

Irrigação da Cultura da Cenoura



Fotos: Waldir A. Marouelli

Brasília, DF
Janeiro, 2007

Autor

Waldir A. Marouelli

Eng. Agríc., PhD
Embrapa Hortaliças
C. Postal 218
70359-970 Brasília, DF
waldir@cnph.embrapa.br

Rubens A. Oliveira

Eng. Agríc., DSc
Depto. Eng. Agrícola/UFV
36571-000 Viçosa, MG
ralves@ufv.br

Washington L. C. Silva

Eng. Agr., PhD
Embrapa Sede, PqEB s/n
70770-901 Brasília, DF
washington.silva@embrapa.br

Introdução

A cenoura (*Daucus carota L.*) é a quinta olerícola cultivada no Brasil em ordem de importância econômica. A área média anual colhida é de 27 mil hectares e a produção de 760 mil toneladas, correspondendo a um valor bruto no atacado de 690 milhões de reais. Seu cultivo é de alta relevância socioeconômica, principalmente nas Regiões do Alto Paranaíba e Irecê, localizadas respectivamente nos Estados de Minas Gerais e Bahia. Outras unidades da Federação com produção significativa são: São Paulo, Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Distrito Federal.

A irrigação é uma prática essencial para o êxito da cultura, seja pelo incremento de produtividade, seja pela melhor qualidade de raízes, incluindo aumento no teor de caroteno, fibras digestivas e sabor. Com exceção da Região Sul do Brasil, o cultivo é quase que totalmente irrigado, em especial, por aspersão. Não obstante, a área irrigada na Região Sul vem aumentando nos últimos anos, pelo fato de a irrigação eliminar os riscos da produção sob condições climáticas sujeitas a veranico. Nas Regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, a irrigação é freqüentemente usada de forma suplementar, mesmo durante a estação chuvosa, haja vista que a ocorrência de veranicos superiores a quatro dias podem comprometer a produção da cenoura.

A importância da irrigação bem realizada para o sucesso da cultura da cenoura pode ser constatada na Figura 1. Enquanto o primeiro incremento de produtividade, verificado entre 1982 e 1984, deve-se à introdução

da cultivar Brasília pela Embrapa Hortaliças, o segundo, ocorrido entre 1989 e 1991, é atribuído, em grande parte, ao uso mais eficiente da irrigação. A partir de 1989 houve um aumento expressivo da área cultivada de cenoura em Minas Gerais, especialmente na Região do Alto Paranaíba. Muito embora não adotando estratégias de manejo de água plenamente adequadas, essas áreas de produção passaram a ser irrigadas por pivô central, reconhecidamente um sistema que aplica água de forma mais uniforme que por aspersão convencional.

Enquanto a produtividade média nacional é cerca de 29 t ha⁻¹, cultivos bem conduzidos, incluindo-se manejo adequado das práticas de irrigação, apresentam rendimento entre 50 e 60 t ha⁻¹. Na Região do Alto Paranaíba, MG, produtividades acima de 80 t ha⁻¹ tem sido alcançadas sob o sistema de irrigação pivô central.

Sistema de Irrigação

No Brasil, a cenoura é irrigada predominantemente por aspersão. Pode também ser irrigada por sulco e gotejamento. Os sistemas superficiais por faixa e por inundação, mesmo que temporária, não devem ser

utilizados em razão da não adequação de solos encharcados à cultura.

Irrigação por Aspersão

O sistema de irrigação por aspersão convencional é o mais utilizado, especialmente nas Regiões Sul, Sudeste e Nordeste, seguido do pivô central. Nos sistemas convencionais, os aspersores mais utilizados são os de impacto com raio de alcance em torno de 16 m.

O uso de aspersores do tipo canhão hidráulico, e mesmo o uso daqueles de menor tamanho, mas operando com pressão de serviço inferior a 250 kPa ($\cong 2,5 \text{ kgf cm}^{-2}$), pode provocar compactação do solo, exposição das sementes e erosão do canteiro, comprometendo a germinação, o estande e favorecendo a ocorrência de raízes com ombro-verde. Esses problemas podem ser minimizados elevando-se a pressão de serviço do aspersor para que haja a formação de gotas de menor diâmetro. O grau de pulverização do jato pode ser estimado pela seguinte relação:

$$G_d = \frac{P_s}{10 \times d}$$

em que:

Gd = grau de pulverização do jato;
Ps = pressão de serviço do aspersor (kPa);
d = diâmetro do maior bocal do aspersor (mm).

