



# Circular Técnica

Sete Lagoas, MG  
Dezembro, 2002

## Autores

**Morethson Resende**  
Eng.º. Agr.º., Ph.D.,  
Pesquisador da Embrapa  
Milho e Sorgo. Caixa  
Postal 151. 35701-970  
Sete Lagoas, MG. E-mail:  
resende@cnpms.embrapa.br

**Paulo Emílio Pereira de  
Albuquerque**  
Eng.º. Agríc., D.Sc.,  
Pesquisador da Embrapa  
Embrapa Milho e Sorgo.  
C.Postal 151.  
CEP 35701-970,  
Sete Lagoas, MG. E-mail:  
emilio@cnpms.embrapa.br



## Métodos e Estratégias de Manejo de Irrigação

### Introdução

Tradicionalmente, no Brasil, as culturas de grãos foram lavouras típicas de sequeiro, exceto a cultura do arroz irrigado, nas terras baixas do Rio Grande do Sul. Com a expansão da fronteira agrícola para a região dos Cerrados, houve um crescimento muito grande das áreas plantadas com soja, milho e feijão nesse ecossistema. Essas áreas, predominantemente com propriedades médias e grandes, foram implementadas com um nível tecnológico mais elevado e maior grau de mecanização. Essa região, no entanto, apresenta características climáticas bem distintas das regiões Sul e de Mata Atlântica do Sudeste. Na região dos Cerrados, a precipitação anual é bem menor do que as registradas naquelas regiões. Além disso, as chuvas se concentram de novembro a março, com ocorrência freqüente de longos períodos de estiagem, os veranicos. Essa distribuição irregular das chuvas leva ocasionalmente a reduções drásticas na produtividade das lavouras plantadas nesse período.

No final da década de setenta e na década de oitenta, houve um crescimento grande das áreas irrigadas na região dos Cerrados, através dos programas de incentivo à irrigação. As culturas do milho, do feijão, do arroz e do trigo passaram, então, a ser alternativas nos sistemas de produção de grãos e hortaliças em sucessão e rotação com outras culturas, principalmente nas áreas irrigadas por aspersão convencional e pivô central. A irrigação permite a suplementação de água nos períodos de estiagem e a utilização contínua da área, permitindo de duas a três safras por ano, dependendo da espécie cultivada. Entretanto, a rentabilidade econômica das culturas de grãos irrigadas é baixa, quando comparada com a de culturas como hortaliças, frutas, café e outras de maior valor comercial. Durante muitos anos, a sucessão milho/feijão constituiu um excelente sistema do ponto de vista agrônomo e econômico, mas, com o aumento da área irrigada com feijão, ocorreu uma estabilidade na produção e no preço do feijão, reduzindo-se essa vantagem. Cabe ressaltar também o impulso que a irrigação deu à produção de sementes para as culturas de grãos, que se deslocaram de regiões mais úmidas para as regiões mais secas, com grandes vantagens nos sistemas de produção e na qualidade dessas sementes. Atualmente, a cultura do café irrigado vem alcançando destaque na região dos Cerrados, inclusive com a utilização do pivô central.

Em outros ecossistemas das regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste, a irrigação é utilizada principalmente na produção de frutas, flores e hortaliças, nos cinturões verdes, produção de sementes e mudas. Nessas regiões, irriga-se no período seco e na época de chuvas faz-se apenas a irrigação suplementar.

Por outro lado, na região Nordeste do Brasil, incluindo o vale do rio São Francisco, houve também, nas últimas quatro décadas, um grande desenvolvimento da agricultura irrigada, principalmente através dos projetos públicos, além de projetos da iniciativa privada bem sucedidos. Entretanto, nesses projetos, predominam sistemas de produção de frutas e hortaliças considerados “high cash crops”. Na grande maioria dessas áreas irrigadas, no Nordeste, está ocorrendo mudança dos sistemas de irrigação por aspersão ou métodos superficiais para irrigação localizada.

