

146

# Circular Técnica

Brasília, DF  
Fevereiro, 2016

## Autores

**Waldir Aparecido Marouelli**  
Eng. Agríc., Ph. D. em  
Engenharia Agrícola e  
Biosistemas,  
pesquisador da  
Embrapa Hortaliças,  
Brasília, DF

**Marcos Brandão Braga**  
Eng. Agr., D.Sc. em  
Agronomia - Irrigação  
e Drenagem,  
pesquisador da  
Embrapa Hortaliças,  
Brasília, DF

## Método Prático do Tato-Aparência do Solo para Manejo de Irrigação em Hortaliças

Fotos: Waldir A. Marouelli



### Introdução

As hortaliças requerem adequada disponibilidade de água no solo para que possam se desenvolver, propiciando produtividades elevadas e produtos de boa qualidade. Enquanto algumas espécies toleram solos relativamente secos, sem que a produtividade seja significativa prejudicada, por alguns dias, como a abóbora e a batata-doce, ou até semanas, como o grão-de-bico e a lentilha, a grande maioria necessita de suprimento de água constante durante todo o ciclo de cultivo.

A baixa tolerância das hortaliças à falta de água se deve, dentre outros fatores, às plantas serem de ciclo de vida curto (60-150 dias) e às partes comestíveis – folhas, frutos, tubérculos e raízes – apresentarem alto teor de água (80-96%). Adicionalmente, suas raízes, por serem pouco profundas (20-40 cm), exploram volume reduzido de solo, o que leva a uma necessidade de umedecimento frequente do solo.

A irrigação é uma das práticas agrícolas mais importantes na produção de hortaliças, especialmente em regiões ou estações com distribuição irregular de chuvas ou com períodos prolongados de estiagem. Mesmo em regiões úmidas, a ocorrência de veranicos, ainda que por poucos dias, pode prejudicar a produção de espécies mais sensíveis à falta de água. Hortaliças folhosas, como a alface, a cebolinha e a rúcula, requerem irrigações complementares mesmos durante a estação chuvosa.

Outro aspecto importante associado às hortaliças é que parte considerável da produção ocorre em áreas próximas aos grandes centros urbanos. Por concentrar os principais setores que usam água, são exatamente nessas regiões que existem as maiores demandas e a menor disponibilidade de água de qualidade. Nesse contexto, a irrigação é o setor que normalmente demanda mais água – produtores usam, em média, entre 60 m<sup>3</sup> e 100 m<sup>3</sup> por dia para irrigar um hectare de hortaliças.

As hortaliças também não toleram excesso de água. Água em demasia prejudica a aeração do solo e a respiração das raízes, o que predispõem maior ocorrência de doenças e perda de nutrientes por lixiviação, principalmente nitrogênio e potássio. Já o molhamento frequente da folhagem pela água de irrigação favorece aumento de doenças de parte aérea. Uma grave consequência do manejo impróprio da irrigação é, portanto, a forte tendência de maior uso de agrotóxicos para o controle de doenças em lavouras irrigadas em excesso ou em regime de alta frequência.

Como as hortaliças são sensíveis tanto à falta quanto ao excesso de água, as irrigações devem ser realizadas de forma a manter o solo sempre com umidade adequada, mas sem que fique saturado. Mas ao contrário do que possa parecer e do praticado, a resposta para questões sobre quando e quanto irrigar requer um mínimo de conhecimento técnico, pois dependem de vários fatores, como espécie cultivada, fase de desenvolvimentos das plantas, tipo de solo, condições climáticas e sistema de irrigação usado.

A despeito de haver várias estratégias para o manejo correto da água de irrigação, a maioria dos olericultores irriga suas lavouras de forma imprópria – muitas vezes em excesso, como forma de garantir que não falte água para as plantas. Isso provoca desperdício de água, de energia e de nutrientes, redução de produtividade e pior qualidade do produto.

A presente publicação apresenta um procedimento simples, prático e de baixo custo que permite ao usuário determinar quando e quanto irrigar diferentes espécies de hortaliças, tendo como base o método do tato-aparência para avaliação da água disponível no solo. O procedimento é indicado para pequenos produtores de hortaliças, mas também

pode ser usado, com vantagens, por todos aqueles que irrigam sem qualquer critério ou experiência técnica.

## Métodos de manejo e limitações de uso

Entende-se por manejo da água de irrigação um conjunto de práticas e procedimentos que visa determinar o momento de se irrigar (quando irrigar) e a quantidade de água a ser aplicada a cada irrigação (quanto irrigar). Um manejo bem feito tem como foco fazer com que as irrigações sejam realizadas de modo balanceado, ou seja, sem que as plantas sofram com a falta de água ou que se irrigue em excesso, visando maximizar o potencial produtivo da cultura e minimizar desperdícios.

Os principais métodos de manejo de irrigação disponíveis envolvem o uso de sensores para avaliação da água no solo e/ou de estações agrometeorológicas para quantificar a água usada pelas plantas. Apesar de usados com sucesso em grandes áreas irrigadas por aspersão via pivô central, como no caso da batata, da cebola e da cenoura, e em ambientes protegidos irrigados por gotejamento, como no caso do pimentão e do tomate, tais tecnologias não são adotadas pela grande maioria dos produtores de hortaliças.

O baixo índice de adoção das tecnologias de manejo deve-se aos custos envolvidos, à complexidade de uso e ao fato de os produtores acreditarem que não proporcionam ganhos econômicos compensadores. Tais justificativas, sobretudo no que se refere ao pequeno produtor de hortaliças, são parcialmente verdadeiras, pois além do investimento, sua adoção requer mão-de-obra treinada e dedicada para o manejo diário das irrigações. Mas não controlar as irrigações de forma apropriada pode trazer prejuízos ao produtor, pois irrigar além do necessário ou em quantidade insuficiente à exigida pelas plantas prejudica a produção da maioria das hortaliças e, conseqüentemente, o retorno econômico ao produtor.

Dentre as estratégias de manejo existentes, a avaliação da disponibilidade de água no solo é a mais usada por produtores de hortaliças em todo o mundo. Existem no mercado diferentes sensores que podem ser instalados na lavoura para indicar

quando e quanto irrigar. O problema é que tais sensores apresentam custo elevado, demandam treinamento específico, exigem manutenção constante, requerem calibração e/ou têm baixa precisão (MAROUELLI et al., 2011).

A disponibilidade de água no solo pode ser avaliada de forma visual, a partir de uma amostra de solo, sem o uso de qualquer tipo de sensor. Mesmo não sendo quantitativa, a avaliação fornece ao usuário informações rápidas e suficientes para indicar a necessidade ou não de se irrigar a lavoura (KLOCKE; FISCHBACH, 1984; COELHO et al., 2013). Uma precisão minimamente aceitável é alcançada quando amostras de solo são retiradas logo abaixo da camada de maior concentração de raízes e se utiliza algum tipo de guia interpretativo para se estimar a disponibilidade de água existente na zona radicular da cultura.

## O solo como reservatório de água

O solo tem a capacidade de armazenar água em seus poros, fornecendo-a às plantas na medida de sua necessidade. Como qualquer reservatório, o solo tem capacidade limitada, a qual depende do tamanho e da natureza de suas partículas e da profundidade explorada pelas raízes das plantas.

O tamanho e a natureza das partículas minerais, bem como o arranjo dos elementos estruturais, dão ao solo características próprias de armazenamento de água. Em termos gerais, a textura do solo é o parâmetro mais intimamente relacionado à capacidade de armazenamento de água, podendo-se dizer que solos de textura grossa – aqueles mais arenosos – retêm menos água do que solos de textura fina – aqueles mais argilosos (Figura 1). Assim, as irrigações em solos de textura grossa devem ser mais frequentes e em menor quantidade do que em solos de textura fina.

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

Nem toda a água presente no solo está disponível para as plantas de maneira similar. À medida que o solo vai secando mais difícil se torna para



**Figura 1.** Representação esquemática da capacidade de armazenamento de água em solos típicos de textura grossa (arenosos) e fina (argilosos).

as plantas extraírem água por meio de suas raízes, pois a água se prende mais fortemente às partículas de solo. Não se deve esperar que as plantas usem toda a água existente no solo para irrigar, já que a produção seria comprometida. Por outro lado, excesso de água não é garantia de bom desenvolvimento das plantas. Muito embora, nesse caso, a água esteja livremente disponível, pode saturar grande parte dos espaços porosos do solo, comprometendo a aeração e afetando à funcionalidade das raízes. Ademais, se água for aplicada em excesso, parte dela é perdida por drenagem profunda, com o conseqüente arraste de nutrientes – lixiviação – para abaixo da zona explorada pelas raízes da cultura

Como regra geral, podemos considerar as seguintes condições ou faixas de percentagem de água disponível no solo ( $AD_{\text{solo}}$ ):

- **100%** – Solo com máxima disponibilidade de água e aeração moderada – condição denominada de capacidade de campo. Qualquer quantidade de água adicional aplicada será perdida por drenagem além das raízes, prejudicará a aeração na zona radicular e provocará a lixiviação de nutrientes.
- **75-100%** – Solo com excelente condição de umidade e boa aeração. Faixa de  $AD_{\text{solo}}$  indicada para irrigar hortaliças sensíveis ao deficit de água.

