

Irrigação da cultura da pimenta

Waldir Aparecido Marouelli¹

Henoque Ribeiro da Silva²

Resumo - Muito embora apresente tolerância moderada à seca, irrigações oportunas são decisivas para o sucesso da produção comercial da pimenteira. A planta é particularmente sensível à falta de água durante a floração e frutificação. Já condições de excesso de água favorecem as várias doenças de solo. As irrigações podem ser realizadas pelos sistemas sulco, aspersão ou gotejamento, sendo a aspersão convencional o mais utilizado. Para o manejo de água em tempo real, são apresentados valores de tensão-limite de água no solo e de coeficientes de cultura para diferentes sistemas de irrigação. Para a produção em pequena escala, é descrito um procedimento alternativo, que não requer cálculos complicados e uso de equipamentos e permite estimar a frequência entre irrigações e a evapotranspiração da cultura durante cada estágio de desenvolvimento da pimenteira. São abordados aspectos gerais sobre a aplicação de fertilizantes via água de irrigação.

Palavras-chave: *Capsicum*. Manejo de água. Sistema de irrigação. Evapotranspiração. Fertirrigação.

INTRODUÇÃO

A produção de pimenta, no Brasil, pode ser realizada sem o uso da irrigação em regiões com chuvas regulares e abundantes. Já em locais com precipitação escassa ou mal distribuída, como nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, a irrigação é fundamental para a produção comercial.

A deficiência de água, especialmente durante a floração e a frutificação, reduz a produtividade e a qualidade de frutos. Não obstante, plantas submetidas a condições de déficit hídrico moderado produzem frutos mais pungentes, com maior teor de sólidos solúveis e de matéria seca (SOMOS, 1984; BOSLAND; VOTAVA, 1999; ESTRADA et al., 1999). Similarmente à falta de água, o excesso também pode comprometer a produção. Irrigações em demasia, especialmente em solos com drenagem de-

ficiente, prejudicam a aeração e favorecem doenças de solo, como as causadas por *Pythium* spp., *Phytophthora* spp. e *Rhizoctonia solani* (NUEZ VIÑALS et al., 1996; BOSLAND; VOTAVA, 1999; LOPES; HENZ, 2004). Assim, apesar de a pimenteira poder ser cultivada em diferentes tipos de solos, aqueles com melhor drenagem natural devem ser preferidos (SOMOS, 1984).

Além do fornecimento de água no momento e na quantidade adequada, a forma de aplicação também é determinante para o sucesso da cultura. Em geral, os sistemas por aspersão favorecem doenças da parte aérea, enquanto os sistemas superficiais, como por sulcos, favorecem doenças de solo.

Entre os problemas frequentemente observados em campos de produção relacionados com a irrigação inadequada destacam: baixa eficiência no uso de água,

de energia e de nutrientes, maior incidência de doenças fúngicas e bacterianas, baixa produtividade e baixa qualidade de frutos.

SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

Embora possam ser usados diferentes sistemas de irrigação (SMITH et al., 1998), a pimenteira no Brasil é irrigada notadamente por aspersão, seguidos pelo sistema por sulco e, em muito menor escala, por gotejamento.

A seleção do sistema deve levar em consideração fatores como: custo inicial e de manutenção do sistema, tipo de solo, topografia, condições climáticas, rendimento da cultura, quantidade e qualidade da água disponível, uso de mão-de-obra, de água e de energia, e incidência de pragas e de doenças. No Quadro 1, são apresentadas características operacionais dos principais sistemas de irrigação.

¹Eng^o Agrícola, Ph.D., Pesq. Embrapa Hortaliças, Caixa Postal 218, CEP 70359-970 Brasília-DF. Correio eletrônico: waldir@cnph.embrapa.br

²Eng^o Agr^o, Ph.D., Pesq. Embrapa Hortaliças, Caixa Postal 218, CEP 70359-970 Brasília-DF. Correio eletrônico: henoque@cnph.embrapa.br

QUADRO 1 - Eficiência de irrigação, custo inicial de aquisição, gasto de energia e de mão-de-obra para diferentes sistemas de irrigação

Sistema	⁽¹⁾ Eficiência (%)	Custo (R\$/ha)	⁽²⁾ Energia (kWh/mm/ha)	Mão-de-obra (h/ha/irrigação)
Sulco	40 - 70	800 - 1.500	0,3 - 3,0	1,0 - 4,0
Convencional portátil	60 - 75	1.000 - 2.000	3,0 - 6,0	1,5 - 3,0
Convencional semiportátil	60 - 75	1.500 - 2.500	3,0 - 6,0	0,7 - 2,5
Convencional fixo	70 - 85	3.000 - 5.000	3,0 - 6,0	0,2 - 0,5
Autopropelido	60 - 70	2.000 - 3.000	6,0 - 9,0	0,5 - 1,0
Pivô central	75 - 90	2.000 - 3.500	2,0 - 6,0	0,1 - 0,7
Gotejamento	75 - 95	3.000 - 6.000	1,0 - 4,0	0,1 - 0,3

FONTE: Dados básicos: Marouelli e Silva (1998).

(1)A eficiência pode ser consideravelmente menor em sistemas com problemas de dimensionamento e/ou de manutenção. (2)Para altura de recalque entre 5 e 50 m. Para estimar gasto com diesel (L/mm/ha), dividir por 3,2.