Uma das principais causas do insucesso de muitos projetos de irrigação tem sido a falta de um manejo adequado. Geralmente, por desconhecimento ou por falta de assistência técnica ou por ambos os fatores, o produtor ou irrigante nunca dá muita importância a essa prática. O manejo da irrigação constitui uma técnica muito importante do ponto de vista econômico e ambiental numa atividade agrícola. Através de um manejo adequado da irrigação, pode-se economizar água, energia, aumentar a produtividade da cultura e melhorar a qualidade do produto. O déficit de água pode reduzir a produção e/ou a qualidade do produto, enquanto o excesso de irrigação, além das perdas de água e energia, pode contribuir para a lixiviação dos nutrientes e agroquímicos para as camadas inferiores do solo ou até mesmo atingindo o lençol freático. Em regiões áridas e semi-áridas, o uso inadequado da irrigação pode levar também à salinização do solo. Por outro lado, através do planejamento e manejo adequado da irrigação e de outras práticas culturais, pode-se programar a produção de algumas culturas e alcançar melhores preços na entressafra.

Para se determinar QUANDO e QUANTO de água aplicar em uma cultura, existem muitas estratégias que podem ser utilizadas, através de estudos e levantamentos de solo, clima e fatores culturais. No caso dos estudos de

solo e clima, existe uma metodologia clássica que já vem sendo há muito adotada no país. Os nossos laboratórios e estações meteorológicas estão bem equipados para coletar essas informações, que são, na maioria das vezes, os mesmos parâmetros necessários ao dimensionamento de projetos, enquanto os fatores culturais, como ciclo, períodos críticos e coeficientes culturais, são produtos de trabalhos de pesquisa desenvolvidos para cada cultura, em condições específicas.

Nesta publicação, serão discutidos os princípios básicos e as estratégias que possibilitem ao irrigante e ao técnico a realização do manejo de irrigação das culturas dentro dos princípios da sustentabilidade agrícola e da preservação do meio ambiente.

## **Estratégias de Manejo de Irrigação**

### **Sintomas visuais**

O momento de se efetuar as irrigações pode ser estimado através de sintomas visuais de déficit hídrico nas plantas, que às vezes são difíceis de ser detectados e às vezes os são muito tardiamente, para fins de manejo de irrigação, isto é, quando observados, os seus efeitos já comprometeram a produção ou a qualidade do produto. Geralmente, esses sintomas estão relacionados à tonalidade da coloração das folhas, enrolamento de folhas, ângulo da folha, etc. O ideal seria monitorar o status de água na planta através do potencial de água na folha, abertura estomatal e outros parâmetros relacionados com o déficit de água (temperatura das folhas, índices de estresse hídrico, fluxo de seiva etc.), mas os equipamentos são caros e a metodologia é complexa. O monitoramento do status de água na planta é, portanto, mais utilizado na pesquisa, em que se requer maior precisão.

### **Calendário de irrigações**

Essa estratégia utiliza basicamente o balanço de água no sistema solo-planta-atmosfera. O termo “turno de rega” é muito utilizado na

elaboração dos projetos de irrigação e representa o intervalo entre irrigações, assim como é utilizado nesses projetos o total de água a ser aplicado em condições de máxima demanda atmosférica, para uma determinada capacidade de armazenamento de água no solo. Neste trabalho, o termo “calendário de irrigações” significa estimar as datas e as lâminas de água a serem aplicadas ao longo do ciclo da cultura, com base nas condições de clima de anos anteriores, dados do solo e da cultura.

Esse é o método mais simples de ser utilizado pelos produtores, uma vez que o calendário das irrigações pode ser elaborado antes mesmo do plantio, contendo datas e tempo de funcionamento do equipamento. A principal fonte de erro nesse método é que se considera a média histórica de dados climáticos como sendo semelhante às condições climáticas do período em que a lavoura estiver sendo conduzida. Nesse método, o solo é considerado um reservatório de água, cuja capacidade depende da profundidade do sistema radicular e de suas características físico-hídricas. Considerando que a principal perda de água desse reservatório é devido à evapotranspiração da cultura (ETc), não é difícil visualizar que a data da próxima irrigação e o total a ser aplicado podem ser estimados conhecendo-se a taxa da ETc, a capacidade de armazenamento de água do solo e a eficiência do sistema de irrigação.

#### **Cálculo da lâmina de água a ser aplicada**

$$LL = (CC - PMP) N_e Z da 10$$

Sendo:

- LL - Lâmina líquida de irrigação (mm)
- CC - Conteúdo de água no solo na capacidade de campo (g.água/g.solo)
- PMP - Conteúdo de água no solo no ponto de murcha permanente (g.água/g.solo)

- $N_e$  - Nível de esgotamento permissível (%)
- Z - Profundidade do sistema radicular (cm)
- da = Densidade aparente (g de solo/cm<sup>3</sup> de solo)

Cálculo da lâmina bruta (LB) ou quanto irrigar:

$$LB = LL/Ef$$

Sendo:

- LB - Lâmina bruta (mm)
- Ef - Eficiência de aplicação (%), Tabela 1.