- **50-75%** – Solo com boa condição de umidade e excelente aeração. Faixa de  $AD_{\text{solo}}$  indicada para irrigar hortaliças moderadamente sensíveis ao deficit de água.
- **25-50%** – Solo com limitada disponibilidade de água e excelente aeração. Faixa de  $AD_{\text{solo}}$  indicada para irrigar hortaliças com tolerância moderada ao deficit de água.
- **0-25%** – Solo com baixa disponibilidade de água e excelente aeração. Faixa de  $AD_{\text{solo}}$  indicada para irrigar somente durante fases específicas de desenvolvimento de algumas hortaliças tolerantes ao deficit de água.
- **0%** – Solo com insignificante disponibilidade de água e excelente aeração – condição denominada de ponto de murcha permanente. As plantas não conseguem mais retirar água do solo e murcham de forma permanente.

A capacidade de retenção de água do solo é normalmente determinada em laboratórios especializados a partir de amostras retiradas na área a ser irrigada. Além de envolver custos e de conhecimento técnico para uso dos dados de retenção de água fornecidos, é relativamente difícil encontrar laboratórios para realizar a análise. Tais informações, no entanto, não são necessárias para uso do procedimento apresentado nesta publicação.

A quantidade de água facilmente disponível no solo ( $A_{\text{FD}}$ ) – água armazenada no solo que pode ser usada pelas plantas sem que haja redução de produtividade – pode ser estimada usando a Tabela 1, em função da textura do solo e da  $AD_{\text{solo}}$  que se deseja irrigar a cultura. Os valores de  $A_{\text{FD}}$  devem ser tomados apenas como sugestão inicial para se determinar a lâmina de água<sup>1</sup> a ser aplicada a cada irrigação. À medida que as irrigações vão sendo realizadas é possível ajustar o valor de  $A_{\text{FD}}$  para uma condição de solo específica, avaliando-se  $AD_{\text{solo}}$  ao longo do perfil do solo explorado pelas raízes.

Para uso da Tabela 1, sugere-se que a textura do solo seja determinada a partir de sua classe textural, conforme apresentado na Tabela 2. Verificar que muitos solos de textura fina de Cerrado

caracterizam-se pela elevada estabilidade estrutural – formação de agregados maiores, similares a grãos de areia média ou grossa – em decorrência da atuação dos óxidos de alumínio e de ferro e da matéria orgânica, e moderada capacidade de retenção de água. Para o uso da Tabela 1, tais solos devem ser considerados como de textura média.

Apesar do uso da Tabela 1 possibilitar um ajuste mais rápido da lâmina de irrigação, a estratégia de manejo aqui apresentada também pode ser adotada sem a necessidade de uso da Tabela 1 ou que o

**Tabela 1.** Valores médios de água facilmente disponível no solo ( $A_{\text{FD}}$ ; mm  $\text{cm}^{-1}$ ), conforme a textura e a água disponível no solo ( $AD_{\text{solo}}$ ) no momento da irrigação.

$AD_{\text{solo}}$ (%)	Textura		
	Grossa <sup>(1)</sup>	Média <sup>(2)</sup>	Fina <sup>(3)</sup>
0-25	0,45	1,05	1,75
25-50	0,35	0,75	1,25
50-75	0,20	0,45	0,75
75-100	0,10	0,15	0,25
100 <sup>(4)</sup>	---	0,10	0,15

<sup>(1)</sup> Classes texturais: arenosa, areia franca, franco arenosa.

<sup>(2)</sup> Classes texturais: franca, franco siltosa, franco argilo arenosa, siltosa.

<sup>(3)</sup> Classes texturais: franco argilo siltosa, franco argilosa, argilo arenosa, argilo siltosa, argilosa, muito argilosa.

<sup>(4)</sup> Sugestão de  $A_{\text{FD}}$  para agrião-da-água.

Obs.: muitos solos de textura fina de cerrado caracterizam-se pela elevada estabilidade estrutural (formação de agregados maiores), devendo ser considerados, para uso dessa tabela, como de textura média.

Fonte: adaptado de Marouelli (2008) e Marouelli et al. (2011).

**Tabela 2.** Texturas e valores médios de disponibilidade total de água no solo (DTA), conforme sua classe textural.

Textura	DTA (mm $\text{cm}^{-1}$ )	Classe textural
Grossa	0,5	Arenosa, areia franca e franco arenosa
Média	1,2	Franca, franco siltosa, franco argilo arenosa e siltosa
Fina	2,0	Franco argilo siltosa, franco argilosa, argilo arenosa, argilo siltosa, argilosa e muito argilosa

Obs.: muitos solos de textura fina de cerrado caracterizam-se pela elevada estabilidade estrutural (formação de agregados maiores), devendo ser considerados como de textura média.

Fonte: adaptado de Marouelli et al. (2014).

<sup>1</sup> Quantidade de água expressa como altura acumulada sobre uma superfície plana e impermeável, na ausência de evaporação. A saber, 1 mm (0,001 m) de água aplicado em 1 ha (10.000 m<sup>2</sup>) representa um volume de 10.000 L (10 m<sup>3</sup>), ou seja, 0,001 m x 10.000 m<sup>2</sup> = 10 m<sup>3</sup>.

usuário disponha de informações de armazenamento de água do solo a ser irrigado, como apresentado posteriormente.

## Avaliação da profundidade efetiva do sistema radicular

Para se determinar a quantidade ou lâmina total de água facilmente disponível no solo para as plantas, assim como estabelecer a profundidade onde serão retiradas as amostras de solo para se avaliar a  $AD_{\text{solo}}$ , é necessário conhecer a profundidade da camada de solo explorada pelas raízes das plantas em cada fase de desenvolvimento da cultura.

Em irrigação não se considera todo o perfil do solo explorado pelas raízes, mas apenas a profundidade efetiva do sistema radicular, que conceitualmente é equivalente à camada de solo onde se concentra 80% das raízes. Sua determinação é fundamental, pois a adoção de valores maiores que o real acarreta na aplicação de mais água que o solo pode reter, enquanto valores menores resultam em quantidades insuficientes de água para reestabelecer a umidade do solo. Adicionalmente, é essencial que as amostras de solo, para fins de avaliação da  $AD_{\text{solo}}$ , sejam retiradas na profundidade correta.

Muitos fatores, como textura e fertilidade do solo, práticas culturais, solos rasos, irrigações muito frequentes e camadas de solo fortemente diferenciadas, afetam o crescimento das raízes e, conseqüentemente, a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura. Assim, é recomendado avaliar o sistema radicular no próprio local de cultivo, em vez de se usar valores tabelados, determinados em outras áreas ou para outras hortaliças. Mas não é necessário avaliar seguidamente as raízes de uma mesma hortaliça em safras seguintes caso o plantio seja feito no mesmo solo.

Como as raízes crescem à medida que as plantas se desenvolvem, a profundidade efetiva do sistema radicular deve ser avaliada nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura, lembrando que a profundidade praticamente não varia a partir do momento que as plantas atingem o máximo desenvolvimento vegetativo.

Existem vários métodos para avaliar a profundidade efetiva do sistema radicular. Em geral, todos são

trabalhosos e nenhum pode ser considerado como padrão e indicado para todas as situações. Na prática, a abertura de uma trincheira perpendicular à fileira de plantas e a avaliação visual do sistema radicular permite estimar aproximadamente a profundidade a ser considerada. Assumir como profundidade efetiva aquela na qual ainda se pode identificar, sem grandes dificuldades, a presença de raízes no perfil do solo (Figura 2). Linhas verticais e horizontais afixadas na parede da trincheira, a cada 10 cm por exemplo, permite maior precisão na determinação visual da profundidade efetiva (Figura 3).



Foto: Jamil A. Fayad

**Figura 2.** Trincheira aberta junto a uma planta de chuchu para avaliação visual da profundidade efetiva do sistema radicular da cultura.



Foto: Waldir A. Marouelli

**Figura 3.** Trincheira aberta perpendicularmente à fileira de plantas para avaliação visual, com auxílio de retículas de 10 cm x 10 cm, da profundidade efetiva do sistema radicular do tomateiro.

São apresentados na Tabela 3, apenas a título de referência, valores médios de profundidade efetiva do sistema radicular durante a fase de máximo

desenvolvimento vegetativo de algumas hortaliças cultivadas em solos de textura média, férteis e com drenagem livre.

**Tabela 3.** Valores médios de profundidade efetiva do sistema radicular ( $Z_R$ ) durante as fases vegetativa (2), de produção (3) e de pré-colheita ou de maturação (4) de diferentes hortaliças.