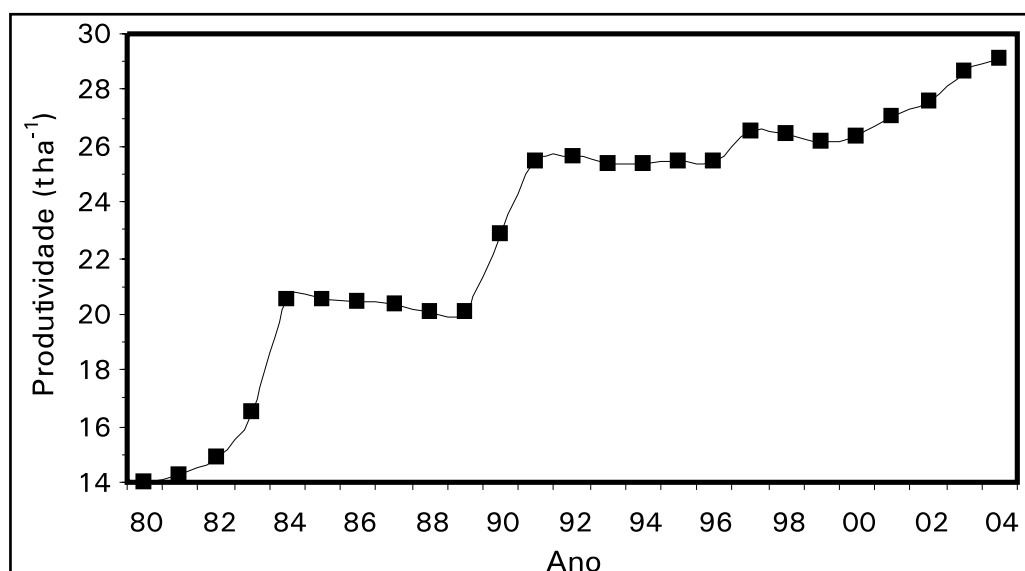


Fig. 1. Evolução da produtividade de cenoura no Brasil entre 1980 e 2004.

Para a cultura da cenoura, especialmente da semeadura até a emergência das plântulas, G_d deve estar entre 4 e 6. Já para condições de vento acima de 2 m s^{-1} , devem-se permitir gotas de maior diâmetro (G_d entre 3 e 4) a fim de minimizar a deriva de água. Adicionalmente, para reduzir o impacto das gotas sobre a superfície do solo e plântulas, melhorar a uniformidade de distribuição de água e reduzir a deriva de água pelo vento, os aspersores devem ser posicionados próximos da superfície do solo.

Nos últimos anos, alguns produtores de cenoura da Região de Irecê, BA, têm optado por sistemas fixos com microaspersores. Todavia, nessa região predomina o uso de tubos de polietileno perfurados com raio laser, com orifícios de 0,3 mm de diâmetro (Sistema Santeno®). Nesse caso, é recomendado o uso do tubo tipo I, dotado de orifícios espaçados de 15 cm. No campo, os tubos devem ser espaçados de 3,0 m, operando com pressão de serviço de 80 kPa ($\cong 0,8 \text{ kgf cm}^{-2}$). A distribuição de água é feita com jatos bem finos que não causam erosão, contribuindo para melhorar a germinação e manter a integridade dos canteiros, minimizando problemas de ombro-verde. A principal desvantagem desse sistema é a necessidade do corte das folhas das plantas laterais do canteiro, para evitar que essas não interfiram na distribuição de água.

Em grandes áreas de cultivo, como na Região do Alto Paranaíba, MG, predomina o sistema pivô central. Na Região de Irecê, BA, alguns produtores também utilizam o pivô central, geralmente irrigando áreas inferiores a 10 ha.

Irrigação por Sulco

O sistema por sulco tem sido bastante empregado em vários países para a irrigação da cultura da cenoura. Na Califórnia, por exemplo, estado responsável por 85% da cenoura produzida nos EUA, a cultura é irrigada predominantemente por sulco. Todavia, da semeadura até o estabelecimento inicial das plantas, a irrigação é geralmente realizada por aspersão. Isso se faz necessário em razão da

aspersão manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo, o que favorece a germinação, evita a formação de crosta na superfície do solo e, conseqüentemente, facilita a emergência de plântulas.

Por não molhar a folhagem das plantas, a irrigação por sulco pouco interfere nas aplicações de agrotóxicos e minimiza a ocorrência de doenças da parte aérea em cultivares suscetíveis. Pode, por outro lado, favorecer a ocorrência de doenças de solo, especialmente sob condições de drenagem inadequada, além de favorecer maior incidência de algumas pragas, como pulgões.

O sistema de irrigação por sulco tem sido pouco utilizado pelos agricultores brasileiros em decorrência da alta taxa de infiltração da maioria dos solos nas áreas de produção, da necessidade de sistematização do terreno e do maior uso de mão-de-obra. Além disso, algumas cultivares apresentam baixa resistência às principais doenças de solo sob condições tropicais, como aquelas dos grupos Nantes e Kuroda.

Irrigação por Gotejamento

Apesar das inúmeras vantagens que o sistema oferece, o gotejamento ainda tem sido pouco adotado para a irrigação da cenoura. A principal limitação é o alto custo do sistema, decorrente da grande quantidade de tubulações e emissores necessários para atender à alta densidade de plantio da cultura. O custo unitário de um sistema por gotejamento para cenoura pode ser quatro vezes maior que o de um sistema por aspersão. Por essa razão, o sistema ainda não tem sido utilizado em escala comercial no Brasil. Em países como Israel, Austrália e EUA, o gotejamento tem sido empregado; porém, ainda de maneira reduzida. Ademais, estudos realizados na Califórnia têm indicado resultados econômicos pouco satisfatórios.

Para o cultivo da cenoura, os gotejadores devem ser espaçados de modo que se forme uma faixa

molhada contínua ao longo da linha de plantio. Como regra geral, pode-se adotar espaçamento entre emissores variando de 10 a 20 cm para solos de textura grossa (arenosa), de 20 a 30 cm para textura média e de 30 a 50 cm para textura fina (argilosa). Para sistema de cultivo em canteiros, com largura de 100 a 120 cm, podem ser necessárias de 2 a 3 linhas de gotejadores por canteiro.

