

Manejo da irrigação

Paulo Emilio Pereira de Albuquerque¹

Resumo - A consciência sobre o manejo da irrigação ainda não está satisfatoriamente introduzida na mente dos agricultores brasileiros. Afora o manejo da irrigação em si, ainda se observam muito desperdício e má uniformidade de distribuição da água e mau funcionamento hidráulico dos vários sistemas de irrigação implantados. Apesar de todos os benefícios e do alto investimento realizado pelos agricultores para implantar a irrigação, a maioria deles não dá a devida importância ao manejo da irrigação, por inúmeras causas, dentre estas são citadas: carência de dados edafoclimáticos, falta de consultoria especializada, desconhecimento da metodologia de manejo, custos do bombeamento, inexistência do pagamento pela água etc. Tudo isso leva a uma baixa eficiência global da irrigação, com o comprometimento da sustentabilidade ambiental e socioeconômica da agricultura irrigada.

Palavras-chave: Requerimento de água. Sustentabilidade agrícola. Sustentabilidade ambiental. Programação da irrigação. Eficiência de irrigação.

INTRODUÇÃO

Na agricultura moderna, desde aquela de grande escala, que utiliza altas tecnologias, até a de pequena escala, como a agricultura familiar, a irrigação pode ser uma tecnologia imprescindível para incrementar a produtividade das culturas. Deve ser, contudo, praticada com todos os cuidados requeridos, para causar o menor impacto possível ao ambiente e ser sustentável por um longo período.

O primeiro passo para elaboração do projeto e dimensionamento de qualquer sistema de irrigação é determinar as necessidades hídricas das culturas que serão implantadas. Geralmente, esses cálculos são realizados para as condições críticas que poderão ocorrer com a cultura em função do solo, do clima, da fase dessa cultura e da época do ano. Por isso, deve-se definir com clareza a diferença entre as necessidades máximas de irrigações que se utilizam para o cálculo do diâmetro das tubulações, do dimensionamento do conjunto moto-

bomba etc., e as necessidades normais de irrigação que controlam o funcionamento do sistema. Portanto, o que importa para o projetista são as necessidades máximas, que permitem calcular a hidráulica das instalações. As necessidades normais, aquelas de interesse do irrigante durante a condução do dia a dia de sua cultura, são obtidas pelo manejo de irrigação, que é o ajustamento da duração e/ou a frequência de irrigação em função da lâmina d'água requerida para determinada fase ou período do ciclo da cultura (VERMEIREN; JOBLIN, 1997).

A racionalidade do uso da água de irrigação passa pela eficiência de distribuição da lâmina aplicada e pela programação bem planejada. A programação ou o manejo da irrigação é aplicar a água na quantidade e no momento requeridos pela cultura (ALBUQUERQUE, 2003).

Este artigo tem como objetivo apresentar o correto manejo da irrigação, ou seja, o acompanhamento diário da cultura no campo em termos da quantidade ou

lâmina d'água requerida e o momento ou dia mais certo de aplicá-la. Com isso, serão obtidos tanto a recomendação de lâminas brutas de água quanto o tempo para sua aplicação. Se a programação for com base em algumas ferramentas computacionais, como planilhas eletrônicas, que dão suporte ao irrigante para a tomada de decisão, poderá haver a flexibilização da operação, dentro da capacidade desse irrigante, tendo em vista que a decisão de irrigar pode ser tomada em qualquer dia, observando a reserva de água do solo para que a cultura não sofra excesso nem déficit hídrico.

CONCEITOS NECESSÁRIOS PARA PROGRAMAR A IRRIGAÇÃO

Evapotranspiração da cultura

A água necessária a uma cultura é equivalente a sua evapotranspiração, que é a combinação de dois processos: evaporação da água do solo e transpiração das plan-

¹Eng^o Agrícola, D.Sc., Pesq. Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, CEP 35701-970 Sete Lagoas-MG. Correio eletrônico: emilio@cnpms.embrapa.br

tas. A necessidade hídrica de uma cultura baseia-se na sua evapotranspiração potencial máxima (ETm) e é expressa, normalmente, em milímetros por dia (mm/dia).

Em situação prática, tem-se a evapotranspiração de cultura (ETc) relacionada com a evapotranspiração de uma cultura de referência (ETo), que é a grama-batatais, ou uma cultura hipotética, com uma altura uniforme de 12 cm, resistência do dossel da cultura de 70 s/m e albedo de 0,23, em pleno crescimento e sem deficiência de água, de modo que simplifique o processo de estimar a ETc, que pode ser obtida pela expressão:

Equação 1:

$$ETc = Kc \cdot ETo$$

em que:

ETc = evapotranspiração da cultura do milho (mm/dia);

Kc = coeficiente da cultura do milho (adimensional);

ETo = evapotranspiração da cultura de referência (mm/dia).

