mercúrio 23
Metal pesado 21, 23
Milho-doce 40, 72, 87, 95, 97
Morango 24, 73, 88, 95, 115
Mostarda 108
Motobomba 34, 37, 43, 51, 52, 53

N

Nabo 24, 33, 95
Necessidade hídrica 31, 41, 56, 89, 107
Nitrogênio 55
Nutriente 27, 30, 55

P

Paralisação das irrigações 103
Patógeno 24, 40, 116, 117, 118
Penman-Monteith 31, 109
Pepino 22, 24, 74, 87, 95
Pimenta 24, 75, 87, 95
Pimentão 24, 34, 57, 75, 87, 95, 114, 115, 117, 118
Poluição 24
Potencial de água 21, 30
Ponto de murcha permanente 28, 29, 32
Praga 20
Pressão de serviço 36, 39, 44, 46, 47, 49, 50, 51
Profundidade efetiva de raízes 83, 84, 86, 87, 88, 107
Protozoário 21

Q

Qualidade de água 21, 23, 25, 118
 aspectos físicos 21
 aspectos químicos 22
 aspectos sanitários 23
Quiabo 24, 60, 87, 95

R

Radiação solar 31
Rabanete 24, 76, 86, 95
Reflectometria no domínio do tempo (TDR) 109
Repolho 24, 57, 69, 87, 95
Rotação de cultura 40, 114

S

Salinidade 22, 23, 91
Saúde pública 24

Semente 22, 24, 44, 89, 97, 99
Sementeira 101, 102
Sensor (de umidade) 55, 109
Silte 21, 22, 45
Sistema (de irrigação) 22, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43, 45, 46, 48, 50, 51, 52, 90, 91, 92, 116, 117
 autopropelido 33, 34, 37, 38, 39, 40, 41, 92
 avaliação 41, 43
 convencional 33, 35, 36, 37, 39, 43, 56, 90
 convencional fixo 33, 34, 35
 convencional portátil 33, 34, 35, 40
 convencional semiportátil 33, 34, 35, 40
 custo de aquisição 33, 34, 35, 43
 gotejamento 34
 manutenção 41, 52, 109, 117
 mecanizado 37, 39
 microaspersão 22, 36, 50
 pivô central 33, 34, 39, 40, 41, 92, 115
 sulco 34
 vida útil 21, 34, 52, 53
Sistema radicular 29, 30, 56, 83, 84, 89
Sódio 22
Soja-verde 62, 87, 95
Solo 22, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 35, 40, 45, 55, 56, 83, 85, 89, 97, 98, 99, 100, 101, 104, 107, 113, 114, 115, 117
 análise textural 83
 arenoso 29, 45, 107
 de Cerrado 28, 83
 encharcamento 45, 117
 erosão 45
 estrutura 27, 28, 83
 fertilidade 30
 macroporosidade 27, 28
 permeabilidade 22
 porosidade 27
 textura 27, 28, 30, 45, 83, 89, 98, 104
 tipo 28, 29, 31, 33, 56, 83, 85
 umidade 28, 29, 32, 55, 99, 118
Status de água 56
Substrato 102

T

Tanque classe A 56
Tempo de irrigação 91, 92, 93, 94, 98, 99, 102, 119
Tensão de água 107, 109

Tensão-limite de água 107, 108
Tensiômetro 56, 109
Tomate 24, 34, 40, 57, 77, 78, 87, 88, 95, 103, 114, 118
 de mesa 24, 34, 78, 87
 industrial 24, 77, 88, 103
Topografia 35
Transpiração 27, 30, 32
Transplante de muda 97, 98
Tratamento (de água) 21, 22, 24, 34
 cloração 24
 filtragem 34
 lagoa de oxidação 24
 lagoa de sedimentação 24
 tanque de sedimentação 22
Trato cultural 113
Tubulação 37, 46, 50, 53, 117
 comprimento 38, 39, 40, 43, 48, 49, 50, 51
 diâmetro 43, 50, 51
Turno de rega 85, 86, 87, 88, 89, 93, 94, 97, 98, 99, 109, 119

U

150

Umidade-limite de irrigação 29, 32
Uniformidade (da irrigação) 39, 46, 50, 117
 de distribuição 39, 40, 41, 46, 48, 53, 117

V

Velocidade de infiltração básica 45
Vida útil 21, 34, 52



Livraria Virtual

Na Livraria Virtual da Embrapa
você encontra livros, fitas de vídeo,
DVDs e CD-ROMs sobre agricultura,
pecuária, negócio agrícola, etc.

Para fazer seu pedido, acesse
www.sct.embrapa.br/liv

ou entre em contato conosco

Fone: (61) 3340-9999

Fax: (61) 3340-2753

vendas@sct.embrapa.br



A Embrapa Hortaliças, criada em 1978, é uma das 41 Unidades Descentralizadas da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), vinculada ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Tem por missão "viabilizar soluções para o desenvolvimento sustentável do espaço rural com foco no agronegócio hortaliças, por meio de geração, adaptação e transferência de conhecimentos e tecnologias, em benefício dos diversos segmentos da sociedade brasileira".

Localizada no Gama, DF, dispõe de um campo experimental com 110 ha irrigáveis e uma área construída de 22.000 m², incluindo laboratórios, casas-de-vegetação, telados, câmaras-frias, unidade de beneficiamento de sementes, biblioteca, auditório, salas de aula e outras instalações de apoio.

A Unidade dispõe de uma equipe técnica com 45 pesquisadores e 16 técnicos de suporte à pesquisa, com atuação principalmente nas áreas de Biotecnologia, Biologia Molecular, Entomologia, Fitopatologia, Fitotecnia, Fisiologia Vegetal, Irrigação, Melhoramento Genético, Olericultura Orgânica, Solos e Nutrição de Plantas, Plantio Direto, Tecnologia de Sementes, Tecnologia Pós-Colheita, Transferência de Tecnologia, Negócios Tecnológicos e Informação.

Em 30 anos de atuação, a Embrapa Hortaliças é reconhecida como um centro de referência em pesquisa de hortaliças pelas suas realizações e contribuições técnico-científicas e por suas atividades de transferência de tecnologia e capacitação, desenvolvidas em parcerias com instituições públicas e privadas, nacionais e internacionais.

Embrapa

Hortaliças

Este livro, destinado principalmente a produtores e a técnicos da área de produção de hortaliças, apresenta aspectos relevantes sobre qualidade da água e sistemas de irrigação por aspersão, associação da irrigação com doenças e, sobretudo, uma metodologia que permita ao usuário manejar a água de irrigação de forma prática e simples, sem a necessidade de recorrer a equipamentos e cálculos complicados.

Em sua segunda edição, o livro traz tabelas para a estimativa do intervalo entre irrigações e da necessidade de água para quinze novas hortaliças, além de dois novos capítulos, um enfocando aspectos sobre a relação solo-água-planta-clima e outro apresentando parâmetros de irrigação para o manejo de água, em tempo real, para mais de quarenta hortaliças.

Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



ISBN 978-85-7383-428-4



9 788573 83

CGPE 708