Necessidade de Água das Plantas

A necessidade de água para a irrigação da cultura da cenoura varia de 350 a 550 mm por ciclo, dependendo das condições climáticas, duração do ciclo da cultivar e sistema de irrigação. A demanda diária de água aumenta ligeiramente com o crescimento das plantas, sendo máxima no estágio de engrossamento de raiz.

A cenoura é altamente sensível ao déficit hídrico. O êxito da cultura é obtido quando a umidade do solo é mantida próxima à capacidade de campo durante todo o ciclo de desenvolvimento das plantas. O excesso de água pode ser mais prejudicial que condições de baixa disponibilidade de água no solo. Além de favorecer maior incidência de doenças de solo, o excesso limita a disponibilidade de oxigênio e a absorção de água e de nutrientes pelas raízes. O problema é mais grave em solos de várzea com drenagem deficiente. Dentre os estádios da cultura, o inicial e o vegetativo são os mais sensíveis a condições inadequadas de aeração na rizosfera.

O rendimento máximo da cultura é obtido quando as irrigações são realizadas de forma a aplicar lâminas de água correspondentes a evapotranspiração potencial da cultura. Em termos gerais, déficit de irrigação de 20% reduz a produtividade de raízes comercializáveis em cerca de 20%, déficit de 40% reduz em 50% e déficit de 60% reduz em 100%. Além disso, a lâmina de água que maximiza a produção física é próxima daquela que promove máximo retorno econômico. Assim, sob condições de

disponibilidade limitada de água, deve-se optar por maximizar a produção por unidade de área e não irrigar com déficit uma área maior.

O ciclo fenológico da cenoura, da sementeira até a colheita varia de 85 a 125 dias, dependendo da cultivar, do clima e da época de colheita. Em termos de necessidade de água, o ciclo pode ser dividido em quatro estádios: inicial, vegetativo, engrossamento de raiz e maturação.

Estádio Inicial

O estágio inicial compreende o período que vai da sementeira até o estabelecimento inicial das plantas (cerca de 5 dias após o desbaste), apresentando duração de 30 a 35 dias. A baixa taxa de germinação de sementes no campo é um problema comum entre as cultivares de cenoura. Dentre os fatores abióticos que podem afetar a germinação, a umidade do solo é provavelmente o mais importante.

A cenoura é particularmente sensível à falta de água durante a germinação e a emergência, quando o secamento, a formação de crostas e o aquecimento superficial do solo podem provocar a morte das plântulas. Mesmo sob condições moderadas de umidade, pode ocorrer redução significativa na taxa de germinação. Para garantir boa germinação e emergência de plântulas, as irrigações devem ser freqüentes (1 a 2 dias) de forma a manter o teor de água próximo à capacidade de campo, na camada superficial do solo (0 a 15 cm), durante todo o estágio inicial. Sob condições extremas, ou seja, alta evapotranspiração, solos de textura grossa e/ou solos com tendência à formação de crosta superficial, podem ser necessárias até três irrigações por dia.

Além disso, a irrigação deve ser uniforme para garantir um estande homogêneo em todo o campo. O uso de aspersores com taxa de aplicação de água maior que a infiltração do solo provoca escoamento superficial e formação de crostas, prejudicando o estande final.

Nesse estágio, o excesso de água, tanto quanto a falta, pode comprometer o estande de plantas. Irrigações excessivas favorecem maior incidência de patógenos associados à ocorrência de podridão de pré-emergência e tombamento, como *Alternaria dauci*, *Alternaria radicina*, *Pythium* sp., *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani* e *Xanthomonas campestris* pv. *carotae*.

A evapotranspiração da cultura no estágio inicial depende, principalmente, da evaporação de água na superfície do solo, a qual é função da fração da superfície de solo umedecida (100% na aspersão), da frequência de irrigação e da demanda evapotranspirativa da atmosfera.

Estádio Vegetativo

O estágio vegetativo compreende o período entre o estabelecimento inicial das plantas e o início do engrossamento de raízes. Nesse estágio, a raiz de armazenamento cresce predominantemente em comprimento (crescimento primário). Todavia, a raiz continua crescendo até os 60 a 70 dias após a germinação.

Mesmo sendo as plantas menos sensíveis ao déficit hídrico que nos estádios inicial e de engrossamento de raiz, irrigações deficitárias durante este estágio ocasionam menor crescimento das plantas, com redução na produtividade, mesmo que o suprimento de água no estágio seguinte seja adequado. Todavia, como as plantas apresentam maior vigor e um sistema radicular mais desenvolvido que no estágio inicial, pode-se adotar um maior intervalo entre as irrigações.

Condições de déficit ou excesso de água no solo decorrentes do manejo inadequado da irrigação, assim como solos com estrutura ou preparo impróprio, favorecem a incidência de raízes deformadas (tortas, bifurcadas e curtas). Para prevenir tais distúrbios, devem-se evitar irrigações em excesso ou insuficientes, escolher terrenos sem cascalho, com boa drenagem natural e realizar o preparo do solo eliminando-se os torrões.

Estádio de Engrossamento de Raiz

Corresponde ao período em que a raiz de armazenamento começa a crescer rapidamente em diâmetro (crescimento secundário) até o início da senescência da parte aérea. De fato, o engrossamento da raiz inicia-se aproximadamente aos 40 dias após a semeadura e se estende até a colheita.