Sistema por aspersão

Os sistemas por aspersão mais utilizados na cultura de pimenta são os convencionais: portátil, semiportátil e fixo. No sistema portátil, a motobomba, as tubulações e os aspersores são deslocados manualmente dentro da área a ser irrigada. O sistema apresenta custo relativamente baixo, mas requer uso intensivo de mão-de-obra para as mudanças dos componentes. Já no sistema fixo os componentes permanecem fixos, o que reduz o uso de mão-de-obra, mas aumenta o preço do sistema. No semiportátil, os aspersores e/ou linhas laterais são deslocados manualmente, enquanto parte ou os demais componentes permanecem fixos.

Para a produção de pimenta em larga escala, a exemplo da páprica, tem sido utilizado o sistema de pivô central. Este sistema apresenta como vantagens o menor uso de mão-de-obra, a maior uniformidade na distribuição de água e o menor gasto de energia, relativo aos demais sistemas por aspersão.

A principal vantagem da aspersão, no sistema por sulco, é a possibilidade de ela ser utilizada nos mais diversos tipos de solo e topografia, além de ter menor custo que o sistema por gotejamento. Favorece, todavia, maior incidência de doenças da parte

aérea, pois além de lavar os agrotóxicos aplicados, proporciona condições de alta umidade no dossel, sobretudo quando as regas são frequentes (NUEZ VIÑALS et al., 1996).

Sistema por superfície

Dentre os sistemas por superfície, o por sulco é o mais indicado, sendo utilizado, sobretudo, por pequenos produtores. Uma das principais vantagens é o custo inicial baixo, muito menor que os sistemas por aspersão e por gotejamento. Outro benefício é o de molhar somente a superfície do solo, o que reduz problemas de doenças da parte aérea. Como desvantagem, o sistema não é indicado para solos com alta permeabilidade, como os arenosos, terrenos com declive ou ondulação acentuada. Outros sistemas por superfície, como o por faixas e inundação, mesmo que temporária, não devem ser empregados, pois a pimenteira não tolera solos encharcados.

Por não molhar a parte aérea das plantas, o sistema por sulco, a exemplo do gotejamento, pode beneficiar a proliferação de ácaros e insetos, a exemplo de pulgões, os quais são agentes transmissores de viroses, além de oídio, que em alguns casos pode causar sérios danos à cultura. A irri-

gação por sulco pode favorecer ainda a disseminação de patógenos ao longo dos sulcos, caso a água de irrigação esteja contaminada.

Sistema por gotejamento

Alguns produtores de pimenta-malagueta, no estado do Ceará, recentemente têm optado pelo uso do gotejamento. A principal vantagem do sistema consiste na aplicação da água de forma localizada, na zona radicular, sem que essa atinja as folhas e frutos, reduzindo a ocorrência de doenças da parte aérea e as perdas por evaporação.

Por irrigar um menor volume de solo que os sistemas por aspersão e sulco, ser um sistema fixo e minimizar a incidência de doenças da parte aérea, no sistema por gotejamento as irrigações devem ser realizadas em regime de alta frequência.

A conservação de água e energia (20%-40%) e a fertirrigação fazem do gotejamento um sistema atrativo para a cultura de pimenta. Fertilizantes, a exemplo dos nitrogenados e potássicos, podem ser aplicados parceladamente via água de irrigação, de modo que atendam às necessidades da cultura, minimizando perdas de nutrientes e maximizando a produtividade de frutos.

As duas principais desvantagens do gotejamento são o alto custo e o risco de entupimento. O custo está diretamente relacionado com o espaçamento entrelinhas de plantio, que determina maior ou menor gasto com as linhas de gotejamento. Assim, o sistema é mais indicado para as pimentas cultivadas com espaçamento entrelinhas acima de 100 cm, como a 'Malagueta', e que apresentam alto retorno econômico.

A presença de partículas sólidas e orgânicas na água, assim como de carbonatos, ferro e bactérias, e a formação de precipitados insolúveis dentro da tubulação são as principais causas de entupimento de gotejadores. Esses problemas podem ser contornados, utilizando-se sistemas de filtragens e realizando-se o tratamento químico da água.

NECESSIDADE DE ÁGUA DA CULTURA

Como a maioria das hortaliças, a pimenteira tem seu rendimento comprometido tanto sob condições de deficiência quanto ao excesso de água no solo (BOSLAND; VOTAVA, 1999). A necessidade total de água da cultura é variável, pois além das condições climáticas, depende do tipo de pimenta e da duração do ciclo de desenvolvimento. Em termos gerais, varia de 500 a 800 mm, podendo ultrapassar os 1.000 mm para cultivares de ciclo longo. A necessidade diária de água, chamada evapotranspiração da cultura, engloba a quantidade de água transpirada pelas plantas mais a água evaporada do solo, variando de 3 a 10 mm/dia no pico de demanda da cultura.