Hortaliça	$Z_R$ (cm) <sup>(1)</sup>		Hortaliça	$Z_R$ (cm) <sup>(1)</sup>	
	Fase 2 <sup>(2)</sup>	Fases 3 e 4		Fase 2 <sup>(2)</sup>	Fases 3 e 4
Abóbora	20	45	Espinafre	25	45
Abobrinha	20	40	Feijão-caupi-verde	20	40
Acelga	15	30	Grão-de-bico	30	45
Agrião-da-água	10	15	Inhame (cará)	25	50
Aipo (salsão)	20	40	Jiló	20	40
Alcachofra	20	40	Lentilha	25	45
Alface	15	25	Mandioca	25	45
Alho	20	30	Mandioquinha-salsa	20	35
Alho-porro	20	30	Maxixe	25	35
Almeirão	15	25	Melancia	30	40
Aspargo	30	50	Melão	20	30
Batata	20	30	Milho-doce	30	45
Batata-doce	30	50	Milho-verde	30	45
Berinjela	20	40	Morango	15	25
Beterraba	30	40	Mostarda	15	25
Brócolos	20	30	Nabo	30	50
Cebola	20	35	Pepino	20	40
Cebolinha	15	25	Pimenta	25	45
Cenoura	20	40	Pimentão	25	45
Chicória	15	30	Quiabo	30	45
Chuchu	15	30	Rabanete	10	15
Coentro	15	25	Repolho	20	30
Couve	20	30	Rúcula	10	20
Couve-chinesa	20	30	Salsinha	15	25
Couve-de-bruxelas	20	30	Soja-verde	30	45
Couve-flor	20	30	Taro ( <i>Colocasia</i> )	25	40
Ervilha-seca	30	45	Tomate de mesa	25	45
Ervilha-torta	25	40	Tomate industrial	25	45
Ervilha-verde	30	45	Vagem	20	40

<sup>(1)</sup> Varia conforme as condições de solo e manejo da cultura – devem ser determinados em avaliações de campo para cada fase da cultura.

<sup>(2)</sup> Vai do estabelecimento inicial das plantas ou pegamento de mudas até o florescimento, início de formação de tubérculos, cabeças ou inflorescências, de bulbificação ou de engrossamento acentuado de raízes comestíveis ou, no caso de hortaliças folhosas, até as plantas atingirem 70-80% do máximo desenvolvimento vegetativo.

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

## Amostragem de solo para avaliação de água disponível

As amostras de solo devem ser retiradas com auxílio de um trado tipo meia-cana (Figuras 4 e 5). O trado deve ser construído em aço inoxidável – ou material rígido resistente à ferrugem e com superfície lisa – e ter cerca de 95 cm de altura e 25 mm de diâmetro. O tubo, com espessura de parede de 1,5 mm a 2,0 mm, deve ter a ponta biselada ou afiada (Figura 6) para facilitar a penetração no solo e o corte da amostra. O cabo, normalmente feito do mesmo material, deve ter cerca de 30 cm de comprimento.

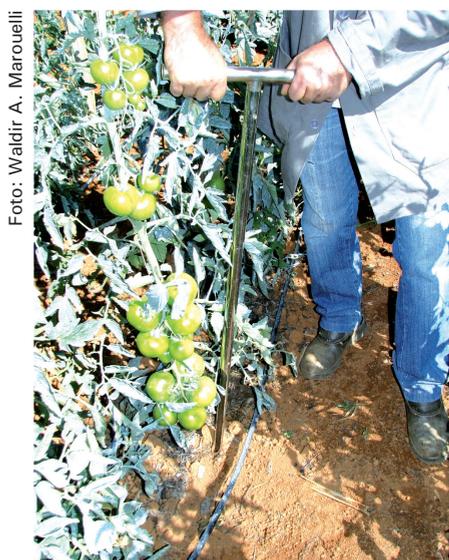


Foto: Waldir A. Marouelli

**Figura 4.** Retirada de amostra de solo com trado tipo meia-cana à 10-30 cm de distância da planta e do gotejador.



Foto: Waldir A. Marouelli

**Figura 5.** Trados tipo meia-cana para a amostragem e avaliação da disponibilidade de água no solo pelo método do tato-aparência.



Foto: Waldir A. Marouelli

**Figura 6.** Trado tipo meia-cana com ponta biselada e de circunferência total para facilitar o corte e a retirada da amostra de solo.

A parte do tubo cortada no sentido longitudinal, em formato meia-cana, deve ter de 30% a 50% do comprimento total do trado (Figura 5). Para promover o corte e a retirada da amostra deve-se manter a circunferência total do tubo nos últimos 2 cm a 3 cm da ponta do trado (Figura 6).

Para maior resistência à penetração e à torção, sobretudo para uso em solos pesados, como os de textura fina e compactados, deve-se cortar, em formato meia-cana, apenas 30% do comprimento total do trado e usar tubo com espessura de parede de 2,0 mm.

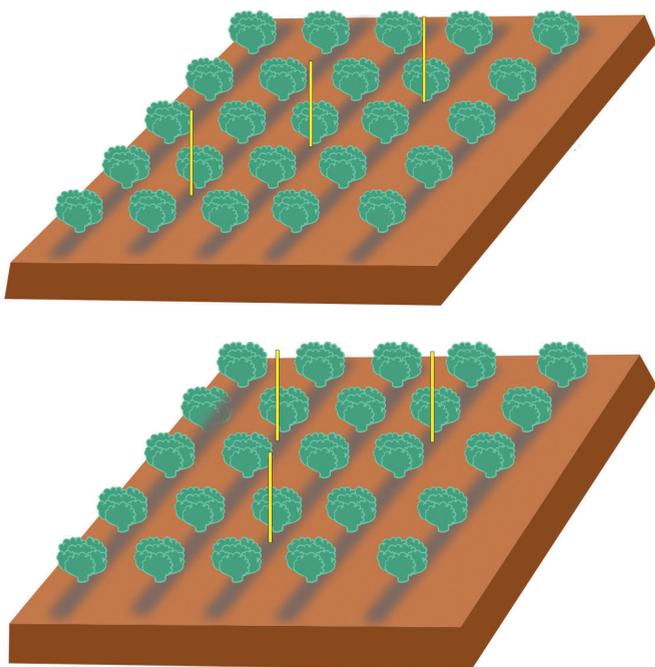
A escolha dos locais de amostragem do solo é muito importante para que as avaliações sejam confiáveis e expressem uma média da umidade do solo em toda a lavoura. Não se deve amostrar apenas um único local, pois essa amostra provavelmente não será representativa. Isso porque existe uma grande variabilidade espacial da umidade do solo mesmo em áreas com plantas aparentemente uniformes, o que se deve a diferenças de solo, distribuição irregular de água de irrigação e padrões de distribuição espacial das raízes no solo. Portanto, as amostras devem ser obtidas em pelo menos três locais de uma unidade de irrigação – área contínua, independentemente do tamanho, irrigada em um mesmo dia e cultivada por uma hortaliça plantada na mesma época. Para áreas heterogêneas as amostras devem ser retiradas em pelo menos cinco locais distintos.

Os locais de amostragem devem ser representativos da unidade de irrigação, próximos a plantas saudáveis e com crescimento normal. Não devem ser locais onde há uma menor demanda de água, como em lugares sem plantas, sombreados ou com plantas doentes ou desnutridas, ou ainda em locais que possam acumular água em excesso devido, por exemplo, a vazamentos ou depressões no terreno. Os pontos de amostragem também não devem ser nas extremidades da unidade de irrigação – coletar as amostras a pelo menos 3 m para dentro da área cultivada (Figura 7).

Além de representativos, os locais de amostragem devem ser distintos a cada avaliação (Figura 7) a fim de se minimizar o pisoteio ao redor das plantas e, conseqüentemente, alterações nas características de infiltração e retenção de água do solo e no crescimento das plantas.

Se a área irrigada apresentar mais de um tipo de solo e não puder ser subdividida em subunidades distintas de irrigação, os locais de amostragem deverão ser nas partes onde predominar solo de textura mais grossa (arenosa), pois será nesse tipo de solo que as plantas irão sentir falta de água primeiro.

Arte: Henrique M. G. Carvalho



**Figura 7.** Locais de amostragem de solo para avaliação de água disponível, pelo método do tato-aparência, em uma lavoura – devem ser representativos e distintos a cada dia.

A amostra de solo retirada com o trado deve ter 5 cm a 7 cm de comprimento (Figura 8), a fim de se ter uma quantidade suficiente de solo para se avaliar a  $AD_{\text{solo}}$  pelo método do tato-aparência.

As amostras, em cada um dos locais a serem avaliados, devem ser retiradas em duas profundidades: a) uma entre 30% e 50% da profundidade efetiva do sistema radicular da cultura – amostra “rasa”; b) outra no limite inferior das raízes, ou seja, entre 100% e 120% da profundidade efetiva – amostra “profunda” (Figura 9). No caso da amostra “profunda”, deve-se considerar uma profundidade mínima de amostragem de 25 cm, mesmo quando a profundidade efetiva for inferior a 25 cm.