O estágio de engrossamento de raiz, no qual a necessidade de água das plantas atinge o máximo nível de demanda, é altamente sensível ao déficit hídrico. A falta de água restringe o armazenamento de carboidratos nas raízes de reserva, reduzindo o diâmetro e o rendimento.

Dentre os distúrbios fisiológicos prejudiciais à aparência da raiz que podem ocorrer sob irrigação deficitária, a formação de radículas laterais é o mais freqüente. O crescimento de radículas laterais pode ocorrer tanto durante o estágio de engrossamento de raiz quanto de maturação. O distúrbio resulta em prejuízos, principalmente quando o produtor não dispõe de lavador capaz de eliminar as radículas. Ademais, a maior quantidade de solo aderido às raízes prejudica o processo de lavagem.

O excesso de água no solo, resultante de irrigações em demasia e/ou solos com drenagem deficiente, prejudica o crescimento das raízes e favorece a incidência de doenças, bem como de raízes cônicas e descoloridas.

Estádio de Maturação

Durante esse estágio, compreendido entre o início da maturação e a colheita, há uma ligeira redução da necessidade de água pelas plantas. O sinal de amadurecimento é indicado pelo amarelecimento e secamento das folhas inferiores das plantas.

Como a época de colheita é determinada muitas vezes pela demanda de mercado, ou seja, tamanho e preço de raiz, a duração do estágio de maturação é muito variada. Algumas vezes, inclusive, a colheita é realizada ainda no estágio de engrossamento de raiz.

Estresse hídrico durante o final do estágio anterior e o de maturação pode prejudicar significativamente a qualidade de raízes. Variações bruscas no teor de água no solo, especialmente no período próximo à colheita, favorecem maior incidência de rachaduras ou fendilhamento longitudinal de raiz. A deficiência de água leva a uma perda de elasticidade da parede celular do floema; assim, quanto mais água for aplicada após um período de déficit hídrico prolongado, mais rapidamente o xilema se expande, provocando a rachadura da raiz. Esse distúrbio fisiológico também está associado à deficiência de boro e cálcio, que provoca enfraquecimento da parede celular da raiz.

O teor de sólidos solúveis das raízes está diretamente relacionado à quantidade de água aplicada ao longo do estágio de maturação. Culturas irrigadas em excesso produzem raízes com menor teor de açúcar que aquelas menos irrigadas. Irrigações excessivas, principalmente durante o estágio de maturação, também prejudicam a coloração das raízes, além de favorecer doenças como a podridão-de-raiz, que pode ser induzida por diversos patógenos, como os fungos *Sclerotium rolfsii* e *Sclerotinia sclerotiorum* e a bactéria *Erwinia carotovora*.

Necessidade de Drenagem

A cultura da cenoura apresenta alta suscetibilidade ao excesso de água no solo, desenvolvendo-se bem em solos profundos e bem drenados. Plantas submetidas a condições de saturação do solo durante períodos de duas horas, a cada irrigação, têm o rendimento de raízes comercializáveis reduzido em cerca de 20% e de raízes extras (tipo 1) em até 80%. Já quando a saturação ocorre por períodos de um dia, a redução chega a 40% e 100%, respectivamente.

Solos encharcados apresentam aeração deficiente pelo fato de a água ocupar a porosidade vazia do solo, reduzindo a disponibilidade de oxigênio na rizosfera. Tal

condição contribui para a formação de raízes curtas e cônicas, além de favorecer podridões de raízes ocasionadas por microorganismos de solo.

Via de regra, todo o terreno dispõe de drenagem natural, que nem sempre é suficiente para eliminar o excesso de água e propiciar condições ideais para o cultivo de cenoura. Nesse caso, o agricultor deve procurar um outro terreno, com drenagem adequada, ou utilizar práticas para melhorar a drenagem do solo.

O problema de drenagem deficiente ocorre quase sempre em solos de várzea, em razão à presença de lençol freático superficial; em terrenos planos com solos de baixa capacidade de infiltração, baixa permeabilidade, presença de camada impermeável ou compactada; e em terrenos com superfície irregular. A situação se agrava durante a estação chuvosa.

A instalação de drenos rasos não é geralmente suficiente para eliminar o excesso de água, pois o acúmulo se dá em depressões e irregularidades no terreno. Para uma maior eficiência é necessário realizar uma sistematização simples da área, eliminando as depressões do terreno e criando um gradiente favorável para o escoamento da água, sem causar erosão.

O sistema rotineiramente utilizado pelos produtores para minimizar problemas de excesso de água é a implantação da cultura em canteiros, de 80 a 120 cm de largura e de 15 a 20 cm de altura, dependendo do tamanho do encanteirador disponível. Em períodos chuvosos e solos com drenagem natural deficiente, os canteiros devem ser levantados ainda mais (30 a 35 cm de altura), o que pode ser feito com sulcadores e prancha niveladora. Tal procedimento tem se mostrado eficiente quando o terreno apresenta poucas irregularidades e existe um pequeno declive para escoamento da água para fora da área. Além disso, a subsolagem e o uso de práticas para aumentar o teor de matéria orgânica são fundamentais para melhorar a capacidade de drenagem dos solos.

A drenagem também pode ser uma prática necessária para o controle da salinidade do solo, principalmente em regiões áridas e semi-áridas. Nessas regiões é necessário aplicar uma fração adicional de água a cada irrigação para lixiviar o excesso de sais solúveis presentes na água. Assim, caso a drenagem natural do solo seja ineficiente, drenos subterrâneos devem ser instalados. Sistema de drenos também se faz necessário quando do cultivo em várzeas.