Similar a outras solanáceas, o ciclo fenológico da pimenteira não segue o modelo clássico das hortaliças, em que é dividido em quatro estádios distintos com relação às necessidades hídricas (inicial, vegetativo, frutificação e maturação), pois nesta espécie os estádios de frutificação e de maturação sobrepõem-se. Assim, existem ao mesmo tempo plantas em pleno florescimento, com frutos em desenvolvimento e com frutos maduros. Ademais, o ciclo da pimenteira pode-se estender por períodos de até cinco ou mais meses, o que vai depender principalmente da sanidade das plantas. A duração de cada estágio depende da cultivar, das condições climáticas e do sistema de cultivo. No caso do estabelecimento da cultura a partir de mudas, ter-se-ia, antes do estágio inicial, um quinto estágio, o de formação de mudas.

Estádio de formação de mudas

Estende-se da semeadura até as mudas estarem prontas para o transplante, o que ocorre quando as plantas apresentam de quatro a seis folhas (cerca de 10 cm de altura).

A formação de mudas pode ser em sementeira, em copinhos de papel ou em bandejas. Em qualquer caso, irrigações leves e freqüentes, de forma que evite falta ou excesso de água, são decisivas para obtenção de mudas de qualidade. A água deve ser de boa qualidade, pois, quando proveniente de fontes contaminadas, pode transmitir doenças às mudas.

A sementeira deve ser em terreno com boa drenagem natural, de preferência em solo de textura média, sem torrões, com boa fertilidade e bom teor de matéria orgânica. Para melhorar a drenagem do solo, os canteiros devem ter em torno de 25 cm de altura, podendo ser mais altos durante o período chuvoso.

Antes da semeadura, os canteiros devem ser regados até o solo atingir umidade entre 80% e 100% da água disponível na profundidade até 30 cm. Na primeira semana após a semeadura, as regas devem ser leves e freqüentes; em geral, duas vezes por dia, uma pela manhã e outra à tarde. Sob condições de clima ameno e solo com alta capacidade de retenção de água, uma irrigação por dia deve ser suficiente. Com o crescimento das mudas, as regas devem ser diárias ou em dias alternados, sempre no período da tarde, evitando-se excesso ou falta de água. A freqüência de irrigação pode ser determinada no Quadro 2 em função da textura do solo e da evapotranspiração de referência (ET_o^3). Para minimizar os efeitos prejudiciais do impacto de gotas ao solo, aconselha-se recobrir a superfície dos canteiros com uma fina camada de palha.

No caso de sementeiras, as mudas devem ser retiradas com torrão, a fim de evitar danos às raízes e possibilitar melhor pegamento. Para tanto, o canteiro deve ser previamente irrigado para facilitar a retirada das mudas.

A produção de mudas em bandejas deve ser preferencialmente em ambiente protegido. As bandejas, normalmente, com

128 células ou mais, devem ser preenchidas com substrato comercial ou com misturas preparadas na propriedade. As regas, de preferência nas horas de temperaturas mais amenas, devem ser de uma a três vezes por dia. A quantidade de água por irrigação deve ser suficiente para iniciar escoamento na parte inferior da bandeja. Devido ao pequeno volume de substrato disponível para cada muda, o controle adequado da irrigação é muito mais importante que no sistema de produção de mudas em sementeira.

Estádio inicial

O estágio inicial de estabelecimento da cultura, no caso de semeadura direta no campo, vai da semeadura até as plantas atingirem quatro a seis folhas definitivas. No caso de mudas, a duração vai do transplante até o pleno pegamento, o que leva cerca de uma semana.

A deficiência de água pode prejudicar a germinação de sementes e o pegamento de mudas e, dessa forma, comprometer o estande e a produtividade de frutos. Irrigações em excesso nesse estágio e nos subseqüentes favorecem uma maior incidência de doenças.

A primeira irrigação antes da semeadura ou do transplante das mudas deve ser suficiente para elevar a umidade do solo até a capacidade de campo nos primeiros 30 cm do solo. A lâmina de água a ser aplicada depende da textura e da umidade inicial do solo, variando de 15 a 25 mm para solos de textura grossa até 30 a 50 mm para solos de textura fina.

Da semeadura direta no campo até a emergência de plântulas, as irrigações devem ser leves e freqüentes, procurando manter a umidade da camada superficial do solo (0 a 15 cm) próxima à capacidade de campo. Nesse período, as regas devem ser a cada um a quatro dias, dependendo da textura do solo e das condições climáticas (Quadro 2). Em solos arenosos e sob con-

³Evapotranspiração de um cultivo padrão (grama batatais). Usado para estimar o consumo de água de uma cultura específica por meio de coeficientes tabelados.

QUADRO 2 - Turno de rega (dias) durante os estádios de formação de mudas em sementeira e inicial da cultura de pimenta, e número de dias, antes da colheita, para se paralisar as irrigações em função da textura do solo e da evapotranspiração de referência (ET_o), para irrigação por aspersão e sulco

Fases da cultura	ET _o < 5 mm/dia			ET _o > 5 mm/dia		
	Textura			Textura		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
Formação de mudas em sementeira	1-2 x dia	1-2	1-2	2-3 x dia	1-2 x dia	1-2
Inicial: transplante de mudas e semeadura até a emergência de plântulas	1	2	3	2 x dia	1	2
Inicial: após a emergência de plântulas	2	3	4	1	2	3
Paralisação das irrigações	3	7	10	2	5	7

FONTE: Marouelli et al. (2001).

(1) Considerar o menor turno de rega no período entre a semeadura e 5-10 dias após a emergência.

dições de alta temperatura e baixa umidade relativa do ar, assim como antes da emergência das plântulas, podem ser necessárias de uma a duas irrigações por dia.