**Tabela 1.** Faixa de eficiência de aplicação de água, típica para diversos tipos de sistema de irrigação.

Tipo de sistema	Faixa de Ef (%)	Tipo de sistema	Faixa de Ef (%)	Tipo de sistema	Faixa de Ef (%)
Solo estubo (para solo cultivado)	40 - 75	Canal aberto	30 - 50	Superfície	50 - 90
Solo estubo (para solo não cultivado)	60 - 85	Sistema permanente	50 - 85	Tanque em terra	60 - 80
Solo estubo arado	40 - 75	Furto controlado	70 - 90	Sistema aspersão	80 - 95
Furo em Jato	50 - 85	Furto	50 - 80		
Rega por nível	60 - 85	Aspersão controlada	50 - 75		
		Linha móvel	70 - 90		

Fonte: Martin et al., 1982a.

Smith (1993) desenvolveu um programa de computador, chamado CROPWAT, que facilita muito os cálculos desse método.

#### **Predição de quando irrigar**

Para estimar as datas em que as irrigações deverão ser realizadas, há necessidade de se estimar o consumo diário de água da cultura ou ETc, sendo, portanto, necessário estimar a evapotranspiração de referência (ETo) e o coeficiente de cultura Kc.

$$TR = LL/ETc$$

$$ETc = Kc ETo$$

Sendo:

- TR – Turno de rega (dias)
- LL – Lâmina líquida de irrigação (mm)
- ETc - Evapotranspiração da cultura (mm.dia<sup>-1</sup>)

ET<sub>o</sub> - Evapotranspiração da cultura de referência (mm.dia<sup>-1</sup>)

K<sub>c</sub> - Coeficiente da cultura

### Método do balanço de água no solo

Esse método tem como fundamento o balanço de água no sistema solo-planta-atmosfera. Se aplicarmos a equação do balanço hídrico em uma superfície com uma cobertura vegetal teremos:

$$P + L = ET_c + R + D + Dq$$

Em que: P é a precipitação, L a lâmina de irrigação, ET<sub>c</sub> a evapotranspiração da cultura, R o escoamento superficial (runoff), D a drenagem e Dq a variação do conteúdo volumétrico de água do solo, expresso em % volume, ou lâmina. Para usá-lo, é necessário que se obtenham os valores de ET<sub>o</sub>, K<sub>c</sub>, água disponível no solo, informações sobre o manejo da cultura, inclusive o nível de esgotamento e outras. O fator ou nível de esgotamento depende da espécie, do estágio da cultura, das condições ambientais (clima) e do tipo de produto (grãos, frutas, verduras, legumes, produção de açúcar, forragem, etc.). Geralmente, varia de 20 a 50% para as principais culturas. O método do balanço de água pode ser utilizado com bons resultados.

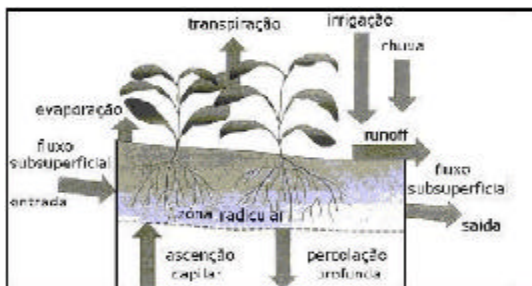


Figura 1. Balanço de água no sistema solo-planta-atmosfera  
Fonte: Allen et al. (1998).

O manejo de irrigação pelo método do balanço de água em uma área cultivada é feito à semelhança do balanço de uma conta bancária, em que os depósitos são feitos através da irrigação ou chuva e as retiradas,

através da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), estimada diariamente. É importante conhecer o momento em que o saldo de água chega a zero, para que nova irrigação possa ser feita.

Como no método do calendário de irrigações, de posse dos dados de clima, solo e cultura, é possível estimar diariamente o total de água armazenada no solo, até o momento da próxima irrigação e a lâmina de água a ser aplicada. Com o desenvolvimento do uso de computadores, esse método vem sendo utilizado em muitos países, com grande sucesso, através de informações por agências do governo para os irrigantes, via os meios de comunicação. Pode-se iniciar o balanço de água com o teor de umidade do solo na capacidade de campo, através de irrigação ou chuva, ou então determinar a quantidade de água antes da primeira irrigação. Os valores diários da ET<sub>c</sub> são subtraídos da água disponível, até que esta alcance o nível de esgotamento preestabelecido; nesse momento, processa-se a irrigação, cuja lâmina visa suprir o total de ET<sub>c</sub> acumulado desde a última irrigação mais perdas.