Manejo da Água de Irrigação

Para melhor germinação, a semeadura deve ser realizada em solo úmido. A lâmina de água a ser aplicada antes da semeadura deve ser suficiente para elevar a umidade do solo até a capacidade de campo na camada até 30 cm; depende do tipo e da umidade inicial de solo, podendo ser estimada usando-se a Tabela 1. No caso de irrigação por gotejamento, a lâmina deve ser cerca de 20% menor e, para a melhor formação da faixa molhada, ser aplicada de forma fracionada durante 2 a 3 dias.

A reposição da água do solo no momento oportuno e na quantidade adequada, ao longo do ciclo da cultura, envolve uma série de parâmetros relacionados à planta, ao solo e ao clima. Existem vários métodos disponíveis para o controle da irrigação, todos apresentando vantagens e desvantagens. Métodos que permitem um controle preciso da irrigação, como o do balanço e o da tensão da água do solo, baseiam-se no conhecimento de propriedades físico-hídricas do solo, necessidades hídricas específicas da cultura e fatores climáticos associados à evapotranspiração. Tais métodos

requerem equipamentos para o monitoramento da água do solo (tensiômetros, blocos de resistência elétrica) e/ou para estimativa da evapotranspiração da cultura (tanque Classe A, termômetros, higrômetros, radiômetros etc.), além de pessoal qualificado.

Apesar das inúmeras metodologias disponíveis, a grande maioria dos produtores irriga de forma empírica, na maioria das vezes inadequadamente, apenas com base em observações visuais dos sintomas de deficiência de água na planta e no solo. Tais critérios, mesmo para produtores com grande experiência, podem predispor à redução de produtividade, maior incidência de doenças e menor eficiência no uso de água, energia e nutrientes, em razão das plantas serem submetidas a condições de excesso e/ou falta de água. O baixo índice de adoção de métodos apropriados deve-se, sobretudo, à crença dos agricultores de que esses processos são caros, complicados, trabalhosos e que sua adoção não proporciona ganhos econômicos compensadores.

As irrigações devem ser realizadas até próximo à colheita, o que facilita o arranquio das raízes e propicia a obtenção de cenouras mais tenras e sem danos. A última irrigação deve ocorrer de 1 a 6 dias antes da colheita, sendo o menor valor para cultivos realizados em condições de alta evapotranspiração e solos arenosos (Tabela 2).

Manejo Simplificado de Irrigação

A seguir é apresentado um procedimento prático para a programação da irrigação, que não requer o uso de equipamentos e cálculos

Tabela 1. Lâmina real de água, em mm, a ser aplicada antes da semeadura da cenoura, conforme a textura e umidade do solo.

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

complicados. O método possibilita estimar valores de turno de rega e lâmina de irrigação para cada estágio de desenvolvimento da cultura, conforme as condições climáticas médias da região, tipo de solo e profundidade efetiva do sistema radicular das plantas, a partir do uso de tabelas.

Passo 1: Determinar, na Tabela 3, a evapotranspiração de referência* (ET_o), a partir de dados históricos médios de temperatura e umidade relativa do ar disponíveis na região. Os dados podem ser obtidos no serviço de extensão rural disponível na região.

Passo 2: Determinar, na Tabela 4, o coeficiente de cultura (K_c) para cada estágio de desenvolvimento.

Passo 3: Determinar a evapotranspiração da cenoura (ET_c) para cada estágio da cultura:

$$ET_c = K_c \times ET_o$$

em que:

ET_c = evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹);

K_c = coeficiente de cultura;

ET_o = evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹).

Passo 4: Determinar a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura para cada estágio de desenvolvimento. No estágio de máximo crescimento vegetativo (65 a 75 dias da semeadura), as raízes absorventes da cenoura podem explorar uma profundidade de solo entre 50 e 75 cm. Para fins de irrigação, a profundidade efetiva do sistema

Tabela 2. Sugestão de número de dias antes da colheita da cenoura para se paralisar as irrigações por aspersão, conforme a textura do solo e a evapotranspiração da cultura (ET_c).

ET _c < 5 mm dia ⁻¹			ET _c > 5 mm dia ⁻¹		
Textura do solo			Textura do solo		
Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
2	4	6	1	2	4

Fonte: Marouelli *et al.* (2001).

Tabela 3. Evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹) conforme a umidade relativa e temperatura média do ar.

UR _m (%)	Temperatura (°C)													
	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
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

Fonte: Marouelli *et al.* (2001).

* Evapotranspiração de um cultivo padrão de referência (grama batatais). Usada para estimar o consumo de água de outras culturas por meio de coeficientes tabelados.

radicular da cenoura, na qual se concentram aproximadamente 80% das raízes, varia entre 35 e 45 cm, devendo, contudo, ser avaliada para cada condição específica e estágio fenológico da cultura. A avaliação pode ser realizada visualmente, abrindo-se uma trincheira perpendicularmente à linha de plantio.

Passo 5: Determinar, na Tabela 5, o turno de rega (intervalo entre irrigações consecutivas)

para cada estágio da cultura, em função da evapotranspiração da cultura, textura do solo e profundidade efetiva das raízes.

A Tabela 5 foi desenvolvida para sistemas de irrigação por aspersão. Para irrigação por sulco, o turno de rega pode ser estimado como sendo cerca de 40% maior que aquele determinado para a aspersão, enquanto para gotejamento cerca de 70% menor.