Com base nos dados meteorológicos disponíveis, seleciona-se um método para o cálculo da ETo. Na literatura especializada, encontra-se a descrição de alguns métodos para estimar a ETo. Mais recentemente tem sido recomendada pela FAO a equação de Penman-Monteith. Também muito utilizado é o tanque de evaporação Classe A (Fig. 1).

Coeficiente de cultura

Os valores do coeficiente de cultura (Kc) são influenciados pelo tipo de cultura, pelas características da variedade ou cultivar, época de semeadura, estágio de desenvolvimento da cultura e condições gerais de clima. Uma cultura de ciclo curto ou anual pode ter o seu estágio de desenvolvimento dividido em quatro fases, para efeito do estudo da evolução dos valores de Kc ao longo do tempo (Gráfico 1).

De acordo com o Gráfico 1, o valor de Kc na fase 1 (Kc₁) é constante e influenciado, significativamente, pela frequência



Figura 1 - Tanque de evaporação Classe A, utilizado para estimar a evapotranspiração de referência (ETo)

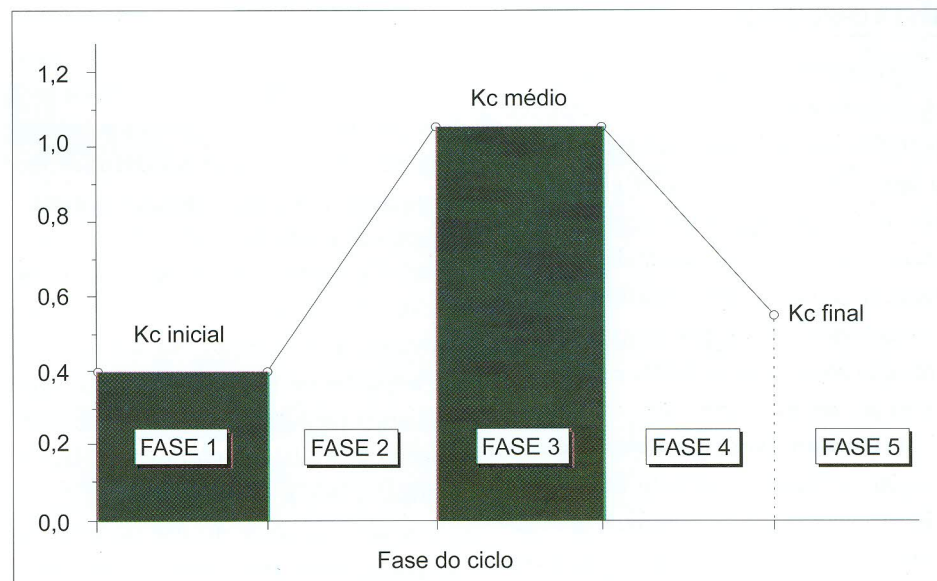


Gráfico 1 - Evolução do coeficiente de cultura (Kc) em função das fases de crescimento de culturas de ciclo curto ou anuais

de irrigação nessa fase. Também o valor de Kc₃ é constante, sendo mais influenciado pela demanda evaporativa predominante. Os valores assumidos para as fases 2 e 4 variam linearmente entre os valores das fases 1 e 3 e fases 3 e 5, respectivamente, como está apresentado no Gráfico 1.

No Quadro 1, estão os valores de Kc para as fases do ciclo de diversas culturas.

Deve-se atentar para o fato de que culturas de ciclo perene, como as fruteiras e a cultura do café, não seguem exatamente o padrão da evolução temporária do Kc, como mostrado no Gráfico 1. Para essas culturas, há necessidade de pesquisar na literatura especializada qual é o padrão de Kc para o ciclo da cultura específica, normalmente apresentado num ciclo de um ano.

QUADRO 1 - Coeficientes de cultivo único (Kc) e alturas máximas médias de plantas (h), para cultivos sob condição padrão – culturas bem manejadas, não estressadas, em clima subúmido (URmin = 45% e u₂ = 2 m/s)