No caso de mudas, as regas devem ser a cada um a três dias até o completo estabelecimento delas; em solos arenosos podem ser necessárias mais de uma irrigação por dia (Quadro 2).

Para gotejamento, as irrigações devem ser mais frequentes que para aspersão e sulco; como proposta, sugere-se um turno de rega em torno de 50% maior do que aqueles apresentados no Quadro 2.

Estádio vegetativo

O estágio vegetativo compreende o período entre o estabelecimento inicial das plantas e o florescimento pleno. Limitação drástica no desenvolvimento vegetativo das plantas resultantes da ocorrência de déficits hídricos durante a fase de rápido crescimento vegetativo tem efeito negativo na produção da pimenteira (BOSLAND; VOTAVA, 1999), mesmo que o suprimento de água no estágio de frutificação seja adequado. Não obstante, deficiência moderada de água favorece maior crescimento do sistema radicular das plantas, o que é conveniente, haja vista o aumento da capa-

cidade de absorção de água e de nutrientes pelas plantas.

Irrigações excessivas, tanto nesse quanto nos estádios seguintes, favorecem maior ocorrência de doenças, além de aumentar a lixiviação de nutrientes, em especial de nitrogênio na forma de nitrato.

Estádio de frutificação

O estágio de frutificação vai da floração plena até o início da maturação de frutos. É comum, entre os diferentes tipos de pimentas, a ocorrência de um período em que há flores, frutos verdes e maduros, o que requer a realização de várias colheitas. Nesse caso, o término do estágio de frutificação deve ser por ocasião do início da maturação das pimentas que serão colhidas na penúltima colheita.

O estágio de frutificação é o mais crítico à deficiência de água, em especial durante a floração plena e o pegamento de frutos. A deficiência de água pode provocar a queda e o abortamento de flores e frutos, além de reduzir o tamanho de fruto maduro (NUEZ VIÑALS et al., 1996; SMITH et al., 1998). Ademais, a falta de água durante o estágio inicial de frutificação pode restringir a translocação de cálcio e favorecer a ocorrência de podridão apical (BOSLAND; VOTAVA, 1999).

Irrigações excessivas em terrenos com drenagem deficiente reduzem a aeração no solo e favorecem doenças de solo, o que compromete a produtividade de frutos. Irrigações frequentes por aspersão devem ser evitadas em condições favoráveis à ocorrência de doenças da parte aérea.

Estádio de maturação

O estágio de maturação vai do período entre o início da maturação⁴ de frutos e a última colheita. É um estágio menos sensível à deficiência de água no solo. Irrigações frequentes, principalmente quando realizadas por aspersão, favorecem maior incidência de podridão de frutos.

Maior pungência em pimentas picantes, maior teor de sólidos solúveis em pimentas para molhos, maior teor de matéria seca e melhor coloração em pimentas para páprica e maior concentração na maturação de frutos podem ser alcançadas pelas plantas em condições de déficit moderado de água no solo. Isto é obtido irrigando-se mais espaçadamente do que durante o estágio de frutificação e antecipando a data da última irrigação. Adicionalmente, irrigações menos frequentes durante o estágio de maturação possibilitam frutos mais vermelhos e maior uniformidade de maturação (BOSLAND;

⁴No caso de várias colheitas, considerar o início da maturação dos frutos a serem colhidos na penúltima colheita.

VOTAVA, 1999). No Quadro 2, é apresentada uma sugestão de época de paralisação das irrigações em função da textura do solo e demanda evaporativa da atmosfera.

MANEJO DA ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

O fornecimento de água às plantas no momento e na quantidade correta envolve parâmetros relacionados com a planta, o solo e o clima. Existem vários métodos para o controle da irrigação; todos com vantagens e desvantagens. Embora o murchamento das folhas no início da tarde seja um sinal da necessidade de irrigação (BOSLAND; VOTAVA, 1999), existem critérios mais precisos para indicar quando irrigar. Métodos que permitem um controle adequado e em tempo real da irrigação, como os do balanço de água no solo e da tensão-limite matricial, baseiam-se no conheci-

mento das propriedades físico-hídricas do solo, das necessidades hídricas específicas da cultura e/ou de fatores climáticos usados na determinação da evapotranspiração (MAROUELLI et al., 1996). Esses métodos requerem o uso de equipamentos para o monitoramento do *status* de água no solo⁵ (tensiômetros, blocos de resistência elétrica etc.) e/ou para estimativa da evapotranspiração (tanque Classe A, termômetros, higrômetros, radiômetros etc.), além de mão-de-obra qualificada.

A seguir é apresentado passo a passo o método do turno de rega simplificado, um procedimento alternativo que não requer cálculos complicados e o uso de equipamentos. O método, descrito por Marouelli et al. (2001), possibilita estimar valores de turno de rega e lâmina de irrigação, para cada estágio de desenvolvimento da cultura, em função das con-

dições climáticas históricas da região (normais de temperatura e umidade relativa média do ar), da textura do solo e da profundidade efetiva do sistema radicular da cultura.

Sistemas por aspersão e sulco

1º passo

Determinar, por meio do Quadro 3, a evapotranspiração de referência (ET_o), em função de dados históricos mensais médios de temperatura e umidade relativa do ar disponíveis na região. Os dados podem ser obtidos, muitas vezes, no Serviço de Extensão Rural disponível da região.