Tabela 4. Coeficiente de cultura (Kc), conforme o sistema de irrigação e duração dos estádios de desenvolvimento da cenoura.

Estádio	Kc			Duração (dias)
	Aspersão	Gotejamento	Sulco	
Inicial (I)	0,95 – 1,05*	0,75 – 0,85	0,70 – 0,80	25 – 35
Vegetativo (II)	0,95 – 1,05	0,75 – 0,85	0,80 – 0,90	20 – 25
Engrossamento de raiz (III)	1,05 – 1,15	0,95 – 1,05	1,00 – 1,10	25 – 35
Maturação (IV)	0,95 – 1,10	0,90 – 1,00	0,95 – 1,05	15 – 25

* Para turno de rega (TR) de 1 dia, usar Kc de 1,05 a 1,15; para TR ≥ 3 dias, usar de 0,70 a 0,85.

Fonte: Marouelli *et al.* (1996), Allen *et al.* (1998) e Oliveira *et al.* (2002).

Tabela 5. Turno de rega (dia) para a cultura da cenoura irrigada por aspersão, conforme a evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade de raízes e textura do solo*.

ETc (mm dia ⁻¹)	Profundidade efetiva de raízes								
	10 cm			30 cm			50 cm		
	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	3 x dia	1	1	1	2	3	2	3	4
9	3 x dia	1	1	1	2	2	1	3	4
10	3 x dia	2 x dia	1	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

*Solos de cerrado de textura fina devem ser considerados, para fins de uso dessa tabela, como de textura média.

Fonte: Marouelli *et al.* (2001).

Passo 6: Determinar a lâmina de água real necessária por irrigação:

$$LRN = TR \times ET_c$$

em que:

LRN = lâmina de água real necessária (mm).

Passo 7: Estimar a eficiência do sistema de irrigação. Valores aceitáveis de eficiência de irrigação para sistemas por aspersão convencional estão entre 65% e 80%, para autopropelido entre 65% e 75%, para pivô central e gotejamento entre 75% e 90% e para sulco entre 50% e 60%. Na prática, é comum encontrar sistemas de irrigação operando com eficiência muito abaixo da aceitável, resultantes de dimensionamento hidráulico e manutenção inadequada do sistema e, no caso de aspersão, condições climáticas adversas (vento acima de $1,0 \text{ m s}^{-1}$). Em vez de se utilizar valores de projeto, deve-se avaliar o sistema sob condições normais de operação.

Passo 8: Determinar a necessidade de lixiviação de sais. Em regiões semi-áridas, principalmente, a água de irrigação pode ser salina e prejudicar a cultura. Sob tais condições, deve-se aplicar uma fração de água em excesso para manter o balanço adequado de sais na zona radicular:

$$LR = \frac{CEa}{8,5 - CEa}$$

em que:

LR = fração de lixiviação requerida (decimal);
CEa = condutividade elétrica da água de irrigação (dS m^{-1}).

Quando não existir risco de salinidade ($CEa \leq 0,5 \text{ dS m}^{-1}$), não se faz necessário aplicar água em excesso; portanto, usar $LR = 0$.

Passo 9: Determinar a lâmina total de água a ser aplicada, conforme a fórmula:

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

em que:

LTN = lâmina de água total necessária (mm);
 E_i = eficiência de irrigação (%).

Passo 10: Calcular o tempo de irrigação. Para aspersão convencional, incluindo microaspersão e sistema tipo Santeno®, o tempo é determinado por:

$$T_i = \frac{60 \times LTN}{I_a}$$

em que:

T_i = tempo de irrigação (min);
 I_a = intensidade de aplicação de água do sistema de irrigação (mm h^{-1}).

A intensidade de aplicação de água do sistema varia com o diâmetro de bocais, pressão de serviço e espaçamento entre aspersores, podendo ser obtida nos catálogos técnicos dos fabricantes de aspersores ou em testes de campo.

No caso de pivô central, deve-se selecionar a velocidade de deslocamento, em porcentagem, que seja suficiente para aplicar uma lâmina igual ou ligeiramente superior à LTN.

Em sistema por sulco, o tempo de irrigação é igual ao tempo necessário para a água atingir o final do sulco mais o tempo gasto para infiltrar a lâmina de água requerida pelas plantas (LRN). O comprimento dos sulcos e a velocidade de infiltração de água são dependentes do tipo de solo, sendo recomendada a sua avaliação em testes de campo.

Outros Métodos para Manejo de Irrigação

Para a produção de cenoura em grande escala é recomendado utilizar métodos com melhor precisão que o manejo apresentado anteriormente. Pode-se optar por aqueles baseados na avaliação, em tempo real, da água do solo, especialmente da tensão com que a água é retida pela matriz do solo, e da

evapotranspiração da cultura (balanço de água do solo). A seguir são apresentados parâmetros relacionados ao solo e à planta que permitem o uso desses métodos para o manejo de irrigação da cenoura.

Para maximizar a produtividade de raízes comercializáveis de cenoura, as irrigações devem ser realizadas quando a tensão-limite (avaliada na região correspondente a 50% da profundidade efetiva das raízes) atingir de 10 a 15 kPa, para solos de textura arenosa; e de 20 a 40 kPa, para solos de textura média e fina. Os maiores valores, dentro de cada classe textural, devem ser tomados como limite para reposição de água nos estádios mais tolerantes ao déficit hídrico. Para irrigação via gotejamento, o solo deve ser mantido com maior teor de água, devendo-se considerar a faixa de tensão-limite entre 7 e 20 kPa como ideal.