| Cultura | Kc inicial | Kc médio | Kc final | h (m) |
|----------------|------------|----------------------------|----------------------------|-----------|
| Leguminosas | 0,40 | 1,15 | 0,55 | |
| Amendoim | | 1,15 | 0,60 | 0,4 |
| Ervilha | | ⁽¹⁾ 1,15 | ⁽²⁾ 1,10 - 0,30 | 0,5 |
| Feijão | 0,40 | ⁽²⁾ 1,05 - 1,15 | ⁽²⁾ 0,90 - 0,35 | 0,4 |
| Feijão 'Caupi' | | 1,05 | ⁽²⁾ 0,60 - 0,35 | 0,4 |
| Grão-de-bico | | 1,00 | 0,35 | 0,4 |
| Lentilha | | 1,10 | 0,30 | 0,5 |
| Soja | | 1,15 | 0,50 | 0,5 - 1,0 |
| Fibras | 0,35 | | | |
| Algodão | | 1,15 - 1,20 | 0,70 - 0,50 | 1,2 - 1,5 |
| Oleaginosas | 0,35 | 1,15 | 0,35 | |
| Canola | | ⁽³⁾ 1,00 - 1,15 | 0,35 | 0,6 |
| Girassol | | ⁽³⁾ 1,00 - 1,15 | 0,35 | 2,0 |
| Mamona | | 1,15 | 0,55 | 2,0 |
| Cereais | 0,30 | 1,15 | 0,40 | |
| Arroz | 1,05 | 1,20 | 0,90 - 0,60 | 1,0 |
| Aveia | | 1,15 | 0,25 | 1,0 |
| Cevada | | 1,15 | 0,25 | 1,0 |
| Milheto | | 1,00 | 0,30 | 1,5 |
| Milho | | 1,20 | ⁽⁴⁾ 0,60 - 0,35 | 2,0 |
| Sorgo | | 1,00 - 1,10 | 0,55 | 1,0 - 2,0 |
| Trigo | | 1,15 | ⁽⁵⁾ 0,25 - 0,40 | 1,0 |
| Cana-de-açúcar | 0,40 | 1,25 | 0,75 | 3,0 |

FONTE: Allen et al. (1998).

NOTA: URmin - Umidade relativa mínima diária; u₂ - Velocidade do vento a 2 m da superfície.

- (1) Algumas vezes utilizam-se estacas com 1,5 a 2,0 m de altura, assim o valor de Kc médio pode atingir 1,20. (2) O primeiro valor é para colheita fresca e o segundo para colheita de grãos secos. (3) Os valores mais baixos referem-se a condições chuvosas com menor densidade populacional. (4) O primeiro valor para Kc final é para colheita com alta umidade nos grãos. O segundo valor para Kc final é para cultura colhida após o grão estar seco (cerca de 18% de umidade à base de peso úmido). (5) O valor mais alto é para colheita manual.

Água disponível no solo

Além de outras importantes funções que o solo desempenha no sistema agrícola, é também o “reservatório” de água para as plantas. A capacidade de água disponível no solo (CAD), que pode ser absorvida pela planta é definida como a água contida no solo que está entre o teor de água do solo na capacidade de campo (CC), ou limite superior da água disponível, ou teor de água do solo no ponto de murcha permanente (PMP), ou limite

inferior da água disponível. Verificou-se que, na maioria dos solos e das situações, o solo encontra-se na CC, quando o potencial matricial da água (ψ_m) contida nele oscilar na faixa entre -10 (solos arenosos e Latossolos em geral) e -30 kPa (solos argilosos). Também foi verificado que o valor desse potencial para o PMP é de -1.500 kPa. Em laboratório, tanto a CC quanto o PMP podem ser determinados com o mesmo equipamento utilizado para detectar a curva de retenção.

CRITÉRIOS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO

Critério com base no uso das características físico-hídricas do solo e na estimativa da evapotranspiração da cultura

O turno de rega ou de irrigação (TI) é normalmente variável de acordo com a variabilidade temporal da ETc. Entretanto, um critério de manejo de irrigação com o TI variável, apesar de ser o ideal, muitas vezes torna-se de difícil operacionalidade em condição prática.

Na adoção de um TI fixo, parte-se do pressuposto que a ETc diária possui um valor constante, que pode ser obtido pela média diária prevista para todo o período de desenvolvimento da cultura ou pelo valor crítico estabelecido no dimensionamento do sistema de irrigação, mas são valores que não retratam o dia a dia da ETc no campo. O que se recomenda pelo menos é que se adote o TI fixo para cada uma das quatro fases relatadas no item referente à seleção do Kc, de modo que se considere a ETc média diária reinante em cada uma dessas fases. Esse critério normalmente é empregado quando se trabalha com dados históricos (de no mínimo 15 anos) da ETc para o local do cultivo.

Dessa forma, o TI e a lâmina líquida (LL), determinados para cada uma das quatro fases do ciclo do milho, são dados pelas expressões:

Equação 2:

$$TI_i = \frac{Arm_i}{ETc_i}$$

Equação 3:

$$LL_i = TI_i \cdot ETc_i$$

em que:

i = índice correspondente à fase (Gráfico 1) do ciclo da cultura (i = 1, 2, 3, 4 ou 5);

TI_i = turno de irrigação na fase i (dia);

Arm_i = lâmina d'água armazenada no solo na fase i que será usada como suprimento para a cultura (mm);

ETc_i = evapotranspiração da cultura média diária na fase i (mm/dia);

LL_i = lâmina líquida de irrigação na fase i (mm).