As amostras “rasas” são usadas para indicar quando irrigar e devem ser retiradas diariamente, preferencialmente no início da manhã. No entanto, à medida que o usuário passa a ter conhecimento prático de que a data da próxima irrigação, para um dado tipo de solo, fase da cultura e condição climática, somente ocorrerá depois de vários dias, não se faz necessário avaliar a umidade do solo na profundidade “rasa” no dia ou dias seguintes após irrigar.

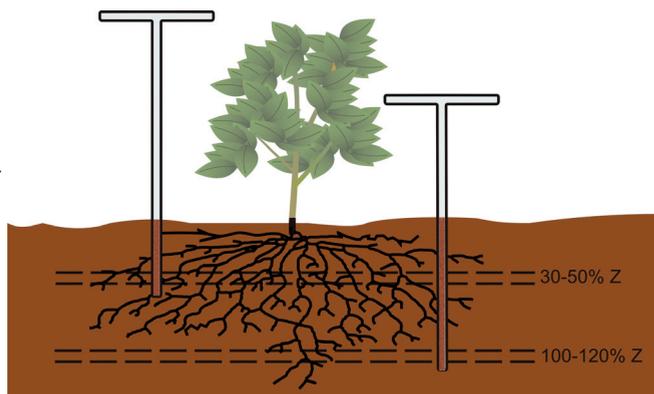
As amostras “profundas” permitem que o usuário verifique se a lâmina de água aplicada em cada irrigação foi em quantidade adequada, não em falta ou excesso. Devem ser retiradas na manhã seguinte ao dia da irrigação. Uma vez ajustada a lâmina de irrigação, as avaliações na camada “profunda” do solo podem ser feitas com menor



Foto: Waldir A. Marouelli

**Figura 8.** Amostra de solo com 5-7 cm de comprimento, retirada com trado tipo meia-cana, para avaliação da água disponível.

Arte: Henrique M. G. Carvalho



**Figura 9.** Amostragens de solo com trado tipo meia-cana para avaliação de água disponível, pelo método do tato-aparência, à 30-50% – indicar quando irrigar – e à 100-120% – ajustar a lâmina de irrigação – da profundidade efetiva do sistema radicular.

frequência. Avaliações após cada irrigação devem ser retomadas sempre que houver necessidade de aumentar o tempo de irrigação, como, por exemplo, para compensar o aprofundamento das raízes.

As profundidades de retirada das amostras “rasas” e “profundas” devem aumentar na medida em que as plantas e as raízes se desenvolvem. Esse ajuste nas profundidades de amostragens deve ser feito pelo menos uma vez ao longo do ciclo da cultura. Por exemplo, do estabelecimento inicial das plantas até o início de floração retirar as amostras “rasas” a 10 cm (7-13 cm) de profundidade e as “profundas” a 25 cm (22-28 cm); a partir da floração retirar as amostras “rasas” a 20 cm (17-23 cm) e as “profundas” a 40 cm (37-43 cm). Essas profundidades de amostragem são geralmente adequadas para a maioria das hortaliças, exceto aquelas com raízes superficiais, como as folhosas. Lembrar que durante a fase de estabelecimento inicial das plantas – pegamento de mudas ou germinação/crescimento inicial de plântulas – as amostras “rasas” devem ser retiradas na camada superficial do solo (0-8 cm), pois as raízes são ainda muito superficiais.

Além das profundidades de amostragem do solo, a distância do ponto de tradagem e a planta mais próxima é muito importante. De maneira geral, as amostras devem ser retiradas ao longo da fileira de plantas a uma distância de 10 cm a 30 cm da planta, sendo o menor valor para solos arenosos e/

ou quando as raízes são ainda pouco desenvolvidas (Figura 9). Para hortaliças com grande espaçamento entre plantas, como a abóbora, o chuchu e a melancia, a distância de amostragem a partir do pleno desenvolvimento das plantas deve ser ainda maior – até 60 cm. Já para hortaliças com pequeno espaçamento entre plantas, como a alface e a cebola, as amostras podem ser retiradas entre duas plantas consecutivas ao longo da fileira de plantas.

Na irrigação por gotejamento, o ponto de amostragem deve estar entre 10 cm e 30 cm do gotejador (Figura 4). Já na irrigação por sulco, a amostragem deve ser realizada a 75% do comprimento dos sulcos – por exemplo, para sulcos de 40 m, retirar as amostras a 10 m do final dos mesmos.

## Avaliação da percentagem água disponível no solo

Um guia prático e interpretativo para que o usuário possa estimar a  $AD_{\text{solo}}$  e, conseqüentemente, a necessidade de se irrigar uma determinada hortaliça é apresentado na Tabela 4 – método do tato-aparência. Por se tratar de uma avaliação qualitativa, os valores de  $AD_{\text{solo}}$  são apresentados em faixas com intervalos de 25%.

O guia foi inicialmente publicado pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos nos anos 50 (SWARNER et al., 1959) e, desde então, tem sido recomendado e usado como estratégia prática para avaliação de  $AD_{\text{solo}}$  por produtores americanos até os dias atuais (KLOCKE; FISCHBACH, 1984; MILES; BRONER; 2006).

Após retirada com o trado, a amostra de solo precisa ser manipulada com a mão a fim de se observar sua consistência, por meio do tato, e aparência visual. Inicialmente, deve-se comprimir um punhado de solo contra a palma da mão tentando formar um torrão (Figura 10). Caso o torrão se forme, apertá-lo moderadamente com o dedo para avaliar sua consistência (Figura 11). Observar se o solo, ao ser comprimido contra a palma da mão, indica sinais de umidade e se umedece os dedos. Depois, verificar sua plasticidade, ou seja, se a amostra desliza entre os dedos polegar e indicador ao ser comprimida e friccionada (Figura 12).

**Tabela 4.** Guia interpretativo prático para estimar a água disponível no solo ( $AD_{\text{solo}}$ ), conforme sua textura, consistência e aparência visual.

$AD_{\text{solo}}$ (%)	Textura			
	Grossa <sup>(1)</sup>	Moderadamente grossa <sup>(2)</sup>	Média <sup>(3)</sup>	Moderadamente fina e Fina <sup>(4)</sup>
0-25	Seco, solto, escapa entre os dedos	Seco, solto, escapa entre os dedos	Seco, por vezes formando torrão que raramente se conserva	Duro, esturricado, às vezes com grânulos soltos na superfície
25-50	Seco, não forma torrão	Sinais de umidade, mas não forma torrão	Forma torrão, algo plástico, mas com grânulos	Maleável, formando torrão
50-75	Seco, não forma torrão	Tende a formar torrão que raramente se conserva	Forma torrão, algo plástico, que às vezes desliza entre os dedos ao ser comprimido	Forma torrão que desliza entre os dedos na forma de lâmina ao ser comprimido
75-100	Tende a se manter coeso; às vezes, forma torrão, que se rompe facilmente	Forma torrão que se rompe facilmente e não desliza entre os dedos	Forma torrão muito maleável que desliza facilmente entre os dedos	Ao ser comprimido, desliza entre os dedos na forma de lâmina escorregadiça
100 (CC <sup>(5)</sup> )	Ao ser comprimido, não perde água, mas umedece a mão	Ao ser comprimido, não perde água, mas umedece a mão	Ao ser comprimido, não perde água, mas umedece a mão	Ao ser comprimido, não perde água, mas umedece a mão

<sup>(1)</sup> Classes texturais: arenosa, areia franca.

<sup>(2)</sup> Classes texturais: franco arenosa, franca.

<sup>(3)</sup> Classes texturais: franca, franco siltosa, franco argilo arenosa, siltosa.

<sup>(4)</sup> Classes texturais: franco argilo siltosa, franco argilosa, argilo arenosa, argilosa, muito argilosa.

<sup>(5)</sup> CC – capacidade de campo.

Obs.1: muitos solos de textura fina e moderadamente fina de Cerrado caracterizam-se pela elevada estabilidade estrutural (formação de agregados maiores), devendo ser considerados, para uso dessa tabela, como de textura média.

Obs.2: torrão se forma comprimindo-se fortemente um punhado de solo com a mão.

Obs.3: solo desliza entre os dedos polegar e indicador ao ser comprimido e esfregado entre os dedos.

Fonte: adaptado de Swarner et al. (1959).



**Figura 10.** Amostra de solo para avaliação da água disponível, pelo método do tato-aparência, após ser comprimida com a mão.



**Figura 11.** Torrão de solo parcialmente desfeito ao ser levemente pressionado com o dedo para avaliação de sua consistência.



Foto: Waldir A. Marouelli

**Figura 12.** Amostra de solo após comprimida e friccionada moderadamente entre os dedos polegar e indicador para avaliação de sua plasticidade.