2º passo

Determinar, por meio do Quadro 4, o coeficiente de cultura⁶ para cada estágio de desenvolvimento.

QUADRO 3 - Evapotranspiração de referência (ET_o), em mm/dia, em função da temperatura e umidade relativa média do ar

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

FONTE: Marouelli et al. (2001).

NOTA: Valores de ET_o nos intervalos de umidade relativa e temperatura do ar obtidos por interpolação linear

⁵Status de água no solo diz respeito ao estado energético (tensão matricial) ou à fração de água no solo (porcentagem de umidade).

⁶Kc é um coeficiente que incorpora as características da cultura, sendo utilizado para estimar a evapotranspiração da cultura durante um estágio de desenvolvimento específico, a partir da evapotranspiração de referência.

3º passo

Determinar a evapotranspiração da pimenteira (ETc) para cada estágio da cultura, pela seguinte expressão:

$$ETc = Kc \times ETo$$

em que:

ETc = evapotranspiração da cultura, mm/dia;

Kc = coeficiente de cultura, adimensional;

ETo = evapotranspiração de referência, mm/dia.

4º passo

Determinar, por meio do Quadro 4, a profundidade efetivada do sistema radicular da cultura (Z), para cada estágio de desenvolvimento.

Para fins de irrigação, não se considera todo o perfil do solo explorado pelas raízes, mas apenas a profundidade efetiva, onde se encontra cerca de 80% do sistema radicular. Para uma rápida estimativa, recomenda-se fazer uma avaliação visual do sistema radicular em uma trincheira aberta perpendicular à fileira de plantas.

5º passo

Determinar a textura do solo.

Dentre os fatores que afetam a capacidade de armazenamento de água do solo (textura, estrutura, tipo de argila, teor de matéria orgânica etc.), a textura é o mais importante. Para fins de uso deste método simplificado, a caracterização do solo é feita de acordo com a classe textural, como a seguir:

- textura fina: franco-argilo-siltoso, franco-argiloso, argila arenosa, argila siltosa, argila, muito argiloso;
- textura média: franco, franco-siltoso, franco-argilo-arenoso, silte (solos de cerrado de textura fina devem ser considerados, para efeito dos cálculos de irrigação, como de textura média);
- textura grossa: areia, areia franca, franco-arenoso.

QUADRO 4 - Coeficiente de cultivo (Kc) para sistemas de irrigação por aspersão, sulco e gotejamento, e profundidade efetiva do sistema radicular (Z) nos diferentes estádios de desenvolvimento da cultura de pimenta

Estádio	Kc		Z (cm)
	Aspersão/Sulco	Gotejamento	
Formação de mudas	1,10	—	5-10
⁽¹⁾ Inicial	0,85	0,65	5-10
Vegetativo	0,60	0,50	15-25
Frutificação	1,05	1,00	30-40
⁽²⁾ Maturação	0,85	0,80	30-40

FONTE: Dados básicos: Doorenbos e Kassam (1986) e Nuez Viñals et al. (1996).

(1) No caso de semeadura direta no campo, usar Kc de 0,35 para aspersão/sulco e de 0,40 para gotejamento, da emergência de plântulas até o final do estágio inicial. (2) Para a produção de pimentas em que o teor de matéria seca e/ou de sólidos solúveis seja importante, como para páprica e molhos líquidos, reduzir o valor de Kc para 0,75, no caso de aspersão e sulco, e para 0,70, no caso de gotejamento.

Muitas vezes, o produtor dispõe da classe textural do solo por ser uma informação requerida por alguns bancos, para o financiamento agrícola. Caso não disponível, a análise pode ser feita a preços acessíveis na maioria dos laboratórios de análise de solo.

6º passo

Determinar o turno de rega (intervalo entre irrigações consecutivas) para cada estágio da cultura, em função da evapotranspiração, textura do solo e profundidade efetiva das raízes. Utilizar o Quadro 2 para os estádios de formação de mudas e inicial e o Quadro 5 para os demais estádios.

7º passo

Determinar a lâmina de água real necessária por irrigação pela seguinte expressão:

$$LRN = TR \times ETc$$

em que:

LRN = lâmina de água real necessária, mm.

8º passo

Determinar a lâmina de água total necessária em função da eficiência de irrigação do sistema e da necessidade de lixiviação pela expressão:

$$LTN = \frac{100 \times LRN}{Ei \times (1 - LR)}$$

em que:

LTN = lâmina de água total necessária, mm;

Ei = eficiência de irrigação, % (Quadro 1);

LR = fração de lixiviação requerida, decimal.

Em regiões semi-áridas, principalmente, o solo pode conter altas taxas de sais solúveis e a água de irrigação pode ser salina e prejudicar a cultura pelo efeito dos íons presentes. Sob tais condições, deve-se aplicar uma fração adicional de água para lavar os sais e evitar que se acumulem no solo, que pode ser computada por (AYERS; WESTCOT, 1989):

$$LR = \frac{CEa}{15 - CEa}$$

em que:

CEa = condutividade elétrica da água de irrigação⁷, dS/m.

⁷ Expressa, de forma indireta, a quantidade de sais dissolvida na água.