O tensiômetro é um dos sensores mais utilizados para monitorar a tensão de água no solo, fornecendo leituras diretas e contínuas de tensão na faixa entre zero e 80 kPa. Sua principal desvantagem é o alto custo. O sensor Irrigas®, recentemente desenvolvido pela Embrapa Hortaliças, oferece potencial para substituir o tensiômetro na indicação do momento da irrigação na cultura da cenoura. Apresenta custo reduzido, baixa manutenção e fácil utilização, estando disponível nas versões de 10, 25 e 45 kPa. A desvantagem é que o sensor não indica, de forma quantitativa, a tensão atual de água no solo, mas somente se está abaixo ou acima do valor de referência (10, 25 ou 45 kPa).

O fator de reposição de água ao solo (f) indica a fração da água total disponível no solo que pode ser utilizada pelas plantas sem provocar redução de rendimento da cultura, podendo ser obtida a partir da tensão recomendada para reinício da irrigação e da curva de retenção de água no solo. Para solos de textura fina e alta evapotranspiração ($ET_c > 6 \text{ mm dia}^{-1}$), usar valores entre 0,30 e 0,35, e para solos de textura grossa e baixa evapotranspiração ($ET_c < 4 \text{ mm}$

dia^{-1}), entre 0,45 e 0,50. Para irrigação por sulco considerar-se um fator de disponibilidade entre 0,40 e 0,60, e para gotejamento, entre 0,15 e 0,25.

Existem vários métodos para a estimativa da evapotranspiração da cultura em tempo real. Um dos mais utilizados é o do tanque classe A. Os coeficientes de cultura (K_c) nos diferentes estádios da cenoura, necessários para o cálculo da evapotranspiração da cultura, são apresentados na Tabela 4. Nota-se que esses coeficientes são dependentes, principalmente, do sistema de irrigação e da frequência de irrigação. Quando a cobertura vegetal é pequena e a superfície do solo é mantida úmida, a evapotranspiração se dá, predominantemente, pela evaporação direta de água do solo. Quanto mais frequentes forem as irrigações, em especial durante o estágio inicial, maior deve ser o valor de K_c .

Informações detalhadas sobre os procedimentos para utilização destes métodos são descritas no livro “Manejo da Irrigação em Hortaliças”, publicado pela Embrapa Hortaliças <<http://www.cnph.embrapa.br>>.

Fertilização

Por apresentar alta taxa de crescimento em ciclo curto (85 a 125 dias) e sistema radicular pouco desenvolvido, a cenoura exige alta disponibilidade de nutrientes na solução do solo. Assim, o conhecimento da exigência nutricional da cultura, associado ao manejo adequado da adubação e da irrigação, afeta de forma positiva a produção de raízes.

No Brasil, a aplicação de nitrogênio e potássio em cobertura tem sido realizada predominantemente a lanço. Por causa do espaçamento reduzido entre as plantas de cenoura, a incorporação mecânica do fertilizante em cobertura é inviável. Visando reduzir perdas por volatilização do nitrogênio e fazer com que os nutrientes atinjam as raízes das plantas, é realizada uma irrigação logo após a adubação

de cobertura. Nesse sistema convencional de adubação, entre 30% e 40% do nitrogênio e do potássio são fornecidos em pré-plantio, e o restante é parcelado de duas a três vezes ao longo do ciclo da cultura, entre 15 e 40 dias após a emergência.

A fertirrigação, prática de aplicação periódica de fertilizantes via água de irrigação, tem sido largamente adotada em vários países para a cultura da cenoura. No Brasil, essa prática ainda é pouco pesquisada e utilizada pelos produtores de cenoura.

Por permitir maior parcelamento nas aplicações e melhor incorporação dos fertilizantes no solo, minimizando as perdas por volatilização e lixiviação, a fertirrigação possibilita maior eficiência no uso de nutrientes pelas plantas e ganhos de produtividade.

Teoricamente, a fertirrigação pode ser utilizada pelos diferentes sistemas de irrigação. A principal condição é que o sistema aplique água com uniformidade acima de 70%. Dentre os sistemas por aspersão, o pivô central é um dos mais apropriados; todavia, sistemas convencionais adequadamente dimensionados também podem ser utilizados.

Por razões econômicas e práticas, nem todos os nutrientes devem ser parcelados ao longo do ciclo fenológico da cultura, seja pelo método convencional de aplicação, seja via fertirrigação.

Via de regra, todo o fósforo, cálcio, magnésio e micronutrientes devem ser fornecidos em pré-plantio, porque esses nutrientes são menos sujeitos à lixiviação e porque há pequeno incremento de produtividade quando aplicados via fertirrigação. Somente uma fração do potássio e do nitrogênio total (20% a 30%) deve ser fornecida em pré-plantio, sendo o restante aplicado de forma parcelada, ao longo do ciclo da cultura.

A aplicação de nutrientes via fertirrigação deve ser muito mais freqüente que no sistema convencional: a cada duas ou três semanas na aspersão e semanalmente no gotejamento. Como parte do nitrogênio e do potássio é aplicada em pré-plantio, não é necessário fertirrigação nas duas primeiras semanas após a semeadura. A última fertirrigação deve ser realizada de duas a quatro semanas antes da colheita, pois o solo dispõe de quantidade suficiente de nutrientes para suprir as necessidades das plantas até a colheita. Uma sugestão para o parcelamento de nitrogênio e potássio via fertirrigação é apresentada na Tabela 6.