Os cálculos da lâmina líquida, lâmina bruta e intervalo das irrigações podem ser dados por:

$$LL = (CC - U_i) \times d_a \times Z \times 10$$

Sendo:

U<sub>i</sub> - Limite mínimo do teor de umidade no solo a partir do qual deve-se realizar a irrigação (g. água/g. solo)

Os outros termos da equação foram definidos no método anterior.

Nesse método, as irrigações são realizadas toda vez que a água contida no solo chegar ao nível preestabelecido (U<sub>i</sub>), ou quando a LL for igual ao total evapotranspirado desde a última irrigação, ou seja, quando:

$$LL = \sum (K_c \times ET_o)$$

E a lâmina bruta é dada por:

$$LB = LL/E_f$$

Esse método de manejo facilita sobremaneira o acompanhamento de várias propriedades irrigadas sob condições climáticas semelhantes, como em perímetros irrigados, cooperativas de irrigantes etc. Nesses casos, o uso da informatização vem se tornando cada dia mais importante. Para isto, basta armazenar os dados de cada propriedade, relativos ao solo, à cultura e ao sistema de irrigação, ficando, portanto, dependendo apenas da coleta diária dos dados climáticos comuns a todas as propriedades, para o cálculo dos valores da ETc. Um sistema de comunicação preestabelecido informaria ao produtor que haveria chegado o momento da irrigação.

### Uso de instrumentos

A utilização de instrumentos para o monitoramento da água no solo ou na planta é pouco freqüente em condição de lavoura, sendo mais comum nos trabalhos de pesquisa. Geralmente, são equipamentos relativamente caros e requerem um mínimo de conhecimento e treinamento para sua utilização. A exemplo do tensiômetro, esses equipamentos também permitem obter o momento da irrigação. Para determinar as lâminas de irrigação e os turnos de rega, é necessário conhecer de outros parâmetros, como a curva de retenção de água do solo, a profundidade do sistema radicular, a evapotranspiração da cultura e o nível de esgotamento permissível.

O manejo de irrigação pode ser feito através do uso de equipamentos para medição do teor de umidade do solo, estado hídrico da planta, bem como estimativa da evapotranspiração. Vários equipamentos vêm sendo desenvolvidos, desde a década de 1940, para determinar o momento da irrigação, baseado em dados do solo, destacando-se, entre eles: o bloco de resistência elétrica, o tensiômetro, o TDR e a sonda de nêutrons. O bloco de resistência elétrica mede, de forma indireta, através de resistência elétrica, o teor de umidade do

solo ou tensão de água no solo, sendo, para isso, necessária uma calibração das leituras versus os teores de umidade ou tensões de água no solo. Embora seja um equipamento de boa precisão e custo não muito elevado, seu emprego tem sido restrito para as condições do produtor, mesmo em países onde a agricultura irrigada é mais desenvolvida. Um dos principais problemas é a representatividade de suas leituras em relação à área total irrigada, principalmente devido à variabilidade do solo, dos próprios blocos e à faixa de umidade em que funciona adequadamente.

O tensiômetro é um equipamento que vem sendo usado com mais freqüência do que o bloco de resistência elétrica e recomendado por vários autores (Azevedo, 1988; Guerra et al. 1992; Guerra, 1995; Azevedo e Miranda, 1996). Contudo, apresenta algumas limitações, como representatividade de área e limitação de escala de uso. Adapta-se a solos onde a maior parte da água disponível está retida a tensões superiores a -80 kPa. A manutenção dos tensiômetros durante o funcionamento também constitui um dos problemas para seu uso, principalmente os de mercúrio. O TDR e a sonda de nêutrons são instrumentos que servem para estimar o teor de umidade do solo. Embora sejam de boa precisão, devido ao seu alto custo e por não serem fabricados no país, seu uso tem sido restrito a instituições de pesquisa.