QUADRO 5 - Turno de rega (dia) para a cultura de pimenta irrigada por aspersão ou sulco em função da evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade de raízes, textura do solo e estágio de desenvolvimento das plantas

ETc (mm/dia)	Profundidade efetiva de raízes (cm)											
	10			20			30			40		
	Textura			Textura			Textura			Textura		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
Estádios vegetativo e de maturação												
1	3	7	10	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2	2	3	5	3	7	10	5	11	15	7	14	20
3	1	2	3	2	5	7	4	7	10	5	10	13
4	1	2	3	2	4	5	3	5	8	4	7	10
5	1	1	2	1	3	4	2	4	6	3	6	8
6	2 x dia	1	2	1	2	3	2	4	5	2	5	7
7	2 x dia	1	1	1	2	3	2	3	4	2	4	6
8	–	–	–	1	2	3	1	3	4	2	4	5
9	–	–	–	1	2	2	1	2	3	2	3	4
10	–	–	–	1	1	2	1	2	3	1	3	4
11	–	–	–	2 x dia	1	2	1	2	3	1	3	3

ETc (mm/dia)	Profundidade efetiva de raízes (cm)											
	10			20			30			40		
	Textura			Textura			Textura			Textura		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
Estádio de frutificação												
2	–	–	–	3	5	8	4	8	12	5	11	16
3	–	–	–	2	4	5	3	5	8	4	7	11
4	–	–	–	1	3	4	2	4	6	3	5	8
5	–	–	–	1	2	3	2	3	5	2	4	6
6	–	–	–	1	2	3	1	3	4	2	4	5
7	–	–	–	1	2	2	1	2	3	2	3	5
8	–	–	–	1	1	2	1	2	3	1	3	4
9	–	–	–	2 x dia	1	2	1	2	3	1	2	4
10	–	–	–	2 x dia	1	2	1	2	2	1	2	3
11	–	–	–	2 x dia	1	1	1	1	2	1	2	3
12	–	–	–	2 x dia	1	1	1	1	2	1	2	3
13	–	–	–	2 x dia	1	1	2 x dia	1	2	1	2	2
14	–	–	–	2 x dia	1	1	2 x dia	1	2	1	2	2

FONTE: Dados básicos: Marouelli e Silva (2004).

NOTA: 2 x dia = 2 irrigações por dia.

Quando a água não apresenta problemas de salinidade ($CEa < 0,7$ dS/m) não se faz necessário aplicar a fração de lixiviação; portanto, usar $LR = 0$.

9º passo

Calcular o tempo de irrigação.

Para aspersão convencional, o tempo necessário para aplicar a quantidade de água necessária é determinado por:

$$Ti = \frac{60 \times LTN}{Ia}$$

em que:

Ti = tempo de irrigação, min;

Ia = intensidade de aplicação de água do sistema, mm/h.

A intensidade de aplicação de água pelo sistema de irrigação varia com o diâmetro de bocais, pressão de serviço e espaçamento entre aspersores, podendo ser obtida de catálogos técnicos dos fabricantes de aspersores. Não dispondo dessas informações, a intensidade de aplicação pode ser obtida em testes de campo por:

$$Ia = \frac{1000 \times Q}{Ea \times El}$$

em que:

Q = vazão do aspersor (m^3/h);

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

El = espaçamento entre linhas laterais (m).

No caso de pivô central, deve-se selecionar a velocidade de deslocamento, em porcentagem, que seja suficiente para que o sistema aplique uma lâmina igual ou ligeiramente superior a LTN, conforme tabela fornecida pelo fabricante do pivô ou avaliada no campo.

Para irrigação por sulco, o tempo de irrigação deve ser igual ao tempo necessário para a água atingir o final do sulco mais o tempo suficiente para infiltrar a lâmina de água requerida pelas plantas (LRN). O comprimento do sulco e a velocidade de infiltração são dependentes do tipo de solo, devendo ser avaliados em testes de campo.

Sistema por gotejamento

1º ao 5º passo

Determinar a evapotranspiração de referência, o coeficiente de cultura, a evapotranspiração da cultura, a profundidade efetivada do sistema radicular da cultura e a textura do solo, conforme recomendado para sistemas por aspersão e sulco.

6º passo

Determinar, por meio do Quadro 6, o turno de rega para cada estágio da cultura.

7º e 8º passos

Determinar a lâmina de água real e total necessária por irrigação, conforme recomendado para sistemas por aspersão e sulco.

9º passo

Determinar o tempo necessário para cada irrigação pela seguinte expressão.

$$Ti = 6.000 \times \frac{TR \times ETc \times SI \times Sg}{Vg \times Ei \times (1 - LR)}$$

em que:

SI = espaçamento entre laterais, m;

Sg = espaçamento entre gotejadores, m;

Vg = vazão do gotejador, L/h;

Ei = eficiência de irrigação, %.

A eficiência de irrigação depende das características do sistema, do solo e do manejo de água, principalmente, devendo ser avaliada diretamente no campo. Em termos gerais, considerar Ei entre 80% e 85%, para solos arenosos, e entre 90% e 95%, para solos argilosos. Para sistemas com problemas de dimensionamento e/ou de entupimento, Ei pode atingir valores inferiores a 50%, o que irá comprometer o rendimento da cultura.