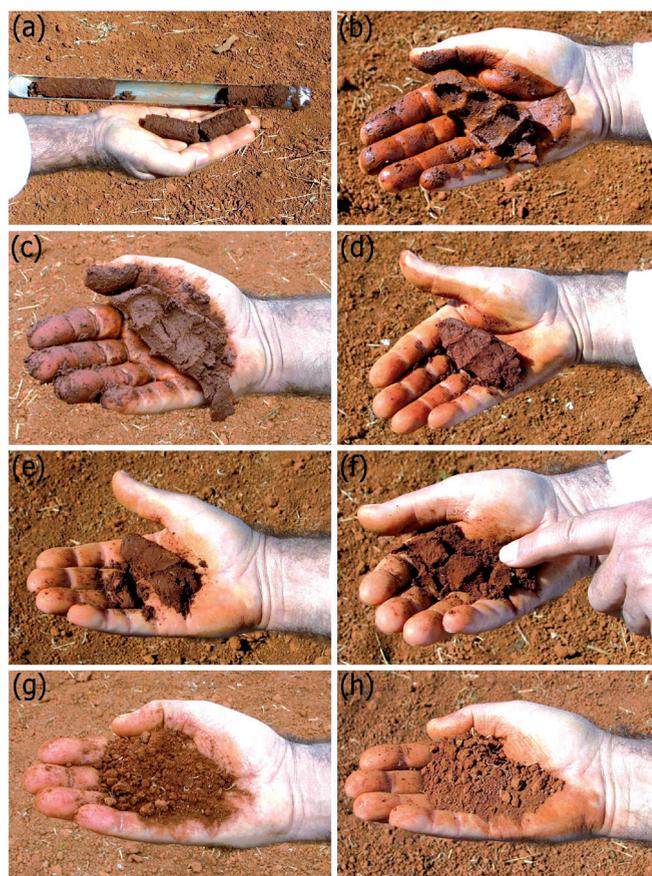
Dependendo da consistência, plasticidade, aparência visual e textura da amostra de solo, pode-se inferir a faixa de  $AD_{\text{solo}}$  que o solo apresenta com base no descrito na Tabela 4. A agilidade e a precisão do usuário na determinação de  $AD_{\text{solo}}$  atinge um bom nível em poucas semanas. É importante, no entanto, que o usuário tenha uma cópia da tabela durante as avaliações de campo, sobretudo nas primeiras semanas de uso do método do tato-aparência.

Como ilustração e em complemento à Tabela 4, é apresentado na Figura 13 as características de aparência de amostras de um solo típico de textura média contendo as diferentes faixas de  $AD_{\text{solo}}$  apresentadas no guia.

É aconselhável fazer o registro diário das avaliações de  $AD_{\text{solo}}$ , inclusive com anotações de precipitações, lâminas e tempos de irrigação, fases da cultura e, até mesmo, das condições climáticas predominantes. As anotações possibilitam que o usuário adquira, com o tempo, maior experiência e melhore a qualidade das irrigações em sua propriedade. Na Figura 14 é oferecido um exemplo de ficha de registro de dados para o manejo de irrigação usando o método do tato-aparência.

## Quando irrigar?

A decisão sobre quando irrigar deve ser tomada somente com base na avaliação de  $AD_{\text{solo}}$  na camada “rasa” do solo, ou seja, à 30-50% da profundidade efetiva do sistema radicular. As regas devem ser realizadas sempre que a maioria das



Fotos: Waldir A. Marouelli

**Figura 13.** Avaliação da água disponível ( $AD_{\text{solo}}$ ) em um solo típico de textura média pelo método do tato-aparência: a) coleta da amostra com trado; b) condição de saturação; c) 100% de  $AD_{\text{solo}}$  (capacidade de campo); d) 75-100% de  $AD_{\text{solo}}$  (úmido); e) 50-75% de  $AD_{\text{solo}}$  (moderadamente úmido); f) 25-50% de  $AD_{\text{solo}}$  (moderadamente seco); g) 0-25% de  $AD_{\text{solo}}$  (seco); h) 0% de  $AD_{\text{solo}}$  (ponto de murcha permanente).

amostras “rasas” indicar que a faixa de  $AD_{\text{solo}}$  é igual ou menor que a faixa de água disponível no solo recomendada para irrigar ( $AD_{\text{irriga}}$ ) a hortaliça de interesse, conforme indicado na Tabela 5.

As faixas de  $AD_{\text{irriga}}$  apresentadas na Tabela 5 variam conforme a textura do solo e/ou o sistema de irrigação adotado pelo produtor. Verificar que hortaliças mais sensíveis à falta de água devem ser irrigadas considerando valores de  $AD_{\text{irriga}}$  maiores que hortaliças mais tolerantes.

A fim de exemplificar o uso da Tabela 5, considerar o caso da cultura da abóbora irrigada por aspersão em solo de textura fina. Nesse caso específico, dever-se-ia irrigar considerando a faixa de  $AD_{\text{irriga}}$

### Ficha para Manejo da Água de Irrigação

Hortaliça: \_\_\_\_\_

Unidade de irrigação: \_\_\_\_\_

Mês/ano: \_\_\_/\_\_\_

Data de plantio: \_\_\_/\_\_\_

Amostra "rasa" (cm): \_\_\_\_\_

Faixa de  $AD_{irriga}$  (%): \_\_\_\_\_

Amostra "profunda" (cm): \_\_\_\_\_

Faixa de  $AD_{solo}$  ajuste (%): \_\_\_\_\_

Dia	Amostra "rasa"				Amostra "profunda"				Irrigação/ chuva (mm)
	Local (faixa de $AD_{solo}$ )			Irriga?	Local (faixa de $AD_{solo}$ )			Excesso ou falta?	
	1	2	3		1	2	3		
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									

**Figura 14.** Ficha de registro de dados para manejo prático da irrigação usando o método do tato-aparência para avaliação da faixa de água disponível no solo ( $AD_{solo}$ ).

**Tabela 5.** Faixas de percentagem de água disponível no solo indicadas para irrigar diferentes hortaliças ( $AD_{irriga}$ ), conforme a textura do solo e sistema de irrigação.

Hortaliça	Aspersão ou sulco			Gotejamento <sup>(4)</sup>
	Grossa <sup>(1)</sup>	Textura Média <sup>(2)</sup>	Fina <sup>(3)</sup>	
Abóbora	25-50	50-75	50-75	50-75
Abobrinha	50-75	50-75	75-100	75-100
Acelga	50-75	75-100	75-100	75-100
Agrião-da-água	100	100	100	100
Aipo (salsão)	50-75	75-100	75-100	75-100
Alcachofra	50-75	50-75	75-100	75-100
Alface	50-75	75-100	75-100	75-100
Alho	50-75	75-100	75-100	75-100
Alho-porro	50-75	75-100	75-100	75-100
Almeirão	50-75	75-100	75-100	75-100
Aspargo	25-50	50-75	50-75	50-75
Batata	50-75	50-75	50-75	75-100
Batata-doce	25-50	25-50	50-75	50-75
Berinjela	25-50	50-75	50-75	75-100
Beterraba	25-50	25-50	50-75	75-100
Brócolis	50-75	50-75	75-100	75-100
Cebola	50-75	75-100	75-100	75-100
Cebolinha	50-75	75-100	75-100	75-100
Cenoura	50-75	75-100	75-100	75-100
Chicória	50-75	75-100	75-100	75-100
Chuchu	50-75	50-75	75-100	75-100
Coentro	50-75	75-100	75-100	75-100
Couve	50-75	50-75	75-100	75-100
Couve-chinesa	50-75	50-75	75-100	75-100
Couve-de-bruxelas	50-75	50-75	75-100	75-100
Couve-flor	25-50	50-75	50-75	50-75
Ervilha-seca	25-50	25-50	25-50	50-75
Ervilha-torta	25-50	50-75	50-75	75-100
Ervilha-verde	25-50	50-75	50-75	50-75
Espinafre	50-75	75-100	75-100	75-100
Feijão-caupi-verde	25-50	50-75	50-75	50-75
Grão-de-bico	25-50	25-50	25-50	50-75
Inhame (cará)	50-75	75-100	75-100	75-100
Jiló	25-50	50-75	50-75	50-75
Lentilha	25-50	25-50	25-50	50-75
Mandioca	25-50	25-50	50-75	50-75
Mandioquinha-salsa	25-50	50-75	50-75	50-75
Maxixe	50-75	50-75	75-100	75-100
Melancia	25-50	50-75	50-75	75-100
Melão	25-50	25-50	50-75	75-100
Milho-doce	25-50	25-50	50-75	50-75
Milho-verde	25-50	25-50	50-75	50-75
Morango	50-75	75-100	75-100	75-100
Mostarda	50-75	75-100	75-100	75-100
Nabo	50-75	75-100	75-100	75-100
Pepino	25-50	25-50	50-75	50-75
Pimenta	25-50	50-75	50-75	75-100
Pimentão	25-50	50-75	50-75	75-100
Quiabo	25-50	25-50	50-75	50-75
Rabanete	50-75	75-100	75-100	75-100
Repolho	25-50	50-75	50-75	75-100
Rúcula	50-75	75-100	75-100	75-100
Salsinha	50-75	75-100	75-100	75-100
Soja-verde	25-50	25-50	50-75	50-75
Taro ( <i>Colocasia</i> )	50-75	75-100	75-100	75-100
Tomate de mesa	25-50	50-75	50-75	75-100
Tomate industrial	25-50	50-75	50-75	50-75
Vagem	25-50	50-75	50-75	75-100

(1) Classes texturais: arenosa, areia franca, franco arenosa.