A lâmina d'água, que fica armazenada no solo (Arm) e pode-se tornar disponível à planta, é representada pela expressão:

Equação 4:

$$Arm = \frac{(CC-PMP)}{10} \cdot f \cdot d \cdot Z$$

em que:

Arm = lâmina d'água armazenada no solo que será usada como suprimento para a cultura (mm);

CC = teor de água do solo na capacidade de campo (% peso);

PMP = teor de água do solo no ponto de murcha permanente (% peso);

d = densidade do solo (g/cm^3);

10 = constante necessária para conversão de unidades;

f = coeficiente de depleção da água no solo (adimensional, $0 < f < 1$);

Z = profundidade efetiva do sistema radicular (cm - $Z_0 \leq Z \leq Z_{m\acute{a}x}$, sendo Z_0 a profundidade de sementeira);

$Z_{m\acute{a}x}$ = profundidade máxima efetiva do sistema radicular, conforme a Fig. 2).

O coeficiente de depleção ou fator de disponibilidade (f) estabelece o ponto da água no solo onde não haverá perda de rendimento da cultura proveniente da demanda evaporativa. Assim, maior demanda evaporativa normalmente exigirá menores valores de f e vice-versa. Os valores de f podem ser encontrados no Quadro 2, de acordo com a cultura e a ETm .

A profundidade máxima efetiva do sistema radicular ($Z_{m\acute{a}x}$) pode ser observa-

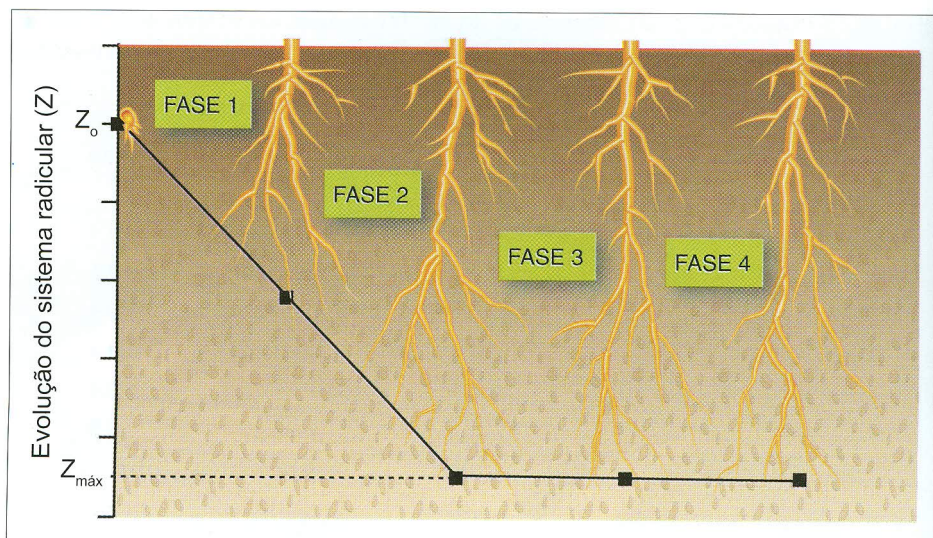


Figura 2 - Estimativa do desenvolvimento do sistema radicular de culturas de ciclo curto em função das fases da cultura

NOTA: Z_0 - Profundidade de sementeira (cm); $Z_{m\acute{a}x}$ - Profundidade máxima efetiva do sistema radicular (cm).

QUADRO 2 - Fator de disponibilidade (f) para grupos de cultura em função da evapotranspiração máxima (ETm)

| Grupo de cultura | ETm (mm/dia) | | | | | | | | |
|------------------|--------------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | 0,50 | 0,425 | 0,35 | 0,30 | 0,25 | 0,225 | 0,20 | 0,20 | 0,175 |
| 2 | 0,675 | 0,575 | 0,475 | 0,40 | 0,35 | 0,325 | 0,275 | 0,25 | 0,225 |
| 3 | 0,80 | 0,70 | 0,60 | 0,50 | 0,45 | 0,425 | 0,375 | 0,35 | 0,30 |
| 4 | 0,875 | 0,80 | 0,70 | 0,60 | 0,55 | 0,50 | 0,45 | 0,425 | 0,40 |

FONTE: Doorenbos e Kassan (1979).

NOTA: 1 - Cebola, pimentão e batata; 2 - Banana, repolho, uva, ervilha e tomate; 3 - Alfafa, feijão, citros, amendoim, abacaxi, girassol, melancia e trigo; 4 - Algodão, milho, azeitona, açafrão, sorgo, soja, beterraba, cana-de-açúcar e fumo.

da no Quadro 3, entretanto, dependendo das circunstâncias, impedimentos no solo de ordem física e/ou química podem alterar esses valores. Assim, é preferível que se realize um teste em campo para encontrar o valor mais compatível com a realidade local. Na fase inicial, o sistema radicular começa a desenvolver-se a partir da profundidade de sementeira até atingir o seu pleno desenvolvimento, que deve ocorrer no término da fase 2. Pode ser considerado que o seu desenvolvi-

mento seja linear a partir da profundidade de sementeira até atingir a fase 3, como está representado na Figura 2.