Para irrigação por gotejamento da pimenteira, LR pode ser estimado por (AYERS; WESTCOT, 1989; NUEZ VIÑALS et al., 1996):

$$LR = 0,06 \times CEa$$

Outros métodos para o manejo de irrigação

Para a produção de pimenta em larga escala é aconselhável adotar um método de manejo com melhor precisão do que o apresentado anteriormente, como do balanço de água no solo ou da tensão-limite matricial. Maiores informações sobre a utilização de tais métodos são apresentadas em Marouelli et al. (1996).

A precisão do método do turno de rega simplificado pode ser melhorada calculando-se a evapotranspiração da cultura em tempo real (diariamente). Nesse caso, o valor de ETc deve ser igual à média da evapotranspiração ocorrida no período entre duas irrigações consecutivas. Um método simples para estimar a ETo é o do tanque de evaporação Classe A (MAROUELLI et al., 1996). Como qualquer outro método para estimativa da ETc , o tanque Classe A apresenta desvantagens e requer cuidados especiais. O método FAO Penman-Monteith é o considerado padrão para a estimativa diária de ETo em todo o mundo (ALLEN et al., 1998).

Outro processo para realizar o manejo de irrigação é por meio do uso de sensores para a medição direta ou indireta à tensão matricial, ou seja, a “força” com que a água é retida pela matriz do solo. Dessa forma, pode-se determinar o momento exato de irrigar e a quantidade de água a ser aplicada por vez. Para a cultura de pimenta irrigada por aspersão ou sulco, a tensão-limite recomendada varia entre 25 e 30 kPa, durante o estágio de frutificação, e entre 50 e 60 kPa, durante os estádios vegetativo e de maturação. Para gotejamento, a tensão-limite deve ser mantida entre 10 e 15 kPa, sendo o menor valor para solos de textura arenosa (SOMOS, 1984; NUEZ VIÑALS et al., 1996; MAROUELLI; SILVA, 2004). O sensor mais comumente utilizado para medição direta da tensão matricial é o tensiômetro.

Recentemente, foi desenvolvido pela Embrapa Hortaliças um sensor de tensão denominado Irrigas® (CALBO; SILVA, 2006), que apresenta custo reduzido, baixa manutenção e é de fácil utilização. O sensor

QUADRO 6 - Turno de rega (dia) para a cultura de pimenta irrigada por gotejamento em função da evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade de raízes e textura do solo

ETc (mm/dia)	Profundidade efetiva de raízes (cm)											
	10			20			30			40		
	Textura			Textura			Textura			Textura		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
1	1	2	2	2	3	5	—	—	—	—	—	—
2	2 x dia	1	1	1	2	2	1	2	4	2	3	5
3	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1	1	2	2	1	2	3
4	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1	1	1	2	1	2	2
5	4 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1	1	1	2
6	5 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1	1	1	2
7	—	—	—	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1	2 x dia	1	1
8	—	—	—	3 x dia	2 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1
9	—	—	—	4 x dia	2 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1
10	—	—	—	4 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1
11	—	—	—	5 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	2 x dia	2 x dia	1	1
12	—	—	—	5 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1

FONTE: Dados básicos: Marouelli e Silva (2004).

NOTA: 2 x dia = 2 irrigações por dia.

não fornece leituras contínuas de tensão, mas indica se a tensão está abaixo ou acima de seu valor de referência. Atualmente, o sensor está disponível para as tensões de referência de 10, 25 e 45 kPa. Sensores com diferentes valores de referência podem ser instalados lado a lado para melhor monitorar a tensão matricial.

FERTIRRIGAÇÃO

Fertirrigação é o processo de aplicação de fertilizantes via água de irrigação. O processo é próprio para uso em sistemas por aspersão tipo pivô central e, principalmente, por gotejamento. Pela facilidade de aplicação, os fertilizantes podem ser injetados na tubulação de forma parcelada, visando atender às necessidades das plantas. O parcelamento permite manter a fertilidade no solo próxima ao nível ótimo requerido durante todo o ciclo da cultura, o que possibilita incrementos de produtividade e minimiza a lixiviação de nutrientes (BOSLAND; VOTAVA, 1999).

Os principais dispositivos de injeção de fertilizantes são os do tipo Venturi, tanque de diferencial de pressão e bombas injetoras (diafragma e pistão). Todos os dispositivos podem ser utilizados em sistemas por gotejamento, sendo a bomba de pistão a melhor opção para pivô central. O injetor do tipo Venturi é o mais utilizado em sistemas por gotejamento, devido principalmente ao baixo custo. Para aspersão convencional, o tanque de diferencial de pressão é um dos mais utilizados.

Os nutrientes mais comumente aplicados por fertirrigação são os de maior mobilidade no solo, como o nitrogênio e o potássio. A ocorrência de podridão apical e a necessidade de pulverizações foliares com cálcio podem ser eliminadas, aplicando-se parte do cálcio via fertirrigação durante o florescimento e a frutificação. Os demais nutrientes, a exemplo do fósforo, devem ser fornecidos, preferencialmente, como adubação básica no sulco de plantio.

Para gotejamento sugere-se aplicar de 10% a 20% da recomendação total de nitrogênio e de potássio em pré-plantio. Tal estratégia tem por objetivo formar uma reserva no solo suficiente para o desenvolvimento inicial das plantas. O restante é fornecido via fertirrigação, à medida que as plantas se desenvolvem (Quadro 7). Para solos arenosos, as fertirrigações devem ser realizadas a cada um a três dias e, para solos argilosos, pode-se adotar frequência semanal.