(2) Classes texturais: franca, franco siltosa, franco argilo arenosa, siltosa.

(3) Classes texturais: franco argilo siltosa, franco argilosa, argilo arenosa, argilo siltosa, argilosa, muito argilosa.

(4) Considerar a mesma faixa de  $AD_{irriga}$  independente da textura do solo.

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

Fonte: adaptado de Sanders (1997), Marouelli et al. (2008) e Marouelli et al. (2011).

de 50-75%. Assim, as irrigações deverão ser realizadas sempre que a avaliação do solo, pelo método do tato-aparência, na camada “rasa” indicar que pelo menos duas amostras, de um total de três, apresentar  $AD_{\text{solo}}$  igual ou inferior à 50-75%. Por outro lado, não irrigar quando apenas uma ou nenhuma das amostras indicar solo com  $AD_{\text{solo}}$  igual a 50-75%.

O fato de não se irrigar quando a  $AD_{\text{solo}}$  na camada “rasa” atinge valores menores que aqueles considerados limites na Tabela 5 pode acarretar redução significativa de produtividade, sobretudo quando ocorre muitas vezes durante o ciclo de cultivo. Irrigar frequentemente, antes mesmo do solo atingir a faixa de  $AD_{\text{irriga}}$  indicada na Tabela 5, pode causar desperdício de água, lixiviação de nutrientes e/ou maior ocorrência de doenças.

Na Tabela 6 são apresentadas as fases de desenvolvimento mais críticas à falta de água no solo para diferentes hortaliças. Especialmente durante as fases mais sensíveis ao déficit hídrico, o produtor deve ter especial atenção para não faltar água para as plantas, ou seja, não se deve permitir que a  $AD_{\text{solo}}$  atinja valores menores que as faixas de  $AD_{\text{irriga}}$  apresentadas na Tabela 5.

Atentar para o fato de que as irrigações, para uma mesma faixa de  $AD_{\text{irriga}}$ , serão mais frequentes em solos de textura grossa do que em solos de textura fina, pois os primeiros retêm menos água. Irrigações mais frequentes também acontecem em condições de clima mais quente, com menor umidade relativa do ar e maior velocidade do vento.

## Que lâmina de água aplicar?

Para usuários que não dispõem de informações, nem mesmo de ordem prática, sobre a capacidade de retenção de água do solo de sua área de produção, a lâmina de água que deve ser aplicada a cada irrigação pode ser ajustada por tentativas à medida que as regas vão sendo realizadas.

O ajuste prático da lâmina de irrigação pode ser alcançado avaliando-se a  $AD_{\text{solo}}$  pelo método do tato-aparência (Tabela 4) na camada “profunda” do solo – 100-120% da profundidade efetiva do sistema radicular (Figura 9) –, como a seguir:

**Tabela 6.** Fases de desenvolvimento mais críticas à falta de água no solo de diferentes hortaliças.

Hortaliça	Fase crítica
Abóbora	Frutificação
Abobrinha	Frutificação
Acelga	Formação de cabeças
Agrião	Todo o ciclo
Aipo (salsão)	Expansão de hastes
Alcachofra	Formação de inflorescências
Alface	Formação de cabeças
Alho	Bulbificação
Alho-porro	Todo o ciclo
Almeirão	Principalmente antes da colheita
Aspargo	Formação de turões
Batata	Início de tuberização
Batata-doce	Durante os primeiros 40 dias
Berinjela	Floração e frutificação
Beterraba	Durante os primeiros 60 dias
Brócolos	Formação de inflorescências
Cebola	Bulbificação
Cebolinha	Todo o ciclo
Cenoura	Durante os primeiros 40 dias
Chicória	Todo o ciclo
Chuchu	Floração e frutificação
Coentro	Principalmente antes da colheita
Couve	Todo o ciclo
Couve-chinesa	Todo o ciclo
Couve-de-bruxelas	Formação de brotos
Couve-flor	Formação de inflorescências
Ervilha-seca	Floração e enchimento de grãos
Ervilha-torta	Floração e formação de vagem
Ervilha-verde	Floração e enchimento de grãos
Espinafre	Todo o ciclo
Feijão-caupi-verde	Floração e enchimento de grãos
Grão-de-bico	Floração e enchimento de grãos
Inhame (cará)	Crescimento vegetativo e floração
Jiló	Floração e frutificação
Lentilha	Floração e enchimento de grãos
Mandioca	Enraizamento e expansão de raízes
Mandioquinha-salsa	Pegamento de muda
Maxixe	Floração e desenvolvimento de fruto
Melancia	Frutificação
Melão	Floração e frutificação
Milho-doce	Polinização e formação de espiga
Milho-verde	Polinização e formação de espiga
Morango	Frutificação até a maturação
Mostarda	Todo o ciclo
Nabo	Expansão de raízes
Pepino	Floração e frutificação
Pimenta	Floração e frutificação
Pimentão	Floração e frutificação
Quiabo	Floração
Rabanete	Expansão de raízes
Repolho	Formação de cabeças
Rúcula	Todo o ciclo
Salsinha	Todo o ciclo
Soja-verde	Floração
Taro (Colocasia)	Enchimento de rizomas
Tomate de mesa	Floração e frutificação
Tomate industrial	Floração e frutificação
Vagem	Floração e enchimento de grãos

Fonte: adaptado de Sanders (1997) e Marouelli et al. (2008).

- As primeiras regas, a partir do momento que se passa a usar o método do tato-aparência, podem ser realizadas aplicando-se a mesma lâmina de água ou deixando-se o sistema de irrigação funcionar pelo mesmo tempo que normalmente era usado pelo produtor.
- No dia seguinte ao da irrigação avaliar a  $AD_{\text{solo}}$  na camada “profunda” do solo em pelo menos três pontos representativos da área.
- Se a maioria das amostras indicar que o solo apresenta valores de  $AD_{\text{solo}}$  acima de 50-75%, no caso de solos de textura grossa, ou de 25-50%, nas demais texturas, quer dizer que a irrigação foi em excesso. Nesse caso, reduzir a lâmina de água em cerca de 20% nas próximas irrigações e continuar avaliando a  $AD_{\text{solo}}$  na camada “profunda” para verificar a necessidade de novos ajustes.
- Se a maioria das amostras indicar que o solo apresenta valores de  $AD_{\text{solo}}$  abaixo de 50-75%, no caso de solos de textura grossa, e de 25-50% para as demais texturas de solo, quer dizer que a irrigação foi em quantidade insuficiente. Nesse caso, aumentar a lâmina de água em cerca de 20% nas próximas irrigações e continuar medindo a  $AD_{\text{solo}}$  na camada “profunda” para verificar a necessidade de novos ajustes.
- Se a maioria das amostras indicar que o solo apresenta valores de  $AD_{\text{solo}}$  igual a 50-75%, no caso de solos de textura grossa, e a 25-50% para as demais texturas de solo, é porque a lâmina de água está bem ajustada. Mesmo que isso ocorra, é recomendado continuar avaliando a  $AD_{\text{solo}}$  na camada “profunda”, mesmo que com menor frequência.

O ajuste da lâmina de irrigação usando este procedimento não é rápido, sobretudo se houver uma grande diferença entre a lâmina inicial considerada pelo usuário e a lâmina correta. Pode durar vários ciclos de irrigação ou até mesmo todo o período de condução da lavoura. Isso ocorre especialmente em razão de que a água aplicada em excesso – abaixo das raízes ou nas camadas de raízes mais profundas – demora para ser usada pelas plantas, pois as raízes precisam crescer para então poder usar esta água e/ou devido à baixa concentração de raízes.

O ajuste pode ser feito de forma mais rápida estimando-se a lâmina de irrigação a ser inicialmente aplicada usando valores de  $A_{\text{FD}}$  apresentados na Tabela 1. A lâmina de irrigação ou lâmina de água total necessária – refere-se à quantidade de água a ser aplicada para que o solo retorne à condição de capacidade de campo, levando-se em conta que a irrigação não é 100% eficiente – é determinada por:

$$LTN = \frac{A_{\text{FD}} \times Z_{\text{R}} \times f_{\text{Am}}}{E_i} \quad (1)$$

em que:

$LTN$  = lâmina de água total necessária (mm).

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

$Z_{\text{R}}$  = profundidade efetiva do sistema radicular (cm).

$f_{\text{Am}}$  = fração média de área molhada de solo na camada equivalente à profundidade efetiva do sistema radicular (decimal).

$E_i$  = eficiência de irrigação (decimal).