Geralmente, no cálculo do TI (Equação 2), é muito comum a não obtenção de número inteiro, ou seja, o TI com fração de dias. O que se faz comumente é o arredondamento para o próximo valor inteiro inferior, de modo que o coeficiente f fique ajustado para um valor menor ao originalmente adotado. Isto se faz por medida de segurança, para

não submeter a cultura a algum tipo de estresse hídrico. Entretanto, quando o seu valor na casa decimal for superior a 8 décimos ($> 0,8$), não será problema o seu arredondamento para o próximo número inteiro superior, desde que se analise o que ocorre com o coeficiente f . Desse modo, haverá a necessidade de corrigir a LL obtida pela Equação 3, em função do TI corrigido, com a consequente mudança do valor de f .

QUADRO 3 - Profundidade máxima efetiva ($Z_{m\acute{a}x}$) do sistema radicular de algumas culturas

| Cultura | $Z_{m\acute{a}x}$ (cm) |
|------------------|---------------------------|
| Abacaxi | 20 |
| Algodão | 30 |
| Amendoim | 50 - 60 |
| Arroz | 20 - 30 |
| Banana | 40 |
| Batata | 20 - 30 |
| Café | 50 |
| Cana-de-açúcar | 50 - 70 |
| Cebola | 20 |
| Culturas perenes | 50 - 70 |
| Feijão | 20 - 30 |
| Melancia, melão | 30 |
| Milho | 40 - 50 |
| Pastagem | 30 |
| Soja | 40 - 50 |
| Tomate, fumo | 20 - 50 |
| Trigo | 30 - 40 |
| Videira | 50 |

FONTE: Arruda et al. (1987) e Brasil (1986) (apud MOREIRA, 1993).

Critério com base em sensores para monitoramento do potencial ou teor de água do solo

Os equipamentos que possuem sensores que monitoram o potencial matricial (tensiômetros e blocos de resistência elétrica) e o teor de água no solo (TDR² e sonda de nêutrons) podem ser empregados também para fazer o manejo de irrigação.

O tensiômetro funciona adequadamente na faixa de potencial 0 a -80 kPa, e não representa grande problema, porque a maior parte da água facilmente disponível dos solos usados em agricultura está retida dentro dessa faixa de potencial. Quando há necessidade de extrapolar essa faixa (potenciais < -80 kPa), podem-se empregar os blocos de resistência elétrica, havendo necessidade da calibração destes para cada tipo de solo. Em ambos os casos, haverá a necessidade também da obtenção da curva de retenção do solo, ou pelo menos dos teores de água do solo na CC, e no PMP e do potencial de referência para fazer a irrigação (ψ_{ir}).

Para a maioria das culturas, o potencial de referência para efetuar a irrigação (ψ_{ir}) varia de acordo com o clima local e a época de plantio. Porém, de modo geral, para a garantia de plantas sem estresse hídrico, pode-se considerar o ψ_{ir} em torno de -70 kPa. Mas cada caso deve ser estudado em suas condições peculiares. Estudos de Resende, França e Couto (2000) indicam, para a cultura do milho, o potencial de -70 kPa em condições de verão nos Cerrados e em qualquer época no Semiárido e de -300 kPa no inverno nos Cerrados.

As medições do potencial ou do teor de água do solo devem ser feitas em pelo menos três a quatro pontos representativos da área e, no mínimo, a duas profundidades (Fig. 3): uma na zona de

máxima atividade radicular (ponto A - que corresponde aproximadamente a região mediana da profundidade efetiva do sistema radicular, para a cultura em seu máximo desenvolvimento) e outra nas proximidades da parte inferior da zona radicular (ponto B). No caso do milho, o que pode ser considerado, quando só se dispuser de equipamento para monitorar o potencial ou o teor de água do solo, é que se realizem irrigações frequentes (um ou dois dias) até os 15 dias após a semeadura (DAS) e de 15 a 30 DAS instalem-se os sensores a 10 cm (ponto A) e 20 cm de profundidade (ponto B). Após os 30 DAS, os sensores nos pontos são aprofundados para 20 cm (ponto A) e 40 cm (ponto B) (Fig. 3). As medições no ponto A são as que devem ser utilizadas para o critério do momento da irrigação, e as no ponto B servem como complementares, para que se tenha um controle sobre o movimento da água no solo durante a extração de água pela cultura e mesmo durante os processos de irrigação (infiltração) e redistribuição da água no perfil.

Ao controlar a irrigação por meio desses sensores instalados no solo, o momento de irrigar fica completamente independente do estabelecimento prévio de turnos de irrigação. Contudo, deve-se acompanhar o desenvolvimento do sistema radicular, para determinar a zona ativa das raízes (Z_i) e considerar a leitura do potencial ou do teor de água do solo feita no ponto médio dessa profundidade como a indicadora de quando irrigar.