Além dos aparelhos para medição das condições de umidade do solo, pode-se estimar o momento da irrigação através das condições da planta; nesse caso, o termômetro a infravermelho tem grande perspectiva de uso generalizado no futuro. Esse equipamento se baseia na diferença entre a temperatura do ar e a da folha. Uma das limitações para o uso desse termômetro é a falta de dados de pesquisa para estipular os valores de diferença de temperatura em que uma determinada cultura deve ser irrigada. A falta desse equipamento no mercado e seu elevado custo também limitam seu uso.

Desses equipamentos, geralmente se recomendam, para fins de manejo em lavouras irrigadas, o uso do tanque Classe A, do tensiômetro ou da combinação dos dois.

### Tanque Classe A

O tanque Classe A mede a evaporação de uma superfície de água livre e esse valor pode ser utilizado com relativa precisão para estimar a evapotranspiração da cultura de referência, utilizando-se parâmetros locais de clima (vento e umidade relativa do ar). Portanto, o tanque Classe A é apenas uma ferramenta auxiliar para se utilizar com os outros métodos de manejo de irrigação. Entretanto, havendo a disponibilidade da curva de retenção da água no solo ou da umidade do solo na capacidade de campo (CC) e do ponto de murcha permanente (PMP), pode-se estimar o momento de irrigar quando a seguinte condição é satisfeita:

$$\sum (E \times K_t \times K_c) \approx (CC - U) \times d_a < Z \times 10$$

Sendo:

E – Evaporação da água do tanque Classe A no intervalo de dias entre irrigações (mm)

K<sub>t</sub> – coeficiente do tanque (dado em tabelas, segundo Doorenbos e Pruitt, 1977).

Os outros termos foram definidos anteriormente.

A equação anterior indica que o turno de rega é obtido quando a condição é satisfeita, ou seja, quando a soma da evapotranspiração da cultura se aproximar da quantidade de água que o solo tem capacidade de armazenar no limite do sistema radicular da cultura, dentro do nível de esgotamento predeterminado. Então as lâminas líquida e bruta de irrigação são obtidas, respectivamente, como:

$$LL = \sum (E \times K_t \times K_c)$$

$$LB = LL/E_f$$

### Tensiômetros

O tensiômetro mede o componente matricial do potencial de água no solo, geralmente conhecido com tensão de água no solo. Esses valores podem ser expressos nas seguintes unidades: centibar (cbar), atmosfera (atm), quilopascal (kPa), metro ou centímetro de coluna d'água (cm.H<sub>2</sub>O), centímetro ou milímetro de coluna de mercúrio (mm.Hg). O tensiômetro tem uma grande limitação, devido à sua estreita faixa de atuação, comparada com os valores dos limites superior e inferior de água no solo (respectivamente -10 kPa, capacidade de campo, e -1500 kPa, ponto de murcha permanente).

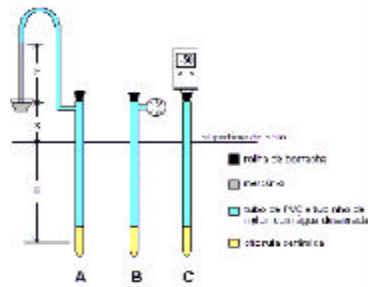
O tensiômetro funciona bem até -80 kPa, ou seja, correspondente a uma faixa elevada de umidade no solo. Apesar da estreita faixa do potencial matricial que é coberta pelo tensiômetro, ela constitui a faixa de interesse do manejo de irrigação para a maioria dos solos agrícolas brasileiros (de -10 a -80 kPa). De qualquer modo, sua utilização seria mais recomendável para manejo de irrigação em hortaliças, em sistemas de irrigação localizada com altas frequências e, possivelmente, em áreas irrigadas com pivô central, mas com algumas restrições.

### Tipos

Existem diversos tipos de tensiômetros, em função do sistema de leitura ou da natureza do trabalho onde é utilizado (Figura 2).

Os tipos mais comuns de tensiômetros são:

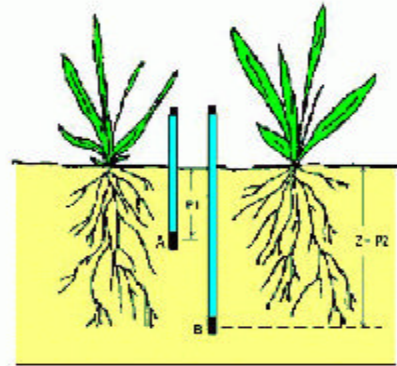
- a) Tensiômetro de coluna de mercúrio
- b) Tensiômetro com vacuômetro
- c) Tensiômetro com transdutor de pressão



**Figura 2.** Tipos mais comuns de tensiômetros: de coluna de mercúrio (A), com vacuômetro (B) e com transdutor de pressão ou tensímetro (C).