A injeção de fertilizante deve ser finalizada antes do término da irrigação, a fim de lavar as tubulações e os emissores (evitar corrosão do sistema) e a folhagem das plantas (evitar injúrias aos tecidos).

Tabela 6. Sugestão para o parcelamento de nitrogênio e potássio via fertirrigação ao longo do ciclo fenológico da cultura da cenoura.

Nutriente	Período relativo do ciclo da cultura (%) ¹										
	Plantio ²	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Quantidade relativa de nutriente (%) ³											
N	20	0	5	10	10	15	15	20	5	0	0
K	30	0	5	5	10	10	15	15	10	0	0

¹ Percentagem do ciclo total da cultura (ex.: 30% equivale ao 27º dia para uma cultivar com ciclo de 90 dias).

² Aplicar em pré-plantio 20% do N e 30% do K total recomendado.

³ Percentagem de nutriente a ser fornecido em cada período relativo à quantidade total recomendada.

Agradecimento

Ao Dr. Jairo Vidal Vieira, pesquisador da Embrapa Hortaliças, pela revisão e sugestões apresentadas, fornecimento de dados e interpretação da Figura 1.

Referências Bibliográficas

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration**: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. 328 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).
- CALBO, A. G.; SILVA, W. L. C. Irrigas: novo sistema para controle da irrigação: In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 21., 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ABID, 2001. p. 177-182.
- CARVALHO, J. A.; BERNARDO, S.; CASALI, V. W. D.; CECON, P. R. Efeitos da lâmina de irrigação sobre o crescimento da cenoura (*Daucus carota* L.) cv. Brasília. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 42, n. 243, p. 528-542, 1995.
- EVERS, A. M. The role of fertilization practices in the yield and quality of carrot (*Daucus carota* L.). **Journal of Agricultural Science in Finland**, v. 61, n. 4, p. 329-360, 1989.
- LIMA JÚNIOR, F. A.; SANTOS, E. S.; CARVALHO, H. O.; METRI, J. E. C. Estudo do manejo da irrigação durante o período de germinação da cenoura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28., 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas: SBEA-UFPEl, 1999. 4 p. CD-ROM. Trabalho 225.
- LUNARDI, D. M. C.; LAPERUTA FILHO, J. Evapotranspiração máxima e coeficiente de cultura da cenoura (*Daucus carota* L.). **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 13-17, 1999.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Irrigação subsuperficial: uma opção para hortaliças em solos de várzeas. **Hortinforme**, Brasília, DF, n. 5, p. 4-5, 1991.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças**: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças, 2001. 111 p.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI: EMBRAPA-CNPq, 1996. 72 p.
- MARQUELLI, W. A.; VIEIRA, J. V. Irrigação na produção de raízes e sementes de cenoura. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, DF, n. 42, p. 29-31, 1990.
- MARTIN, E. C.; SLACK, D. C.; PEGELOW, E. J. Crop coefficients for vegetables in Central Arizona. In: INTERNATIONAL CONFERENCE, 1996, San Antonio. **Proceedings...** San Antonio: ASAE, 1996. p. 381-386.
- McGIFFEN, M.; NUNEZ, J.; SUSLOW, T.; MAYBERRY, K. **Carrot production in California**. Oakland: University of California, 1997. 4 p. (DANR Publication, 7226).
- MOURA, M. V. T.; MARQUES JÚNIOR, S.; BOTREL, T. A.; FRIZONE, J. A. Estimativa do consumo de água na cultura da cenoura (*Daucus carota* L.) v. Nantes Superior, para a região de Piracicaba, através do método do balanço hídrico. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 51, n. 2, p. 284-291, 1994.
- OLIVEIRA, R. A.; ROCHA, I. B.; SEDIYAMA, G. C.; PUIATTI, M.; CECON, P. R.; SILVEIRA, S. F. R. Coeficiente de cultura da cenoura irrigada por pivô central, nas condições edafoclimáticas do Alto Pananaíba. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12., 2002, Uberlândia. **[Anais]...** Uberlândia: ABID, 2002. CD-Rom.

ROCHA, I. B. **Avaliação econômica da produção da cenoura (*Daucus carota* L.) irrigada nas condições edafoclimáticas da região do Alto Paranaíba**. 2003. 105 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa,,MG.

RUBATZKY, V. E.; QUIROS, C. F.; SIMON, P. W. **Carrots and related vegetable umbelliferae**. Cambridge: CABI, 1999. 294 p. (CAB. Crop Production Science in Horticulture, 10).

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.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



Circular
Técnica, 48

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Hortaliças
Endereço: BR 060 km 9 Rod. Brasília-Anápolis
C. Postal 218, 70.539-970 Brasília-DF
Fone: (61) 3385-9110
Fax: (61) 3385-9042
E-mail: sac@cnph.embrapa.br

1ª edição
1ª impressão (2007): 500 exemplares

Comitê de
Publicações

Presidente: Gilmar P. Henz
Secretária-Executiva: Fabiana S. Spada
Editor Técnico: Flávia A. Alcântara
Membros: Alice Maria Quezado Duval
Edson Guiducci Filho
Milza M. Lana

Expediente

Supervisor editorial: Sieglinde Brunne

Editoração eletrônica: José Miguel dos Santos