Ao usar este método como manejo de irrigação, a lâmina líquida de irrigação por fase da cultura (LL_i) é dada pela expressão:

Equação 5:

$$LL_i = \frac{(CC - U_{ir})}{10} \cdot d \cdot Z_i$$

²TDR - Time Domain Reflectometer.

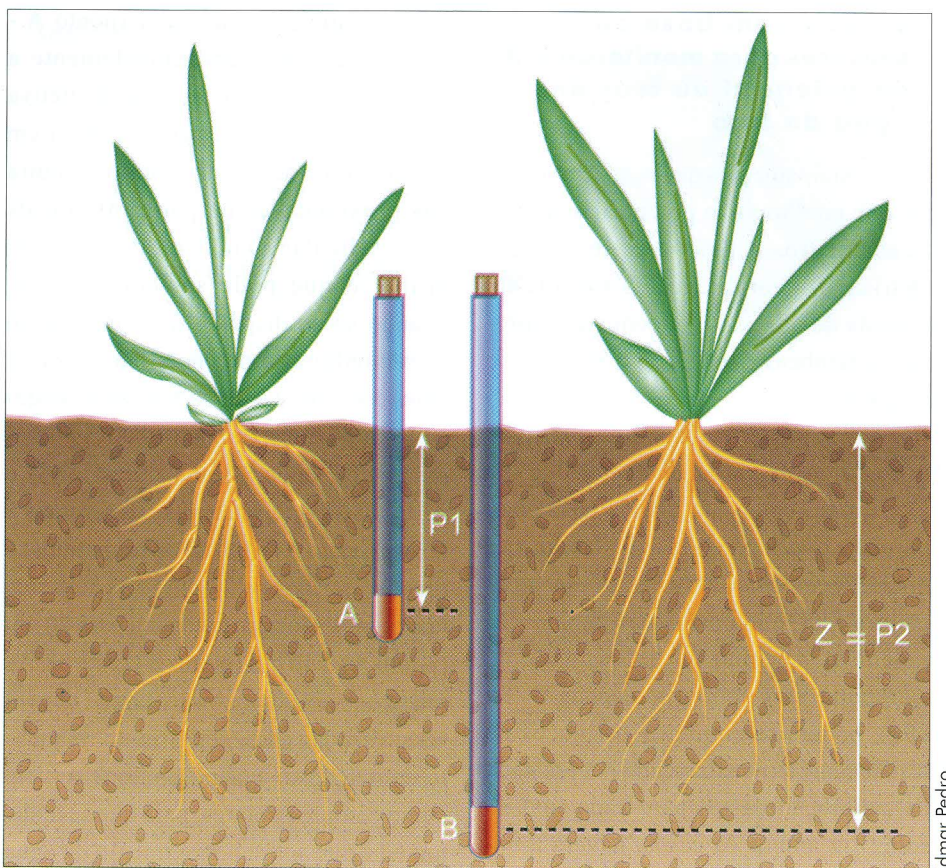


Figura 3 - Posição dos instrumentos de medição do potencial ou do conteúdo de água no solo junto às plantas e profundidades de instalação

NOTA: Z - Profundidade efetiva do sistema radicular; P1 - Profundidade inicial de instalação do tensiômetro; P2 - Profundidade final de instalação do tensiômetro.

em que:

LL_i = lâmina líquida de irrigação na fase i (mm);

CC = teor de água do solo na capacidade de campo (%peso);

U_{ir} = teor de água do solo no ponto A correspondente ao potencial referente ao momento de efetuar a irrigação ($\psi_{ir} = -70$ kPa) (% peso);

d = densidade do solo (g/cm^3);

Z_i = profundidade efetiva do sistema radicular na fase i (cm);

10 = constante necessária para conversão de unidades.

Observa-se que o coeficiente f não aparece explícito na Equação 5, porque esse fator está implícito ao se estabelecer um limite mínimo de teor de água do solo para reinício da irrigação (U_{ir}). No

entanto, quando se utilizam instrumentos que medem apenas o potencial matricial (como o tensiômetro), é necessário converter o valor de ψ_{ir} em U_{ir} por meio da curva de retenção de água do solo.

Critério conjunto com sensores de solo e com algum método de medir ou estimar a evapotranspiração de referência

Esse critério tem a vantagem de poder programar a irrigação sem conhecimento prévio das características físico-hídricas do solo, como, por exemplo, a sua curva de retenção de água e do clima. O sensor de potencial ou de teor de água do solo indicará o momento de irrigar, conhecendo-se antecipadamente o limite mínimo do potencial ψ_{ir} ou do conteúdo de água (U_{ir}) no solo, a partir

do qual realizar-se-á a irrigação. Por exemplo, como já visto para o milho, o valor de ψ_{ir} pode ser de -70 kPa lido num tensiômetro.