### Instalação

O tensiômetro deve ser instalado na profundidade em que esteja concentrado o sistema radicular da cultura. Geralmente, instala-se um no ponto médio da profundidade efetiva do sistema radicular (15-20 cm) e outro num limite abaixo (40-50 cm), conforme a Figura 3. Os valores sugeridos dependem da cultura, do tipo de solo e do estágio de desenvolvimento das plantas. O tensiômetro do ponto médio (ponto A da Figura 3) é o do controle da irrigação, que indicará o momento de irrigar, e o inferior (ponto B da Figura 3) informará se está havendo perda de água por percolação abaixo do sistema radicular ou se está havendo déficit de água. O número de baterias de tensiômetros a ser instalado dependerá principalmente do tamanho da gleba e da uniformidade do solo, mas, por bateria, são instalados, geralmente, três tensiômetros por profundidade. O tensiômetro indica QUANDO irrigar. Para se calcular o QUANTO de água aplicar, é necessário conhecer outros parâmetros, como a curva característica de retenção de água no solo, a profundidade do sistema radicular, a evapotranspiração da cultura e o nível de esgotamento permissível.



**Figura 3.** Profundidades de instalação dos tensiômetros, mostrando a localização do tensiômetro de controle da irrigação (ponto A – profundidade P1) e o do controle do excesso ou déficit de irrigação (ponto B – profundidade P2 = profundidade efetiva do sistema radicular Z).

### Leitura, Cálculo e Interpretação de Resultados (exemplo)

A leitura dos tensiômetros com vacuômetro ou com transdutor é feita diretamente nos seus respectivos medidores analógicos ou digitais, dependendo do modelo. Os primeiros costumam vir acompanhados também de uma escala com cores, para salientar situações de solo úmido e solo seco. Os tensiômetros com coluna de mercúrio (Figura 2) necessitam que se faça a conversão do valor da altura do mercúrio (h) para o potencial matricial, através da seguinte fórmula:

$$\Psi_m = (p - x - 12,6h) : 10,2$$

Sendo:

- $\Psi_m$  - potencial matricial da água no solo na profundidade p (- kPa)
- p - profundidade de instalação do tensiômetro (cm)
- x - distância vertical da superfície do mercúrio na cuba até a superfície do solo (cm)
- h - altura da coluna de mercúrio (cm)

Para calcular a lâmina de irrigação, é necessário também o conhecimento da curva característica de retenção de umidade do

solo, principalmente dos pontos referentes à capacidade de campo (CC) do solo e da umidade correspondente ao potencial definido para irrigar (Ui):

$$LL = \frac{[(CC - U_i) \times d_s \times Z]}{10}$$

Sendo:

- LL - lâmina líquida de irrigação (mm)
- CC - umidade da capacidade de campo do solo (% peso)
- Ui - umidade do solo correspondente ao potencial predefinido para irrigar (% peso)
- da - densidade do solo (g/cm<sup>3</sup>)
- Z - profundidade efetiva do sistema radicular (cm)

Exemplo:

- a) Qual será o valor da altura da coluna de mercúrio (h) no tensiômetro se se desejar irrigar quando o potencial ( $\Psi_m$ ) no solo for de -70 kPa (ou -70 centibars), estando o tensiômetro instalado a 20 cm de profundidade (p) e a cuba de mercúrio a 10 cm acima da superfície do solo (x)?

Substituindo os valores na primeira equação:

$$\begin{aligned} -70 &= (20 + 10 - 12,6h) / 10,2 \\ 30 - 12,6h &= -714 \\ 12,6h &= 744 \\ h &= 59 \text{ cm} \end{aligned}$$

- b) Se a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura (Z) for de 40 cm, a densidade do solo 1,2 g /cm<sup>3</sup>, a umidade da capacidade de campo (CC) 32% peso e a umidade no potencial de -70 kPa (Ui) for de 28% peso, qual será a lâmina líquida de irrigação (LL)?