Enquanto na irrigação por aspersão se molha toda a superfície do solo ( $f_{\text{Am}} = 1,0$ ), a fração de área molhada nos demais sistemas varia entre 0,3 e 0,9, o que depende do tipo de solo e de como o sistema de irrigação é instalado. Deve ser avaliada visualmente no próprio local de cultivo abrindo-se uma trincheira perpendicular à fileira de plantas até a profundidade efetiva do sistema radicular.

A eficiência de irrigação depende, dentre outros fatores, das características e do estado de manutenção do sistema, devendo ser avaliada para cada situação específica. Para tal, sugere-se consultar um técnico da área de irrigação ou publicação específica. Como valores médios de eficiência, tem-se 0,60 a 0,85 para aspersão convencional, 0,75 a 0,90 para gotejamento, 0,70 a 0,85 para microaspersão localizada e 0,55 e 0,75 para irrigação localizada com mangueira. Os maiores valores são normalmente verificados em sistemas bem dimensionados, com manutenção adequada e, no caso da aspersão, em condições de pouco vento.

No caso específico da irrigação por sulco, a lâmina de irrigação deve ser igual a lâmina de *água real*

necessária – refere-se à quantidade de água a ser aplicada para que o solo retorne à condição de capacidade de campo, sem considerar a eficiência de irrigação –, sendo calculada por:

$$LRN = A_{FD} \times Z_R \times f_{Am} \quad (2)$$

em que:

LRN = lâmina de água real necessária (mm).

A fração de área molhada quando se irriga por sulco deve ser considerada, de um modo geral, igual à unidade ( $f_{Am} = 1,0$ ). A exceção se aplica para hortaliças com grande espaçamento entre fileira de plantas, como a abóbora, a melancia e o chuchu.

Mesmo ao se irrigar com uma lâmina de água determinada a partir da Tabela 1 não elimina a necessidade de se ajustar essa lâmina pelo procedimento por tentativas, pois a lâmina determinada é apenas uma estimativa.

Independente de como a lâmina inicial de irrigação seja obtida, seu ajuste pode ser feito de forma mais rápida se o usuário utilizar a ficha de registro de dados apresentada na Figura 14.

## Quanto tempo irrigar?

Determinada a lâmina de água a ser aplicada durante cada fase da cultura, o tempo de irrigação deve ser calculado em função das características do sistema de irrigação usado.

Não sendo possível determinar a lâmina de água ou no caso de não existir informações sobre o sistema de irrigação, o usuário poderá fazer as primeiras irrigações funcionando o sistema pelo tempo que lhe seja habitual. Nesse caso, é necessário ajustar o tempo de irrigação usando o procedimento por tentativas descrito no item anterior.

### Irrigação por aspersão convencional

O tempo de irrigação quando se irriga usando sistemas por aspersão convencional é determinado por:

$$Ti = 60 \frac{LTN}{I_a} \quad (3)$$

em que:

Ti = tempo de irrigação (min).

$I_a$  = intensidade de aplicação de água ( $\text{mm h}^{-1}$ ).

A intensidade de aplicação de água do sistema depende da vazão e do espaçamento entre aspersores, podendo ser obtida no catálogo técnico do aspersor. Preferencialmente, deve ser determinada em testes de campo usando-se a seguinte equação:

$$I_a = 1.000 \frac{V_a}{E_a \times E_L} \quad (4)$$

em que:

$V_a$  = vazão do aspersor ( $\text{m}^3 \text{h}^{-1}$ ).

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

$E_L$  = espaçamento entre linhas laterais de aspersores (m).

### Irrigação por aspersão com pivô central ou autopropelido

Quando se irriga por pivô central ou autopropelido, deve-se selecionar a velocidade de deslocamento do sistema capaz de aplicar a lâmina de irrigação (LTN) desejada. O tempo para o sistema completar a rega depende do tamanho da área e da velocidade de deslocamento do equipamento.

### Irrigação por gotejamento e microaspersão localizada

O sistema por gotejamento, dependendo da cultura a ser irrigada, pode ser instalado para irrigar faixas contínuas de molhamento do solo ou apenas uma fração da área em torno da planta. Quando molha uma faixa contínua ao longo da fileira de plantas, o tempo de irrigação pode ser determinado por:

$$Ti = 60 \frac{LTN \times S_L \times S_g}{V_g} \quad (5)$$

em que:

$S_L$  = espaçamento entre linhas laterais de gotejadores (m).

$S_e$  = espaçamento entre gotejadores ao longo da linha lateral (m).

$V_g$  = vazão do gotejador ( $L h^{-1}$ ).

A configuração para se irrigar apenas uma fração da área em torno da planta é geralmente usada para hortaliças com grande espaçamento entre plantas, como no caso da abóbora, do chuchu e da melancia. A irrigação pode ser realizada usando-se um ou mais emissores – gotejador ou microaspersor – por planta. Nesse caso, o tempo de irrigação é calculado por:

$$T_i = 60 \frac{LTN \times S_f \times S_p}{n_e \times V_e} \quad (6)$$

em que:

$n_e$  = número de emissores por planta.

$S_f$  = espaçamento entre fileiras de plantas (m).

$S_p$  = espaçamento entre plantas (m).

$V_e$  = vazão do emissor ( $L h^{-1}$ ).

Quando se usa microaspersores para molhar toda a superfície do solo, o sistema deve ser considerado como aspersão convencional e o tempo de irrigação calculado pela equação 3.

## Irrigação por sulco

No sistema por sulco, o tempo de irrigação deve ser igual ao tempo necessário para a água chegar ao final do sulco (tempo de avanço), mais o tempo necessário para infiltrar a lâmina real necessária de água (LRN) no final do sulco (tempo de oportunidade), menos o tempo necessário para que toda água infiltre ao longo do sulco, após cessada o fornecimento (tempo de depleção e recessão). Como os tempos de depleção e de recessão são geralmente desprezíveis em relação aos demais, o tempo de irrigação pode ser estimado somente em função do tempo de avanço e do tempo de oportunidade, ou seja:

$$T_i = T_a + T_o \quad (7)$$

em que:

$T_a$  = tempo de avanço da água no sulco (min);

$T_o$  = tempo de oportunidade para aplicar a LRN no final do sulco (min).

O tempo de oportunidade é determinado a partir da equação de infiltração de água no solo, que depende das características do solo e do sulco de irrigação. Para melhor uniformidade de distribuição de água ao longo dos sulcos, o tempo de avanço, determinado em testes de campo, deve ser cerca de 25% do tempo de oportunidade. Procedimentos para determinação da equação de infiltração e dos tempos de avanço e oportunidade são apresentados em Bernardo et al. (2008).

De forma prática, o tempo de oportunidade pode ser considerado igual ao tempo necessário com água dentro do sulco para que o solo atinja sua condição de capacidade de campo numa camada equivalente à profundidade efetiva radicar. A irrigação para avaliação do perfil de umedecimento do solo, visando estimar o tempo de oportunidade, deve ser realizada quando a umidade do solo for similar àquela requerida para a irrigação da cultura, nunca com o solo seco ou úmido. A avaliação, que pode ser visual, deve ocorrer no quarto final de três ou mais sulcos, previamente irrigados pelo menos três vezes, por meio da abertura de uma trincheira perpendicular às fileiras de plantas e sulcos de irrigação.

## Procedimento passo a passo

Para um melhor entendimento da metodologia proposta, um exemplo é apresentado simultaneamente com os passos necessários para se realizar o manejo da água de irrigação usando o critério do tato-aparência. Para tal, será considerado a seguinte situação:

### Exemplo – dados a serem considerados

Hortaliça: alface

Fase da cultura: expansão de cabeça

Solo: classe textural franco argilo arenosa

Sistema de irrigação: aspersão convencional

Intensidade de aplicação de água ( $I_a$ ): 12,5 mm h<sup>-1</sup> (catálogo do aspersor)

Eficiência de irrigação: 0,80 (sistema bem dimensionado, manutenção adequada e condição sem vento)

**Passo 1** – Definir a textura do solo a ser irrigado (Tabela 2).

#### Solução do exemplo

Pela Tabela 2, o solo em questão, que apresenta classe textural franco argilo arenosa, deve ser considerado como de textura média.

**Passo 2** – Estabelecer a profundidade efetiva do sistema radicular ( $Z_R$ ).

A determinação deve ser realizada, para cada fase da cultura, nas próprias condições de cultivo usando o procedimento simplificado apresentado no item “Avaliação da profundidade efetiva do sistema radicular”. Valores de profundidade efetiva do sistema radicular apresentados na Tabela 3 dão apenas uma indicação da realidade que pode ser encontrada no campo ou não.

#### Solução do exemplo

Avaliações visuais realizadas na fase de expansão de cabeça da alface, em uma lavoura conduzida anteriormente no mesmo tipo de solo da propriedade, indicaram  $Z_R$  média de 25 cm.