A lâmina líquida de irrigação na fase i é determinada pelo somatório da ETC acumulada desde a última irrigação realizada, conforme a expressão:

Equação 6:

$$LL_i = Kc_i \cdot \sum_{j=1}^n ETo_j$$

em que:

LL_i = lâmina líquida de irrigação na fase i (mm);

i = índice correspondente à fase do ciclo do milho ($i = 1, 2, 3$ ou 4);

j = índice correspondente ao dia da coleta dos dados da ETo;

n = número máximo de dias de coleta dos dados da ETo até que o potencial (ψ_{ir}) ou teor de água no solo (U_{ir}) seja atingido;

Kc_i = coeficiente de cultura na fase i ;

ETo_j = evapotranspiração de referência no dia j (mm/dia).

Esse critério de manejo adapta-se bem quando se utiliza o tensiômetro para estabelecer o momento da irrigação e o tanque Classe A para a estimativa da ETo diária, havendo, neste caso, a necessidade de multiplicar a evaporação da água do tanque Classe A (ECA) por um coeficiente de tanque (K_t), conforme o Quadro 4.

O cálculo da ETo é feito conforme a expressão:

Equação 7:

$$ETo = K_t \cdot ECA$$

em que:

ETo = evapotranspiração de referência (mm/dia);

K_t = coeficiente do tanque Classe A;

ECA = evaporação da água do tanque Classe A (mm/dia).

QUADRO 4 - Coeficiente de tanque (K_t) para diferentes condições de cobertura de solo, de níveis de umidade relativa média do ar e de velocidade de vento de 24 h¹

| UR média (%) | | Caso A - tanque exposto em local coberto com vegetação verde | | | Caso B - tanque exposto em local de solo nu | | |
|---------------------------------|-----------------|--|---------------|----------|---|---------------|----------|
| | | Baixa <40 | Média 40 - 70 | Alta >70 | Baixa <40 | Média 40 - 70 | Alta >70 |
| Vento (km/dia) | Bordadura (R) m | | | | | | |
| Leve <175 (<2 m/s) | 1 | 0,55 | 0,65 | 0,75 | 0,70 | 0,80 | 0,85 |
| | 10 | 0,65 | 0,75 | 0,85 | 0,60 | 0,70 | 0,80 |
| | 100 | 0,70 | 0,80 | 0,85 | 0,55 | 0,65 | 0,75 |
| | 1000 | 0,75 | 0,85 | 0,85 | 0,50 | 0,60 | 0,70 |
| Moderado 175-425 (2-5m/s) | 1 | 0,50 | 0,60 | 0,65 | 0,65 | 0,75 | 0,80 |
| | 10 | 0,60 | 0,70 | 0,75 | 0,55 | 0,65 | 0,70 |
| | 100 | 0,65 | 0,75 | 0,80 | 0,50 | 0,60 | 0,65 |
| | 1000 | 0,70 | 0,80 | 0,80 | 0,45 | 0,55 | 0,60 |
| Forte 425-700 (5-8m/s) | 1 | 0,45 | 0,50 | 0,60 | 0,60 | 0,65 | 0,70 |
| | 10 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,50 | 0,55 | 0,65 |
| | 100 | 0,60 | 0,65 | 0,70 | 0,45 | 0,50 | 0,60 |
| | 1000 | 0,65 | 0,70 | 0,75 | 0,40 | 0,45 | 0,55 |
| Muito forte >700 (>8 m/s) | 1 | 0,40 | 0,45 | 0,50 | 0,50 | 0,60 | 0,65 |
| | 10 | 0,45 | 0,55 | 0,60 | 0,45 | 0,50 | 0,55 |
| | 100 | 0,50 | 0,60 | 0,65 | 0,40 | 0,45 | 0,50 |
| | 1000 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,35 | 0,40 | 0,45 |

FONTE: Doorenbos e Pruitt (1977).

NOTA: UR - Umidade relativa.

(1) Para obter ET_0 : $ET_0 = K_t \times ECA$ (ECA é a evaporação da água no tanque Classe A).

IRRIGAÇÃO DO DIA DO PLANTIO E DOS DIAS PRÓXIMOS SUBSEQUENTES

É recomendável que a irrigação do dia do plantio ou da semeadura seja feita para umedecer uma profundidade de solo preestabelecida até a CC. Essa camada de solo a considerar deverá ser de, no mínimo, a profundidade máxima efetiva do sistema radicular anteriormente discutida.

Assim, a equação para calcular a LL de plantio é semelhante à Equação 5 e é escrita pela expressão:

Equação 8:

$$LL_{\text{plantio}} = \frac{(CC - U_{in})}{10} \cdot d \cdot Z$$

em que:

LL_{plantio} = lâmina de irrigação a ser aplicada no dia do plantio (mm);

CC = teor de água do solo na capacidade de campo (% peso);

U_{in} = teor de água inicial do solo, ou seja, no dia do plantio (% peso);

d = densidade do solo (g/cm³);

Z = profundidade do solo que se deseja irrigar até a CC (cm). Recomenda-se que Z seja profundidade efetiva igual à máxima do sistema radicular ($Z_{\text{máx}}$);

10 = constante necessária para conversão de unidades.