Substituindo os valores na segunda equação:

$$\begin{aligned} LL &= (32 - 28) \times 1,2 \times 40 / 10 \\ LL &= 4 \times 1,2 \times 4 \\ LL &= 19,2 \text{ mm} \end{aligned}$$

## Manutenção

Um dia antes da instalação, o tensiômetro deve ser mantido dentro de um balde com água, para saturar os poros da cápsula cerâmica. Essa água, como a água a ser mantida em seu interior, deve ser desaerada, para evitar a formação de bolhas de ar e interferir na leitura do potencial. A desaeração da água pode ser obtida pela fervura durante 15 minutos e, em seguida, resfriada. Quando o solo seca muito, a tendência é haver rompimento da coluna de água e de mercúrio do tensiômetro, por isso é que, após cada irrigação, a água em seu interior deve ser reposta e providenciada também a retirada do ar interno, através de algum processo ou equipamento (como uma seringa hipodérmica).

## Cuidados

O tensiômetro deverá ser inserido no solo por meio de um furo feito por trado do mesmo diâmetro da cápsula porosa. A profundidade do furo é a mesma daquela que se deseja acompanhar o valor do potencial matricial. O contato cápsula-solo deve ser o mais perfeito possível, sem folga, para que haja o equilíbrio do potencial interno com o externo. Quando houver necessidade de retirar o tensiômetro do solo, deve-se tomar cuidado para não quebrar a cápsula cerâmica, para isso não deve ser puxado, mas deverá ser feita uma pequena escavação ao seu redor, para, a seguir, ser retirado cuidadosamente.

## Uso Conjunto do Tensiômetro e Tanque Classe A

O tensiômetro, associado ao Tanque Classe A, permite estimar o momento de efetuar as irrigações, bem como a lâmina de água a se aplicar, através de medições diretas no local da cultura. Utiliza-se o tensiômetro para indicar o momento de irrigar a uma tensão predeterminada de água no solo, conforme descrito no item 2.4.2. Portanto, o momento de irrigar fica estabelecido de acordo com a leitura feita no tensiômetro.



Quando a tensão de água no solo atinge a tensão preestabelecida, a lâmina de água a ser aplicada corresponde à somatória da ETc desde a última irrigação, conforme descrito no item 2.4.1). Assim, as lâminas líquida e bruta são obtidas do mesmo modo como está descrito no referido item.

Observa-se que, nesse método, tanto a a lâmina de irrigação como a tensão de água no solo foram medidas diretamente na condição da lavoura, através de instrumentos, sem a necessidade do auxílio da curva de retenção da água do solo.

## Algumas Considerações

### Irrigação de plantio

Para garantir uma boa germinação, a irrigação de plantio tem que ser suficiente para umedecer o solo até à profundidade da semente. A irrigação por pivô central, em que geralmente se aplicam pequenas lâminas de água e sua distribuição é irregular, e a profundidade também irregular das sementes poderão causar perda na germinação. Por isso, as irrigações de plantio devem ser suficientes para elevar a umidade do solo à capacidade de campo nos primeiros 15 a 20 cm de profundidade. Albuquerque et al. (1999) mostram a importância da irrigação de plantio para se obter uma boa germinação do milho, principalmente em solos com possibilidade de formação de crosta. No caso de solos bem estruturados e com baixo teor de silte, que não apresentam tendência à formação de crosta, recomenda-se fazer uma irrigação logo após o plantio, para umedecer de 15 a 20 cm de profundidade, e irrigações posteriores, seguindo as estratégias de manejo descritas anteriormente. Em solos com alto teor de silte e tendência à formação de crosta, faz-se uma irrigação logo após o plantio, para umedecer de 15 a 20 cm e, posteriormente, fazem-se irrigações diárias, para repor a evaporação do solo mais perdas, visando manter a superfície do solo úmida.

Em solos aluviais, com alto teor de argila e sujeito à formação de crosta espessa, deve-se irrigar dois a três dias antes do plantio e fazer irrigações diárias após o plantio, para repor as perdas por evaporação do solo.

### Irrigação Suplementar

É considerada irrigação suplementar quando ocorrem chuvas durante o ciclo da cultura. Nesse caso, é indicado que se tenha algum dispositivo para medir a precipitação ocorrida. Esse valor é utilizado para recalculer a lâmina a ser aplicada e/ou aumentar a data da irrigação seguinte.