**Passo 3** – Determinar os locais, a distância em relação às plantas e as profundidades de amostragem do solo.

Seguir as recomendações apresentadas no item “Amostragem de solo para avaliação da água disponível”. Lembrar que a distância em relação às plantas e as profundidades de amostragem aumentam na medida que as plantas crescem.

#### Solução do exemplo

Locais de amostragem: amostrar o solo em pelo menos três pontos representativos situados no interior da lavoura – devem ser diferentes a cada avaliação.

Distância em relação às plantas: no caso da alface, retirar as amostras entre duas plantas ao longo da fileira de plantas.

Amostras “rasas”: retirar na camada de solo equivalente a 30-50% de  $Z_R$  – 8-13 cm de profundidade.

Amostras “profundas”: retirar na camada de solo equivalente a 100-120% de  $Z_R$  – 25-30 cm de profundidade.

**Passo 4** – Estabelecer a faixa de água disponível no solo para irrigar ( $AD_{irriga}$ ) a hortaliça de interesse (Tabela 5).

#### Solução do exemplo

Pela Tabela 5, tem-se que, para alface irrigada por aspersão em solo de textura média, a faixa de  $AD_{irriga}$  é de 75-100%.

**Passo 5** – Determinar quando irrigar a lavoura.

A decisão é tomada com base na avaliação diária da  $AD_{solo}$  na camada “rasa” do solo, preferencialmente nas primeiras horas da manhã. Usando a Tabela 4 como referência, irrigar sempre que a maioria das amostras indicar que o solo se encontra na faixa de  $AD_{irriga}$  estabelecida no “passo 4”.

#### Solução do exemplo

Irigar a alface sempre a maioria das amostras “rasas” apresentar 75-100% de  $AD_{solo}$ . Não irrigar se o solo tiver 100% de  $AD_{solo}$  ou excesso de água. Se a maioria das amostras exibir  $AD_{solo}$  inferior à 75-100% indica que deveria ter sido irrigado antes – irrigar imediatamente.

**Passo 6** – Estabelecer a lâmina de água por irrigação.

A lâmina de irrigação a ser aplicada em cada fase da cultura pode ser estabelecida, de forma provisória, considerando-se uma das estratégias a seguir:

- Estratégia 1) usar a lâmina de irrigação normalmente adotado pelo produtor.
- Estratégia 2) estimar a lâmina de irrigação a partir da equação 1 ou 2 usando os valores de água facilmente disponível no solo ( $A_{FD}$ ) sugeridos na Tabela 1.

Apesar do erro ao se usar a primeira estratégia ser geralmente maior, a lâmina estabelecida por qualquer das estratégias deverá ser ajustada à medida que as irrigações vão sendo realizadas,

conforme procedimento por tentativas apresentado no passo 8.

Caso o usuário não tenha noção da lâmina de água que aplicava ou não deseje usar a Tabela 1 para estimá-la, ir direto para o passo 7.

### Solução do exemplo

Estimativa usando a estratégia 2 – Pela Tabela 1, tem-se que, para solo de textura média e 75-100% de  $AD_{\text{solo}}$ , a  $A_{\text{FD}}$  é de  $0,45 \text{ mm cm}^{-1}$ . Como  $Z_{\text{R}}$  foi estimado em 25 cm, o sistema por aspersão molha toda o terreno ( $f_{\text{Am}} = 1,0$ ) e a eficiência de irrigação ( $E_i$ ) informada é de 0,80, tem-se pela equação 1 que a lâmina de água total necessária por irrigação (LTN) é de:

$$LTN = \frac{0,45 \text{ mm cm}^{-1} \times 25 \text{ cm} \times 1,0}{0,80} = 14,1 \text{ mm}$$

**Passo 7** – Estabelecer o tempo de irrigação.

Considerar uma das seguintes estratégias para determinação do tempo de irrigação para cada fase da cultura:

- Estratégia 1) usar o tempo de irrigação normalmente adotado pelo usuário.
- Estratégia 2) estimar o tempo necessário para se aplicar a lâmina de água determinada no “passo 6”. Dentre as equações (3 a 7) apresentadas no item “Quanto tempo irrigar?”, usar aquela que se aplica ao sistema de irrigação empregado.

### Solução do exemplo

Estimativa usando a estratégia 2 – Como lâmina de irrigação (LTN) estimada no “passo 6” foi de 14,1 mm e a intensidade de aplicação de água ( $I_a$ ) informada foi de  $12,5 \text{ mm h}^{-1}$ , tem-se pela equação 3 (aspersão convencional) que o tempo de irrigação é de:

$$T_i = 60 \times \frac{14,1 \text{ mm cm}^{-1}}{12,5 \text{ mm h}^{-1}} = 68 \text{ min}$$

**Passo 8** – Ajustar a lâmina e/ou o tempo de irrigação.

Usar o procedimento por tentativas proposto no início do item “Que lâmina de água aplicar?”, que abrange a avaliação da  $AD_{\text{solo}}$  na camada “profunda”

do solo no dia seguinte a cada irrigação. Valores de  $AD_{\text{solo}}$  acima de 50-75%, para solos de textura grossa, e de 25-50%, para as demais texturas, indicam irrigação em excesso (reduzir a lâmina/tempo em 20%), enquanto valores menores indicam que se aplicou pouca água (aumentar a lâmina/tempo em 20%). O ajuste pode requerer vários ciclos de irrigação.

### Solução do exemplo

Como o solo é de textura média, a lâmina/tempo de irrigação pode ser considerada como devidamente ajustada quando a maioria das amostras “profundas” indicar  $AD_{\text{solo}}$  de 25-50%.

Se na primeira avaliação o solo exibir  $AD_{\text{solo}}$  acima de 25-50%, diminuir a lâmina/tempo de irrigação em 20% – reduzir de 14,1 mm para 11,3 mm ou de 68 min para 54 min –, enquanto se estiver abaixo, aumentar em 20% – passar de 14,1 mm para 16,9 mm ou de 68 min para 82 min.

## Referências

- COELHO, E. F.; SILVA, T. S. M.; SANTANA JUNIOR, E. B. PARIZOTTO, I. **Método simplificado de determinação da umidade do solo para uso em manejo de irrigação em agricultura familiar**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. 4 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Comunicado Técnico, 115).
- KLOCKE, N. L.; FISCHBACH, P. E. Estimating soil moisture by appearance and feel. Lincoln: University of Nebraska, 1984. 9 p. (Lincoln Extension. Publication, G84-690-A).
- MARQUELLI, W. A. **Tensiômetros para o controle de irrigação em hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. 15 p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 57).
- MARQUELLI, W. A.; LAGE, D. A. C.; BRAGA, M. B. **Irrigação da cultura do tomateiro orgânico: enfoque no manejo de doenças e de insetos-praga**. Brasília: Embrapa, 2014. 107 p.
- MARQUELLI, W. A.; OLIVEIRA, Á. S.; COELHO, E. F.; NOGUEIRA, L. C.; SOUSA, V. F. Manejo da água de irrigação. In: SOUSA, V. F.; MARQUELLI,

W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. (Ed.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p. 157-232.

MAROUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2008. 150 p.

MILES, D. L.; BRONER, I. **Estimating soil moisture**. Fort Collins: Colorado State University, 2006. 2 p. (CSU Extension. Fact Sheet, 4700).

SANDERS, D. C. **Vegetable crop irrigation**. Raleigh: North Carolina Cooperative Extension Service, 1997. 6 p. (Horticulture Information Leaflet, 33-E).

SWARNER, L. R.; LANGLEY, M. N.; MALETIC, J. T.; PHELAN, J. T.; LAWHON, L. F.; SHOCKLEY, D. G.; BROWNSCOMBE, R. H. **Irrigation on western farms**. Washington, DC: Soil Conservation Service, 1959. 53 p. (Agricultural Information Bulletin, 199).

#### Circular Técnica, 146

**Embrapa Hortaliças**  
**Endereço:** Rodovia BR-060, trecho Brasília-Anápolis,  
 km 9, Caixa Postal 218, CEP 70.351-970,  
 Brasília-DF,  
**Fone:** (61) 3385-9000  
**Fax:** (61) 3556-5744  
**SAC:** [www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)  
[www.embrapa.br/hortaliças](http://www.embrapa.br/hortaliças)

**Embrapa**

Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PÁTRIA EDUCADORA

1ª edição  
1ª impressão (2016): 1.000 exemplares

#### Comitê de Publicações

**Presidente:** Warley Marcos Nascimento  
**Editor Técnico:** Ricardo Borges Pereira  
**Secretária:** Gislaine Costa Neves  
**Membros:** Miguel Michereff Filho, Milza Moreira Lana,  
 Marcos Brandão Braga, Valdir Lourenço  
 Júnior, Daniel Basílio Zandonadi,  
 Carlos Eduardo, Pacheco Lima, Mirtes  
 Freitas Lima

#### Expediente

**Supervisor editorial:** Caroline Pinheiro Reyes  
**Normalização bibliográfica:** Antonia Veras  
**Editoração eletrônica:** André L. Garcia