Para aspersão, deve-se aplicar um terço do nitrogênio em pré-plantio e parcelar o restante via água de irrigação a cada duas ou três semanas. As aplicações devem começar aos 30 dias após o plantio e ir até o início da maturação. O potássio e o cálcio, embora menos utilizados, também podem ser aplicados via água. A adoção da fertirrigação em sistema por aspersão é viável desde que a uniformidade de distribuição de água do sistema seja superior a 65%.

QUADRO 7 - Dosagens relativas (%) de nitrogênio, potássio e cálcio para fornecimento por fertirrigação ao longo do ciclo da cultura de pimenta, em relação ao total recomendado

Textura	Ciclo relativo da cultura (%)									
	Plantio	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100
Nitrogênio/Potássio										
Grossa	10	5	5	5	10	15	15	20	10	5
Fina	20	5	5	5	10	15	15	20	5	0
Cálcio										
Todas	50	0	0	5	10	10	15	10	0	0

FONTE: Dados básicos: Nuez Viñals et al. (1996).

Os principais fertilizantes aplicados por fertirrigação são: uréia, cloreto de potássio, nitrato de cálcio, nitrato de potássio, sulfato de amônio, sulfato de potássio e cloreto de cálcio. O cálcio não deve ser aplicado em água contendo bicarbonato (acima de 400 mg/L) ou ser injetado simultaneamente com fertilizantes à base de sulfatos ou fosfatos, sob o risco de precipitar e causar o entupimento de gotejadores. Vários outros cuidados, especialmente relacionados com a qualidade da água, devem ser tomados para evitar problemas de entupimento em sistemas por gotejamento.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso da irrigação é fator determinante na produção comercial da pimenteira em regiões com precipitação escassa ou mal distribuída. As plantas são particularmente sensíveis à falta de água durante a floração e a frutificação. Não obstante, água em excesso, especialmente em solos com problema de drenagem, favorece várias doenças de solo. Assim, as regas devem ser realizadas, visando atender à demanda hídrica das plantas, nunca em demasia ou carência.

Analogamente ao verificado em toda a agricultura irrigada no Brasil, a irrigação da pimenteira é realizada de forma empírica e ineficiente, em geral, com grande desperdício de água e prejuízos à produtividade e à qualidade de frutos. Isto ocorre, devido à

utilização de sistemas com baixa eficiência, do manejo inadequado de irrigação ou até mesmo pelo conceito errôneo de que água é um recurso abundante e inesgotável. Tal situação pode ser revertida por meio do simples uso de tecnologias e das informações disponibilizadas no presente artigo, muitas delas de fácil adoção pelos produtores.

De modo geral, as informações disponíveis na literatura sobre irrigação para as diferentes variedades de pimentas, e até mesmo espécies do gênero *Capsicum*, são escassas e incompletas. Estudos têm sido realizados, em todo o mundo, especialmente para pimentão (*Capsicum annuum* var. *annuum*), razão de sua maior importância econômica. Assim, ainda existem inúmeras questões a serem respondidas pela pesquisa no que tange à irrigação da pimenteira.

REFERÊNCIAS

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 328p. (FAO. Irrigation and Drainage Papers, 56).
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **Water quality for agriculture**. Rome: FAO, 1989. 174p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 29).
- BOSLAND, P.W.; VOTAVA, E. **Peppers: vegetable and spice capsicums**. Wallingford: CAB, 1999. 204p.
- CALBO, A.G.; SILVA, W.L. de C. e. Gaseous irrigation control system: descriptions and physical tests for performance assessment. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.3, p.501-510, 2006.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1986. 193p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).

ESTRADA, B.; POMAR, F.; DÍAZ, J.; MERINO, F.; BERNAL, M.A. Pungency level in fruits of the padrón pepper with different water supply. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, n.81, p.385-396, 1999.

LOPES, C.A.; HENZ, G.P. Doenças e métodos de controle. In: COSTA, C.S.R. da; HENZ, G.P. (Ed.). **Cultivo das pimentas**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. (Embrapa Hortaliças. Sistemas de Produção, 4). Versão eletrônica. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/sistprod/pimenta/doencas.htm>>. Acesso em: 11 jul. 2006.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, H.R. Pimenta: como, quando e quanto irrigar. **Cultivar: hortaliças e frutas**, Pelotas, v.4, n.24, p.10-13, 2004.

_____; SILVA, W.L.C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-CNPB, 1998. 15p. (EMBRAPA-CNPB. Circular Técnica, 11).

_____; _____. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica/Embrapa Hortaliças, 2001. 111p.

_____; _____. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-SPI/EMBRAPA-CNPB, 1996. 72p.

NUEZ VIÑALS, F.; GIL ORTEGA, R.; COSTA GARCIA, J. **El cultivo de pimientos, chiles y ajíes**. Madrid: Mundi-Prensa, 1996. 607p.

SMITH, R.; HARTZ, T.; AGUIAR, J.; MOLINAR, R. **Chile pepper production in California**. Oakland: University of California, 1998. 4p. (Vegetable Production Series. Publication, 7244).

SOMOS, A. **The paprika**. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1984. 302p.