De modo geral, os projetos de irrigação são dimensionados para irrigar uma parte da lavoura a cada dia, até completar toda a área; em seguida, retorna-se à área irrigada inicialmente. Quando ocorre chuva, toda a área é molhada de uma só vez; portanto, a irrigação seguinte deve ser planejada de modo que a última área a ser irrigada coincida com o intervalo estimado. As lâminas a serem aplicadas em cada área após a chuva deverão ser recalculadas levando em consideração o total de precipitação e a ETc estimada após a chuva. Considerando uma lâmina de água proveniente da chuva igual ou superior à lâmina de irrigação, recomenda-se reiniciar as irrigações na metade do intervalo estipulado e na área correspondente ao dia da irrigação, aplicando-se uma lâmina proporcional ao número de dias entre a ocorrência da chuva e o dia da irrigação. Por exemplo, para um intervalo estimado de dez dias, as irrigações devem ser iniciadas no quinto dia na área nº 5, aplicando-se 4/10 da lâmina bruta estimada, em seguida 5/10 nas irrigações feitas no sexto dia e assim por diante, até aplicar a lâmina total na área nº 4, no décimo dia. Se a lâmina de água proveniente da chuva for menor do que a lâmina a ser aplicada, procedem-se às irrigações com lâminas suficientes para elevar o solo até a capacidade de campo nas áreas seguintes, até retornar à área irrigada no dia anterior ao da chuva.

## Recomendações Gerais

Independente do método ou da estratégia de manejo de irrigação adotados, é importante que alguns pontos sejam observados, para se alcançarem bons resultados, como:

- Evitar irrigações por aspersão durante os períodos de maior intensidade de vento.
- No estabelecimento de uma cultura, quando o sistema radicular ainda está pouco desenvolvido, fazer irrigações mais freqüentes com lâminas menores.
- Observar os períodos críticos da cultura, quando ela está mais susceptível a um déficit hídrico.
- Irrigação por aspersão durante os períodos mais quentes do dia provoca maiores perdas por evaporação.

## Literatura Citada

ALBUQUERQUE, P.E.P.; RESENDE, M.; SANTOS, N.C. Efeito do manejo da irrigação por aspersão sobre a emergência de milho em diferentes solos. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.23, n.4, p.953-961, 1999.

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

AZEVEDO, J.A. *Níveis de tensão de água no solo e suspensão da irrigação em três períodos de crescimento do trigo (*triticum aestivum* L.) irrigado em solo de Cerrado*:

efeito sobre a produtividade, componentes de produção, desenvolvimento e uso de água. 1998. 157 f. Tese(Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

AZEVEDO, J.A.; MIRANDA, L.N.

Produtividade do feijão em resposta à adubação fosfatada em regime de irrigação em solo de cerrado, In: REUNIAO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 22., 1996, Manaus. **Resumos expandidos**. Manaus: SBCS/UA/EMBRAPA-CPAA/INPA, 1996. p.12-13..

DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. *Crop water requirements*. Rome: FAO, 1977. 144p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

GUERRA, A.F.; SILVA, E.M.; AZEVEDO, J.A. Manejo de irrigação do trigo com base na tensão de água em latossolos da região dos cerrados. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., 1991, Natal, **Anais...** Fortaleza: ABID, 1992. p.493-510.

GUERRA, A.F. Manejo de irrigação do trigo para obtenção de máxima produtividade na região dos cerrados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.30, n.4, p.515-521, 1995.

MARTIN, D.L; STEGMAN, E.C.; FERERES, E. Irrigation scheduling principles. In: HOFFMAN, G.J. **Management of farm irrigation systems**. St. Joseph: ASAE, 1992. p.155-206

SMITH, M. **CROPWAT**- Programa de ordenador para planificar y manejar el riego. Roma: FAO, 1993. 134p. (Paper, 46)

### Circular Técnica, 19

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

Embrapa Milho e Sorgo

Endereço: Caixa Postal 151

35701-970 Sete Lagoas, MG

Fone: (31) 3779-1000

Fax: (31) 3779-1088

E-mail: sac@cnpmis.embrapa.br

1ª edição

1ª impressão (2002): 1.000 exemplares

### Comitê de publicações

Presidente: Ivan Cruz

Secretário-Executivo: Frederico Ozanan M. Durães

Membros: Antônio Carlos de Oliveira, Arnaldo Ferreira da Silva, Carlos Roberto Casela, Fernando Tavares Fernandes e Paulo Afonso Viana

### Expediente

Supervisor editorial: José Heitor Vasconcellos

Revisão de texto: Dilermando Lúcio de Oliveira

Tratamento das ilustrações: Tânia Mara A. Barbosa

Editoração eletrônica: Tânia Mara A. Barbosa