O U_{in} pode ser determinado pelo método gravimétrico por meio de amostra retirada do local até a Z. Dependendo da condição climática, como, por exemplo, após um período de seca prolongado, o seu valor poderá até ser menor do que o PMP.

Logo após o plantio, a semente ou a muda necessitará de umidade no solo para iniciar o processo de germinação ou de desenvolvimento. A reserva de água no solo necessária à germinação limita-se à profundidade de semeadura (Z_0) e um pouco além dela. Portanto, é de fundamental importância manter o solo sempre úmido no período de pré-emergência ou pegamento da muda. A grande perda de água pelo solo nesse período ocorre da evaporação pela sua superfície.

LÂMINA BRUTA DE IRRIGAÇÃO

A lâmina bruta de irrigação (LB) baseia-se na LL, eficiências do sistema e na necessidade de lâminas extras de lixiviação, para o caso de controle de salinização em áreas propícias.

Desse modo, a LB é dada pela expressão:

Equação 9:

$$LB = \frac{LL}{Ef} + Lr$$

em que:

LB = lâmina bruta de irrigação (mm);

LL = lâmina líquida de irrigação (mm);

Lr = lâmina complementar necessária para lavagem do solo, em situação propícia à salinização do solo (mm);

Ef = eficiência de irrigação (em decimal).

A Ef representa a porcentagem da água total aplicada à cultura que foi benéficamente utilizada para o uso consuntivo. Ef é basicamente uma função da uniformidade de aplicação de água, mas também depende de perdas menores (escoamento superficial, vazamentos, fluxos na rede e drenagem), perdas inevitáveis (percolação profunda, por causa do padrão de molhamento no solo, e chuva fora de época) e perdas evitáveis (resultantes de programação inadequada).

Em regiões úmidas, que possuem um período de chuvas regulares, que promovem a lavagem do solo, é desnecessário o uso da Lr. Entretanto, em regiões de chuvas escassas, como em locais áridos e semiáridos, há necessidade de considerar esse termo no cálculo da LB.

Os valores da Ef são obtidos em função da uniformidade de aplicação que o sistema de irrigação empregado pode fornecer. Por isso, é importante realizar testes de uniformidade de aplicação de água nos diversos sistemas de irrigação existentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a programação da irrigação das culturas, na Embrapa Milho e Sorgo exis-

tem alguns recursos computacionais disponíveis, como uma planilha eletrônica, que pode ser acessada pela internet³ ou fazer pedidos do programa IrrigaFácil⁴.

Mesmo que ainda haja dificuldades técnicas para implantar o manejo de irrigação das culturas, o agricultor deve-se conscientizar sobre a importância desta prática, e procurar assistência técnica especializada ou fazer consultas a instituições públicas ou privadas que lhe possam dar o apoio necessário.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, P.E.P. de. **Planilha eletrônica para a programação de irrigação em pivôs centrais**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 9p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 25).

_____. **Planilha eletrônica para programação da irrigação em sistemas de aspersão convencional, pivô central e sulcos**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007. 18p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 97).

ALLEN, R.G. et al. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos**. Roma: FAO, 1979. 212p. (FAO. Estudio. Riego y Drenaje, 33).

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

MOREIRA, H.J.C. **S.A.A.C.I. - Sistema agroclimatológico para o acompanhamento das culturas irrigadas**: manual prático para o manejo da irrigação. Brasília: Ministério da Integração Regional - Secretaria Nacional de Irrigação, 1993. 86p.

RESENDE, M.; FRANÇA, G.E.de.; COUTO, L. **Cultivo do milho irrigado**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 39p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 6).

VERMEIREN, L.; JOBLING, G.A. **Irrigação localizada**. Campina Grande: UFPB, 1997. 184p. (FAO. Estudos. Irrigação e Drenagem, 36).

³Acessar: www.cnpms.embrapa.br, entrando em Publicações, Publicações On-line, Circular Técnica, Ano 2007, 0097 (ALBUQUERQUE, 2007).

⁴Por meio do correio eletrônico: irrigafacil@cnpms.embrapa.br



A TECNOLOGIA EM SEMENTES À SUA DISPOSIÇÃO

SEMENTES BÁSICAS, CERTIFICADAS, S1 E S2

QUALIDADE GARANTIDA



Arroz: Irrigado / Sequeiro

Feijão: Carioca / Preto / Vermelho

Pinhão-Manso

Soja

Milho

Café: variedades adaptadas, resistentes a doenças e pragas



INFORMAÇÕES E AQUISIÇÕES:
EPAMIG - Assessoria de Negócios Tecnológicos
Av. José Cândido da Silveira, 1.647 - União
CEP 31170-495 - Belo Horizonte - MG
Tel: (31) 3489-5060



Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento

