

57

Circular
Técnica

Brasília, DF
Junho, 2008

Autor

Waldir A. Marouelli
Eng. Agr., PhD.
Embrapa Hortaliças
C. Postal 218
70351-970 Brasília-DF
E-mail: waldir@cnph.embrapa.br

Tensiômetros para o Controle de Irrigação em Hortaliças



Foto: Waldir A. Marouelli

As hortaliças são espécies de plantas que comumente apresentam ciclo curto, sistema radicular pouco desenvolvido, alto teor de água em sua constituição e alto custo de produção. A ocorrência de déficit hídrico compromete a produtividade e a qualidade das hortaliças produzidas. Assim, a produção de hortaliças, exceto em regiões ou durante estações do ano com distribuição regular de chuvas, é geralmente realizada sob irrigação.

É consenso que a irrigação no Brasil é rotineiramente realizada de forma empírica, geralmente com grande desperdício de água. Além do desperdício, irrigações em excesso comprometem a produção. Contraditoriamente, mesmo plantações irrigadas em demasia são, em algumas situações, submetidas a condições de déficit hídrico. Tal fato tem levado empreendimentos de produção de hortaliças a uma condição de baixa sustentabilidade econômica e socioambiental.

Irrigar no momento apropriado e na quantidade adequada, juntamente com a escolha correta do sistema de irrigação, são os principais segredos para o sucesso da produção de hortaliças. Além de garantir incremento de produtividade e produtos de melhor qualidade, irrigações adequadas minimizam impactos ambientais, pois, em regra, permitem reduzir o gasto de água e energia, as perdas de nutrientes por lixiviação e a incidência de

doenças, com conseqüente redução no uso de agroquímicos.

Tensiômetros são sensores utilizados para a medição da tensão matricial de água no solo. Medem, portanto, a “força” com que a água é retida pelo solo, a qual afeta a absorção de água pelas plantas, sendo usados para indicar o momento apropriado de se realizar as irrigações. Para tanto, devem permanecer instalados na lavoura durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura. Indiretamente, fornecem informações que possibilitam estimar a lâmina (quantidade) de água a ser aplicada a cada irrigação.

A presente publicação tem por objetivo apresentar, de forma simplificada, recomendações de uso e cuidados que devem ser dispensados na utilização de tensiômetros para o controle de irrigação, incluindo procedimentos para a determinação do momento de se irrigar as principais hortaliças e da quantidade de água por irrigação.

Foto: Waldir A. Marouelli



Fig. 1. Tensiômetros com vacuômetros metálico tipo Bourdon.

Princípio de Funcionamento e Modelos de Tensiômetros

O tensiômetro consiste de um tubo rígido contendo água, uma cápsula cerâmica porosa conectada em sua extremidade inferior, que possibilita a troca de água entre o interior do tubo e o solo, e uma tampa em sua extremidade superior, para a manutenção do equipamento. Quando o solo está seco, uma porção da água deixa o tensiômetro através da cápsula para o solo, formando um vácuo parcial em seu interior, que é medido por um vacuômetro, geralmente acoplado próximo à extremidade superior do tubo. Após a cultura ser irrigada, a água do solo volta para o interior do tensiômetro pela ação do vácuo formado durante a condição de solo seco. Assim, o tensiômetro nos possibilita medir o “esforço” que a planta está exercendo para extrair água do solo.

Os modelos de tensiômetros mais utilizados são os de vacuômetros metálico tipo Bourdon,

Foto: Waldir A. Marouelli



Fig. 2. Tensiômetros de punção para leitura com tensímetro.

de coluna de mercúrio e de punção. As unidades de medida dos vacuômetros são geralmente expressas em kPa, cbar, mmHg e cmH_2O , onde $1 \text{ kPa} = 1 \text{ cbar} = 7,5 \text{ mmHg} = 10,2 \text{ cmH}_2\text{O}$.

Os tensiômetros com vacuômetro metálico (Figura 1) são habitualmente os mais utilizados comercialmente para manejo de irrigação. Os de punção (Figura 2) não dispõem de vacuômetro acoplado, sendo a leitura da tensão realizada por meio de um vacuômetro portátil (digital ou analógico), conhecido como tensímetro (Figura 3). O tensiômetro de punção utiliza uma tampa de borracha (rolha) por onde é introduzida a agulha do tensímetro no momento da leitura. Devido ao custo relativamente alto do tensímetro digital, o tensiômetro de punção somente começa a ser economicamente viável quando o produtor necessite de utilizar pelo menos dez sensores. O tensímetro analógico apresenta custo bem mais baixo do que o digital, porém a precisão é geralmente inferior. Os tensiômetros com

vacuômetro de mercúrio (Figura 4), apesar de apresentarem excelente precisão, são de mais difícil instalação e operação. Por usarem mercúrio metálico, são menos seguros do ponto de vista ambiental, e devem ser evitados.

O tensiômetro permite leitura de tensão até cerca de 80 kPa. Para tensões maiores, a água, sob vácuo, entra em processo de cavitação, ou seja, começa a haver formação acentuada de bolhas de vapor dentro do sistema, parando de funcionar. Mesmo cobrindo apenas parte da água disponível no solo (30% a 60% da água disponível do solo esta retida acima de 80 kPa), tensiômetros são recomendados para o manejo de irrigação da maioria das hortaliças (Tabela 1). Para que apresentem desempenho satisfatório é indispensável observar uma série de cuidados e procedimentos no preparo, instalação, operação, manutenção e armazenamento.

Foto: Waldir A. Marouelli



Fig. 3. Tensímetro digital de punção.

Foto: Waldir A. Marouelli



Fig. 4. Tensiômetros com vacuômetro de mercúrio instalado em lavoura de repolho.

Tabela 1. Sugestão de tensão-limite de água no solo para diferentes hortaliças, conforme o sistema de irrigação utilizado.

| Tensão (kPa)* | Hortaliça |
|--------------------------------|--|
| Sistemas por aspersão | |
| 10-20 | Aipo, alface, alho, cebola, cenoura, folhosas em geral, morango, rabanete |
| 20-40 | Abóbora, abobrinha, alho-porro, batata, berinjela, brócolos, espinafre, feijão-vagem, jiló, melancia, melão, nabo, pimentão |
| 40-70 | Batata-doce, beterraba, couve, couve-flor, mandioquinha-salsa, milho-doce, pepino, pimenta, quiabo, repolho, tomate |
| > 70** | Ervilha, grão-de-bico, lentilha |
| Sistema por sulco | |
| 20-40 | Abóbora, abobrinha, aipo, alface, alho, alho-porro, batata, berinjela, brócolos, cebola, cenoura, espinafre, feijão-vagem, folhosas em geral, jiló, melancia, melão, morango, nabo, pimentão, rabanete |
| 40-70 | Batata-doce, beterraba, couve, couve-flor, mandioquinha-salsa, milho-doce, pepino, pimenta, quiabo, repolho, tomate |
| > 70** | Ervilha, grão-de-bico, lentilha |
| Sistema por gotejamento | |
| 10-20 | Abóbora, abobrinha, aipo, alface, alho, alho-porro, batata, berinjela, brócolos, cebola, cenoura, espinafre, feijão-vagem, folhosas em geral, jiló, melancia, melão, morango, nabo, pimentão, rabanete |
| 20-40 | Batata-doce, beterraba, couve, couve-flor, mandioquinha-salsa, milho-doce, pepino, pimenta, quiabo, repolho, tomate |
| 40-70 | Ervilha, grão-de-bico, lentilha |

* Os menores valores são sugeridos para solos de textura grossa e estádios mais sensíveis à falta de água.

** Fora da faixa de funcionamento aceitável de tensiômetro. Utilizar outro tipo de sensor ou método para o controle de irrigação.

Obs.: 1 kPa = 1 cbar = 7,5 mmHg = 10 cmH₂O.

Fonte: Adaptado de Marouelli et al. (1996) e Sanders (1997).

O Solo como Reservatório de Água

O solo tem a capacidade de armazenar água em seus poros, como se fosse uma esponja, fornecendo-a às plantas na medida de sua necessidade. Como qualquer reservatório, tem capacidade limitada, que depende das características de suas partículas e da profundidade explorada pelas raízes das plantas. Se água for aplicada em excesso, parte dela será perdida por drenagem profunda, com o conseqüente arraste de nutrientes

(lixiviação) para além da zona explorada pelo sistema radicular da cultura.

Para se determinar o momento adequado de se irrigar, o conhecimento da "força" com que a água é retida pelo solo (tensão matricial) é geralmente mais importante do que se saber quanto de água tem o solo. Por exemplo, um solo pode ter bastante água, mas esta pode estar fortemente retida, dificultando sua extração pelas raízes. Por outro lado, existem solos, como os de textura mais arenosa, que

armazenam menos água, mas liberam esta água mais facilmente para as plantas.

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 a planta extrair água por meio de suas raízes. Por outro lado, reservatório cheio não é garantia de bom desenvolvimento das plantas. Muito embora, nesse caso, a água esteja livremente disponível (tensão próximo à zero), pode saturar grande parte dos espaços porosos do solo, comprometendo a aeração e afetando negativamente o funcionamento ótimo das raízes.

Como regra geral, podemos considerar as seguintes faixas de tensão matricial de água no solo:

- 0-10 kPa – Solo próximo à saturação. Leituras contínuas nessa faixa indicam irrigações em excesso, perda de água por drenagem profunda e deficiência de aeração para as raízes.
- 10-20 kPa – Solo com excelente condição de umidade e boa aeração. Faixa de tensão indicada para hortaliças altamente sensíveis ao déficit de água, solos arenosos e/ou irrigação por gotejamento.
- 20-40 kPa – Solo com boa condição de umidade e excelente aeração. Faixa de tensão indicada para hortaliças sensíveis ao déficit de água.
- 40-70 kPa – Solo com limitada condição de umidade e excelente aeração. Faixa de tensão indicada para hortaliças com tolerância moderada ao déficit de água.
- > 70 kPa – Solo com baixa disponibilidade de água e excelente aeração. Fora do limite de funcionamento de tensiômetro. Condição indicada apenas para hortaliças altamente tolerantes ao déficit de água e/ou estádios definidos de desenvolvimento de culturas específicas.

Para se determinar a quantidade correta de água a ser aplicada a cada irrigação, visando repor a água do solo (reservatório), é desejável conhecer a umidade volumétrica do solo no momento da irrigação (reservatório no “nível mínimo de segurança”) e a umidade máxima que não prejudique a aeração (reservatório “quase cheio”). Como já mencionado, não se deve esperar que as plantas utilizem toda a água do solo (reservatório “vazio”) para irrigar, já que a produção poderá ser seriamente comprometida. Como o tensiômetro não fornece leitura direta de umidade do solo, esta pode ser determinada indiretamente a partir da curva característica de retenção de água do solo, que relaciona a umidade volumétrica e a tensão matricial de água no solo. A curva, que varia para cada solo, pode ser feita em laboratórios especializados. A utilização da curva do solo foge do escopo da presente publicação, já que será apresentado um procedimento simplificado para a estimativa da quantidade de água a ser aplicada por irrigação. Para aqueles que desejarem mais informações sobre o tema, recomenda-se consultar o livro “Manejo da irrigação em hortaliças”, publicado pela Embrapa (MAROUELLI et al., 1996).

Preparo de Tensiômetros

Antes de serem instalados, os tensiômetros devem ser devidamente preparados e testados para evitar problemas de funcionamento a posterior. Deve ser realizada a escorva do tensiômetro (retirada do ar presente nos poros da cápsula porosa) e o reparo de possíveis vazamentos (entradas de ar no interior do tubo), já que o equipamento funciona com pressão negativa (vácuo).

Durante o preparo, a instalação e a manutenção do tensiômetro devem-se evitar o contato direto da cápsula porosa com as

mãos, pois a gordura da mão pode reduzir a molhabilidade da cápsula e prejudicar a sensibilidade de resposta do tensiômetro.

A seguir são apresentadas as principais etapas para o preparo adequado de diferentes tipos de tensiômetros:

- Realizar uma inspeção visual de cada tensiômetro, observando se as conexões entre a cápsula, o vacuômetro e a tampa com o tubo não apresentam problemas que possibilitem a entrada de ar;
- Remover a tampa do tensiômetro e encher o tubo com água preferencialmente destilada;
- Colocar o tensiômetro, sem a tampa, em um recipiente (balde) com água durante 2 a 4

Foto: Waldir A. Marouelli



Fig. 5 - Saturação de tensiômetros (cápsulas porosas) em recipiente com água.

Foto: Waldir A. Marouelli



Fig. 6 - Bomba de vácuo para saturação de tensiômetros.

dias, de modo que somente a cápsula porosa e parte do tubo fiquem submersas (Figura 5);

- Embora o procedimento acima seja normalmente suficiente para a saturação da cápsula porosa, uma verificação final da escorva pode ser feita com auxílio de uma bomba de vácuo (Figura 6). Uma seringa do tipo hospitalar (≥ 20 ml) pode ser adaptada para promover vácuo (Figura 7). Assim, com o tensiômetro dentro do balde, completar o volume do tubo com água, acoplar a bomba à sua extremidade superior e promover um vácuo em torno de 70 kPa até praticamente cessar a subida de bolhas de ar pelo tubo;
- Completar o volume do tubo com água destilada e fechar a tampa;

Foto: Waldir A. Marouelli



Fig. 7 - Seringa do tipo hospitalar adaptada para saturação de tensiômetros

Foto: Waldir A. Marouelli



Fig. 8 - Evaporação de água através da cápsula porosa visando verificar problemas de entrada de ar em tensiômetros.

- Retirar o tensiômetro do balde com água e pendurá-lo ao ar livre para que a água evapore através da cápsula (Figura 8). Para acelerar o processo de evaporação, pode ser usado um ventilador;
- Quando o vacuômetro indicar pelo menos 50 kPa, submergir a cápsula em água. Caso a leitura não caia rapidamente na faixa entre 0 e 5 kPa, o tensiômetro deve ser revisado para eliminar possíveis problemas de entrada de ar e ser testado novamente.

Instalação de Tensiômetros

Os cuidados na seleção do local e na instalação de tensiômetros são importantes para que os dados de tensão obtidos sejam confiáveis. Devem ser instalados em pelo menos três pontos (estações de controle) de uma unidade de irrigação. Unidade é uma área contínua, irrigada em um mesmo dia e cultivada por uma mesma hortaliça com o mesmo estágio de desenvolvimento.

As estações de controle devem ficar em locais representativos da unidade de irrigação. Não devem ser instaladas em pontos onde ocorra baixa demanda hídrica, em lugares sombreados ou com plantas com problemas de crescimento, ou onde possa haver acúmulo

Foto: Waldir A. Marouelli



Fig. 9. Estação de controle com tensiômetros instalados a 50% e 100% da profundidade efetiva do sistema radicular de uma lavoura de alface irrigada por gotejamento.

de água, como em depressões do terreno e terraços. Se a área apresentar mais de um tipo de solo e não puder ser subdividida em unidades distintas, as estações de controle deverão ser colocadas nas partes onde predominar solos mais arenosos, pois será nesse tipo de solo onde as plantas serão submetidas primeiramente à falta de água.

Em cada estação de controle, tensiômetros devem ser instalados em pelo menos duas profundidades (Figura 9), uma a cerca de 50% da profundidade efetiva do sistema radicular e outra no limite inferior do sistema radicular. A profundidade efetiva é aquela onde se concentra cerca de 80% das raízes da cultura. O tensiômetro mais raso deve ser utilizado para indicar o momento de se irrigar, enquanto o mais profundo permite avaliar se a lâmina de água aplicada a cada irrigação é excessiva ou insuficiente.

Para hortaliças, em geral, o tensiômetro mais raso pode ser instalado entre 10 e 20 cm tem que ficar na mesma linha e o mais profundo entre 30 e 40 cm. O menor valor, dentro de cada faixa, deve ser considerado durante os estágios iniciais de desenvolvimento da cultura (até início de floração) ou para condições e/ou hortaliças com sistemas radiculares mais superficiais.

Os tensiômetros (raso e profundo) devem ser instalados, lado a lado, ao longo na linha de plantio, entre 10 e 15 cm da planta. No caso de irrigação por gotejamento, instalar de 10 a 15 cm do gotejador. Para uma instalação adequada devem-se considerar as seguintes etapas:

- Até a instalação, as cápsulas devem permanecer imersas em água, a fim de permanecerem saturadas. Opcionalmente, o transporte pode ser realizado lacrando-se as cápsulas com plástico. Isto pode ser feito acondicionando-se a cápsula em um saquinho plástico, que deve ter a

extremidade superior lacrada junto ao tubo por uma fita adesiva ou elástica, ou com o uso de filme de PVC;

- Fazer o furo para a instalação, preferencialmente em solo úmido, com trado próprio até a profundidade desejada. Para se obter um perfeito contato entre a cápsula e o solo, condição fundamental para o bom funcionamento do equipamento, o trado deve ter diâmetro igual ou ligeiramente inferior ao da cápsula. O trado deve ser de rosca tipo Mathieson (Figura 10) ou de punção, tipo meia-cana (Figura 11), para facilitar a retirada do solo de seu interior. Um tubo de ferro com ponta cortante pode ser utilizado desde que o solo seja retirado de seu interior após cada tradagem;

Foto: Waldir A. Marouelli

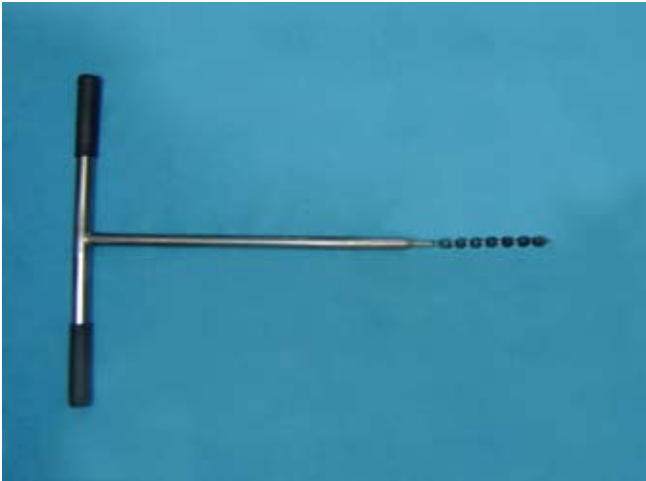


Fig. 10. Trado de rosca tipo Mathieson para a instalação de tensiômetros.

Foto: Waldir A. Marouelli



Fig. 11. Trado de punção, tipo meia-cana, para a instalação de tensiômetros.

- Para evitar que caia terra no furo, especialmente se o solo não estiver com umidade adequada, molhar a superfície do solo (100 a 200 ml de água) no ponto de tradagem;
- Introduzir o tensiômetro até o final do furo, empurrando firmemente com as mãos. Não usar nenhum tipo de marreta ou força em demasia para a introdução do tensiômetro no furo;
- Comprimir levemente a superfície do solo ao redor do tensiômetro com as próprias mãos. Amontoar um pouco de solo (2 a 3 cm) em volta do tubo para evitar acúmulo de água ao seu redor e, desta forma, mascarar as leituras;
- Retirar a tampa, acoplar a bomba de vácuo manual ao tensiômetro e succionar lentamente até que o vacuômetro indique cerca de 70 kPa (Figura 12). Deixar a bomba acoplada por 5 a 10 segundos ou até cessar a subida de bolhas de ar. Pode ser necessário repetir a operação mais uma ou duas vezes em seguida;
- Completar o volume de água do tensiômetro e fechar a tampa;
- Colocar uma estaca ou bandeirinha (cerca de 100 cm de altura) a cerca de 20 cm dos tensiômetros (Figura 13) para que possam

Foto: Waldir A. Marouelli



Fig. 12. Manutenção de tensiômetro no campo por meio de uma bomba de vácuo manual tipo seringa.

ser visualizados facilmente e não sejam danificados.

Leitura de Tensiômetros e Controle de Irrigação

Fazer diariamente, durante as primeiras horas da manhã, as leituras dos tensiômetros (raso e profundo) das estações de controle. Para condições onde possa ser necessária mais de uma irrigação por dia (solos arenosos, clima quente e seco, irrigação por gotejamento etc.) deve-se realizar uma segunda leitura no período da tarde.

A fim de não alterar as características do solo (infiltração e retenção de água) e prejudicar o crescimento das plantas deve-se evitar o pisoteio ao redor das estações de controle. Para isso, deve-se procurar manter uma distância de pelo menos 50 cm dos tensiômetros durante as operações de leitura e manutenção.

As leituras devem ser anotadas em uma ficha de controle mensal (Figura 14), contendo informações sobre a cultura, a data de plantio e a unidade de irrigação. Na tabela de leitura de controle também deve ser anotada a intensidade de cada chuva e irrigação realizada. Para facilitar a visualização dos dados e o planejamento das irrigações futuras,

Foto: Waldir A. Marouelli



Fig. 13. Estação de controle com tensiômetros devidamente sinalizados por uma estaca de madeira.

as tensões médias das estações de controle podem ser colocadas na forma gráfica.

As irrigações devem ser realizadas a todo o momento que a média das leituras dos tensiômetros mais rasos for igual ou superior à tensão-limite recomendada para a hortaliça cultivada, conforme indicado na Tabela 1. Verificar que a tensão-limite é também função do sistema de irrigação utilizado e da textura do solo. Considerar que, para uma mesma tensão-limite, solos arenosos requerem irrigações mais freqüentes que solos argilosos, uma vez que os primeiros retêm menos água.

A lâmina de água a ser aplicada por irrigação pode ser determinada a partir da leitura média dos tensiômetros mais rasos quando se dispõe da curva característica de retenção de água do solo. Caso não se disponha da curva, a lâmina de água pode ser ajustada, por tentativa, com base nas leituras diárias dos tensiômetros rasos e profundos. Como regra geral, a lâmina de água a ser aplicada por irrigação em solos arenosos é menor que em solos argilosos, pois têm menor capacidade de armazenamento de água. Neste caso, sugere-se adotar o procedimento a seguir:

- Irrigar o suficiente para que a tensão nos tensiômetros rasos seja reduzida para 5 a 10 kPa e a leitura nos tensiômetros profundos permaneça entre 15 e 25 kPa.
- A lâmina de água aplicada será considerada insuficiente se a tensão nos tensiômetros rasos, 1 a 4 horas após a irrigação, for maior que 10 kPa e/ou se perceber que a tensão nos tensiômetros profundos começar a aumentar lentamente a cada irrigação (Figura 15). Neste caso, aumentar o tempo de irrigação entre 10% e 25% e observar o comportamento dos tensiômetros durante as próximas irrigações.
- A irrigação será considerada excessiva se a tensão nos tensiômetros profundos for

Gráfico de Leitura de Tensiômetros

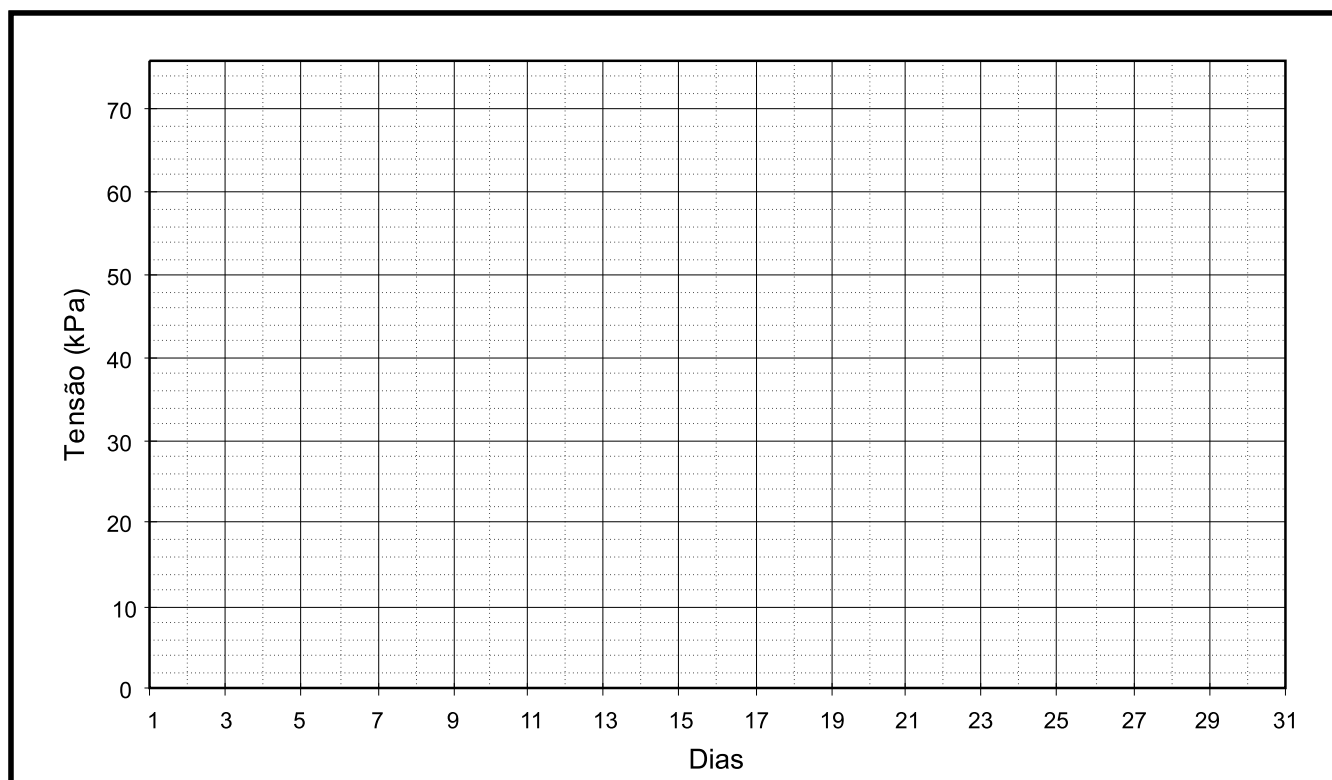


Fig. 14. Ficha de controle mensal para uma unidade de irrigação com três estações de controle, com tabela e gráfico de leitura de tensiômetros

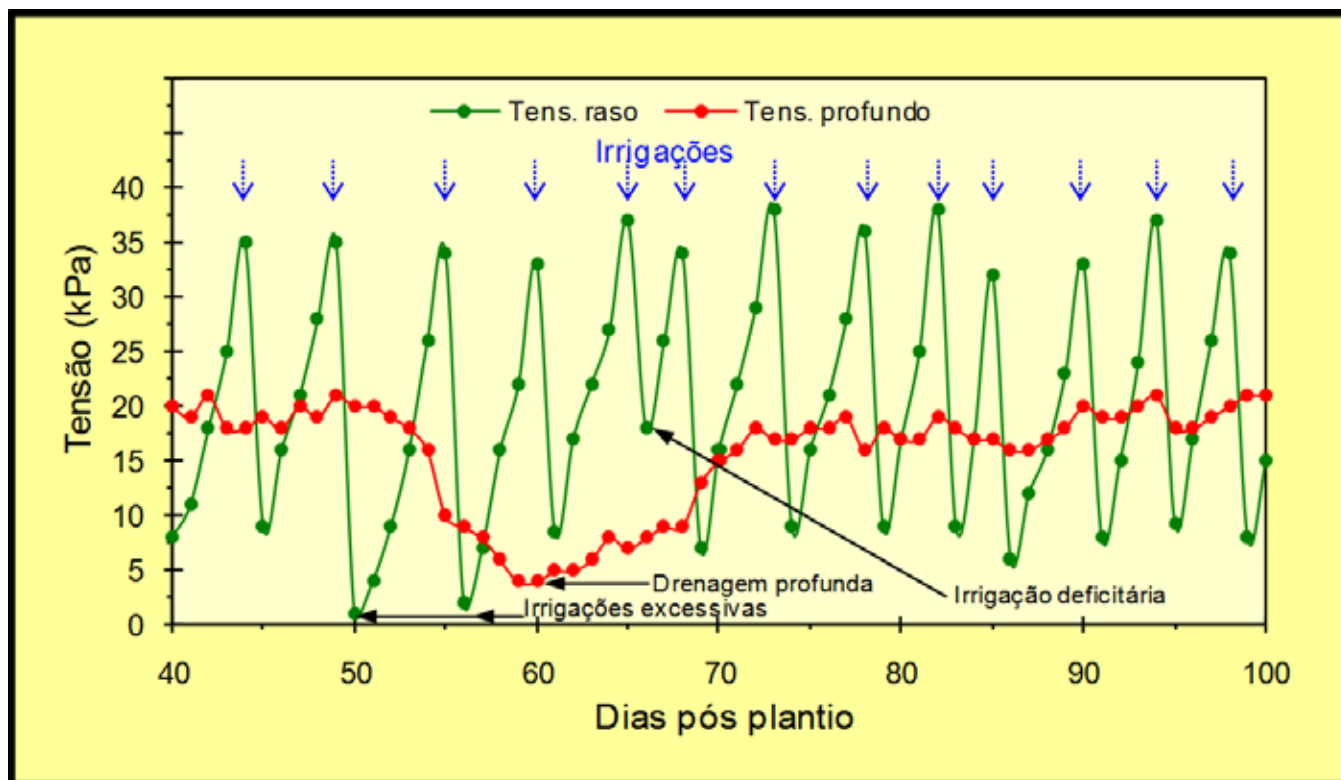


Fig. 15. Valores médios das leituras de tensiômetros, de três estações de controle, instalados a 50% e 100% da profundidade efetiva do sistema radicular de uma cultura de melancia, ao longo de um período do ciclo de desenvolvimento das plantas, com indicativo dos momentos das irrigações.

especialmente expressar os dados na forma gráfica, para que se possa visualizar a dinâmica da água no solo.

Para usuários que não dispõem de informações, nem mesmo de ordem prática, sobre a capacidade de retenção de água do solo a ser irrigado, sugere-se que a lâmina de água a ser aplicada seja inicialmente estimada com base nos dados apresentados na Tabela 2. Para irrigação por aspersão e gotejamento, deve-se considerar a eficiência do sistema de irrigação durante a determinação da lâmina total de água a ser aplicada. Em geral, a eficiência varia entre 60% e 75% para aspersão convencional e entre 75% e 90% para pivô central e gotejamento. Desta forma, será mais fácil ajustar as lâminas de água nas irrigações seguintes com o auxílio dos tensiômetros.

Exemplo: Um produtor irriga por aspersão convencional sua cultura de alface (estádio de formação de cabeça) a todo o momento que a tensão de água no solo (tensiômetros rasos instalados a 10 cm) atinge 15 kPa (Tabela 1). O solo é de textura média, a profundidade efetiva das raízes (observação visual) é de 25 cm e a eficiência de irrigação de 70%.

Solução: Pela Tabela 2, para solo de textura média e tensão de 15 kPa, a lâmina de água necessária por irrigação será de 3,6 mm para cada 10 cm de solo. Para uma camada de solo de 25 cm, a lâmina de água necessária será de 9,0 mm (3,6 mm / 10 cm x 25 cm). Assim, a lâmina total de água a ser aplicada, considerando a eficiência do sistema, será de 12,9 mm (9,0 mm / 0,70).

Em se tratando de irrigação por gotejamento, deve-se considerar apenas a fração molhada de solo (média do perfil), que depende do tipo de solo e do espaçamento entre gotejadores (na linha e entre linhas). Sugere-se a abertura de uma pequena trincheira para uma avaliação visual da fração molhada. Para hortaliças, a fração molhada varia entre 0,40 e 0,90, sendo o menor valor para cultivos com maior espaçamento entre fileiras de plantas e solos arenosos. Especialmente para solos com cascalho ou torrões na superfície, a fração molhada na superfície é muito menor que a fração média efetivamente molhada ao longo do perfil de solo explorado pelas raízes.

Tensiômetros não são recomendados para indicar o momento de se irrigar durante o estabelecimento inicial da cultura (5 a

Tabela 2. Sugestão de lâmina necessária de água a cada irrigação, em milímetros, conforme a tensão de água no solo, para cada 10 cm de camada de solo.

| Tensão (kPa) | Textura do solo* | | |
|--------------|------------------|-------|------|
| | Grossa | Média | Fina |
| 15 | 2,0 | 3,6 | 5,0 |
| 20 | 2,3 | 4,2 | 6,0 |
| 30 | 2,8 | 5,4 | 8,0 |
| 40 | 3,3 | 6,6 | 9,0 |
| 50 | 3,5 | 7,2 | 10,0 |
| 70 | 3,8 | 7,8 | 11,0 |

* Textura grossa incluem solos de classe textural: areia, areia franca e franco arenoso; textura média: franco, franco siltoso, franco argilo-arenoso e silte; e textura fina: franco argilo-siltoso, franco argiloso, argila arenosa, argila siltosa, argila e muito argiloso.

Obs.: Solos de cerrado de textura fina devem ser considerados, para efeito de retenção de água, como de textura média.

10 dias após a emergência ou transplante), pois as raízes são ainda muito superficiais. Neste estágio, as irrigações devem ser realizadas a cada 1 a 4 dias, de forma a se manter úmida a camada superficial do solo (0 a 15 cm). No entanto, é recomendada a instalação de tensiômetros na profundidade entre 15 e 20 cm para avaliar se a lâmina de água aplicada não é em excesso.

Manutenção de Tensiômetros

É normal que surja uma pequena câmara sem água ou bolhas na extremidade superior do tensiômetro à medida que o solo vai secando. Isso se deve ao vácuo formado com a saída de água pela cápsula porosa. Quando o solo é adequadamente irrigado, a água retorna novamente para o interior do tensiômetro. Entretanto, a água do solo traz consigo uma pequena quantidade de ar dissolvido. Após alguns ciclos de secagem e umedecimento do solo, esse ar poderá se acumular no interior do tensiômetro e provocar problemas de funcionamento. Assim, a presença de um nível baixo de água no interior do tensiômetro após uma irrigação é um indicativo da necessidade de manutenção.

De modo geral, a manutenção de tensiômetros no campo deve ser realizada semanalmente ou a qualquer momento que se verificarem problemas de funcionamento, ou seja: a) leituras discrepantes entre tensiômetros; b) leituras discrepantes das condições visuais de umidade no solo, como por exemplo, solo seco e tensiômetro indicando tensão baixa; e c) presença de ar na parte superior do tubo mesmo após a realização de uma irrigação.

O procedimento básico para a manutenção de tensiômetros em condições de campo é apresentado a seguir:

- Retirar a tampa do tensiômetro e completar o volume de água;
- Retirar o ar presente na cápsula porosa e no interior do tensiômetro conforme recomendado no item “Instalação de Tensiômetros”;
- Completar novamente o volume de água e fechar a tampa;
- Caso o tensiômetro continue a não funcionar corretamente no dia seguinte, substituí-lo por outro devidamente preparado;

Quando da retirada do tensiômetro para substituição ou no final do ciclo da cultura é conveniente que o solo esteja molhado. A retirada com solo seco acarreta, com alguma frequência, a quebra da cápsula porosa, além de poder danificar outras partes do equipamento.

Quando as irrigações são realizadas de forma a não se permitir tensões acima de 30 kPa há, geralmente, pouco problema de entrada de ar, podendo os tensiômetros serem usados por várias semanas sem a necessidade de manutenção. Porém, quando se trabalha em regimes mais severos, se irrigando somente quando o vacuômetro indicar tensões acima de 50 kPa, são necessárias manutenções frequentes.

Armazenamento de Tensiômetros

Os tensiômetros devem ser armazenados devidamente limpos e em perfeito estado de funcionamento. Assim, após a remoção do tensiômetro, a cápsula deve ser lavada com água e escovinha de cerdas macias, e em seguida mergulhada em um recipiente com água limpa. O tubo e o vacuômetro devem ser limpos com pano úmido. Além da parte externa, deve-se limpar a parte interna do

tubo, eliminando-se partículas de solo, algas e mucilagens.

Em caso de os tensiômetros serem reutilizados em até um mês, armazená-los saturados, mantendo as cápsulas imersas em um recipiente com água. Para evitar a proliferação de algas e bactérias, manter a água limpa e clorada (usar cerca de 5 ml de água sanitária por litro de água). Opcionalmente, o tensiômetro pode ser armazenado saturado lacrando-se a cápsula com saquinho plástico ou filme de PVC.

Quando for necessário armazenar os tensiômetros por um longo período de tempo, é aconselhável guardá-los seco. Neste caso, retirar toda a água de seu interior e deixá-los abertos ao sol durante um dia, para que a cápsula e o vacuômetro sequem. Devem ser guardados sem tampa na embalagem fornecida pelo fabricante. Caso não disponha de embalagem individual, cuidado deve-se ter especialmente com aqueles tensiômetros mais compridos para não ocorrer o empenamento dos tubos. Tensiômetros com tubos, mesmo que ligeiramente, curvados podem apresentar problemas para a instalação e não funcionar a contento.

Referências Bibliográficas

- ALLAN, M.; ROGERS, D. H. **Tensiometer use in scheduling irrigation**. Manhattan: Kansas State University: Cooperative Extension Service, 1997. 6 p. (Irrigation Management Series L-796).
- AZEVEDO, J. A.; SILVA, E. M. **Tensiômetro: dispositivo prático para controle da irrigação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 1999. 39 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 1).
- HARRISON, K. **Irrigation scheduling methods**. Athens: The University of Georgia: Cooperative Extension, 2005. 8 p. (Bulletin 974).
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, H. R.; SILVA, W. L. C.; CARRIJO, O. A. **Tensiômetros para manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 1998. 4p.
- MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. **Irrigação por aspersão em hortaliças: qualidade da água, aspectos do sistema e método prático de manejo**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças, 2008. 150 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. 72p.
- OLCZYK, T.; LI, Y.; MUNOZ-CARPENA, R. **Using tensiometers for vegetable irrigation scheduling in Miami-Dade County**. Gainesville: University of Florida: Cooperative Extension Service, 2005. 3 p. (ABE 326).
- SANDERS, D. C. **Vegetable crop irrigation**. Raleigh: North Carolina Cooperative Extension Service, 1997. 6 p. (Horticulture Information Leaflet, 33-E).
- SILVA, W. L. C.; MARQUELLI, W. A. Manejo da irrigação em hortaliças no campo e em ambientes protegidos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 27., 1998, Poços de Caldas. **Manejo de irrigação: simpósio...** Lavras: SBEA: UFLA, 1998. p. 311-348.
- SMAJSTRLA, A.; HARRISON, D. **Tensiometers for soil moisture measurement and irrigation scheduling**. Gainesville: University of Florida: Cooperative Extension Service, 1998. 6p. (Circular 486).

**Circular
Técnica, 57**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Hortaliças

Endereço: BR 060 km 9 Rod. Brasília-Anápolis
C. Postal 218, 70.531-970 Brasília-DF

Fone: (61) 3385-9115

Fax: (61) 3385-9042

E-mail: sac@cnpq.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2008): 1000 exemplares

Comitê de Publicações **Presidente:** Gilmar P. Henz
Editor Técnico: Flávia A. Alcântara

Membros: Alice Maria Quezado Duval
Edson Guiducci Filho
Milza M. Lana

Expediente **Normalização Bibliográfica:** Rosane M. Parmagnani

Editoração eletrônica: José Miguel dos Santos



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento

