

Uso da informática para programar a irrigação das culturas do milho, sorgo e outras

Paulo Emílio Pereira de Albuquerque

Eng^o. Agríc., Pesquisador da Embrapa Milho e Sorgo, Caixa Postal 151, Sete Lagoas, MG.
CEP: 35701-970 - E-mail: emilio@cnpms.embrapa.br

1) Introdução

O agricultor quando toma a decisão de irrigar a sua cultura é porque, antes de tudo, geralmente já verificou a viabilidade da irrigação quanto os aspectos técnicos e econômicos. Esses aspectos são levantados para poder minimizar riscos à sua cultura, visar a qualidade final do produto (como, por exemplo, se deseja produzir sementes, milho verde etc.), incrementar a produtividade e obter maior renda.

Entretanto, há os problemas inerentes à irrigação que devem ser levados em conta: a quantidade e a qualidade da água a ser utilizada na irrigação; a demanda, o fornecimento e o custo da energia (elétrica ou diesel); a escolha e o dimensionamento do sistema adequado à cultura ou às culturas; fazer o manejo ou a programação da irrigação no dia-a-dia da evolução fenológica da cultura no campo; e também avaliar constantemente a uniformidade de distribuição da água do sistema de irrigação e, caso necessário, tomar medidas para ampliá-la.

Outra questão que está muito evidente nos dias atuais é o impacto da irrigação sobre o meio-ambiente. Sabe-se que a agricultura consome cerca de 61% de todo o suprimento de água doce no Brasil, mas diferentemente da água suprida para a indústria e o uso doméstico, a água residual na agricultura é basicamente devolvida ao meio ambiente numa forma limpa, que é a água na forma de vapor (que é a evapotranspiração). Apesar disso, a eficiência do seu uso na irrigação é ainda muito baixa (em torno de 50%), porque há principalmente desperdícios na forma de vazamentos nas tubulações, os sistemas são mal dimensionados, não há um critério tecnicamente bem definido da programação da irrigação, entre outras coisas. Um excesso de água pode causar mais danos ao meio ambiente em comparação com o déficit, porque, além do gasto de água e energia desnecessário, pode haver lixiviação de agroquímicos para o lençol freático, contaminando o solo e fontes de água. A qualidade da água de irrigação também deve ser observada, quanto aos fatores físicos, químicos e biológicos. Por exemplo, quanto ao aspecto químico, a água salina pode comprometer a produção da maioria das culturas. A formação de sais na água ou no solo é mais comum em regiões onde ocorrem baixas precipitações pluviométricas, como nos locais áridos e semi-áridos.

2) Eficiência de Irrigação

Para implementar a irrigação com eficiência é necessário principalmente racionalizar o uso da água a aplicar na cultura, tendo em vista uma agricultura autossustentável, de modo a causar o mínimo de impactos ao meio-ambiente.

Há dois pontos relevantes que devem ser tomados para racionalizar a irrigação:

- 1) Fazer o manejo ou a programação da irrigação;
- 2) Aumentar a uniformidade de distribuição da água em sistemas de irrigação.
- 3) 3) 3) Para cumprir com o objetivo básico do tema desta palestra, será discutido doravante somente o primeiro ponto levantado, ou seja, fazer a programação

da irrigação.

3) Objetivos

Para o tema em pauta, haja vista o avanço da informática em todas as áreas do conhecimento, são objetivos principais desta palestra os seguintes pontos:

- 1) Apresentar a utilização de uma planilha eletrônica (Excel) para programar a irrigação no dia-a-dia das culturas do milho, sorgo e outras, mostrando as datas e lâminas de irrigação recomendáveis;
 - 2) Usando o bom senso, de forma a não deixar a reserva de água no solo não se esgotar a ponto de causar déficit hídrico à cultura, mostrar a possibilidade de flexibilização do uso da planilha na tomada de decisão, para atender a capacidade operacional do sistema de irrigação do agricultor;
 - 3) Mostrar a possibilidade de simular a irrigação da cultura, usando dados de série histórica ou projeções da evapotranspiração de referência (ET_o) para curtos períodos;
 - 4) Também apresentar a opção de uso da planilha para acompanhar o consumo de água de cultivos de sequeiro e, dessa forma, verificar períodos de excesso (devido a chuvas) e de déficit hídrico (devido a estiagens prolongadas);
 - 5) Mostrar a incorporação metodológica da planilha à intranet local da Embrapa Milho e Sorgo, para fazer a programação das irrigações das culturas em seus campos experimentais;
 - 6) Apresentar a possibilidade de programar, de modo aproximado, a irrigação das culturas do milho, sorgo e milheto, em condições do Brasil Central, utilizando a página "web" (internet) da Embrapa Milho e Sorgo.
- 7) 7) 7)

4) Metodologia

Utilizou-se a metodologia do balanço da água no solo, que nada mais é que a equação da conservação de massa:

$$\Delta(CAD \times Z) = \text{Água que entra} + \text{Água que sai} \quad (1)$$

onde Δ representa variação, CAD é o conteúdo de água disponível e Z a profundidade do sistema radicular.

Na superfície do solo, as variáveis que entram (+) e que saem (-) do balanço podem ser a chuva (+ P), a irrigação (+ I), o escoamento superficial ($\pm ES$) e a evapotranspiração real (- ET_c). Abaixo da superfície do solo, têm-se a ascensão capilar (+ AC) e a drenagem profunda (- D).

Desprezando algumas variáveis citadas posteriormente, conforme discutem Albuquerque e Andrade (2001), a metodologia adotada na planilha considera a seguinte equação para o balanço de água no solo:

$$\Delta(ATD \times p \times Z) = I + P_{ef} - ET_c \quad (2)$$

em que: Δ representa variação, ATD é água total disponível no solo (em mm de água/cm de solo), p é o fator de depleção ($0 < p < 1$), Z é a profundidade efetiva do sistema radicular (em cm), I é a lâmina de irrigação (em mm), P_{ef} a precipitação efetiva

(em mm) e *ETc* a evapotranspiração da cultura (em mm).

4.1) Água Total Disponível (ATD)

ATD é definida pelo conteúdo de água no solo que está entre a capacidade de campo (*CC*) e o ponto de murcha permanente (*PMP*). Na prática, considera-se a *CC* de um solo com o seu potencial matricial de água (ψ_m) variando entre -10 e -30 kPa (faixa para solos de textura grossa a fina, respectivamente) e o *PMP* como -1500 kPa. Para solos de diferentes texturas, Vermeiren e Jobling (1997) apresentam faixa de valores para algumas de suas características físico-hídricas (Tabela 1).

Tabela 1. Valores aproximados para algumas características físico-hídricas dos solos, segundo a sua classe textural (Vermeiren e Jobling, 1997).

Textura do solo	VIB ¹ cm/h	Densidade g/cm ³	CC ² %peso	PMP ³ %peso	ATD ⁴ %peso	ATD ⁵ mm/m
Arenoso	5 (2,5–22,5)	1,65 (1,55-1,80)	9 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)	85 (70-100)
Franco-arenoso	2,5 (1,3-7,6)	1,50 (1,40-1,60)	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	120 (90-150)
Franco	1,3 (0,8-2,0)	1,40 (1,35-1,50)	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-14)	170 (140-190)
Franco-argiloso	0,8 (0,25-1,5)	1,35 (1,30-1,40)	27 (25-31)	13 (11-15)	14 (12-16)	190 (170-220)
Silto-argiloso	0,25 (0,03-0,5)	1,30 (1,25-1,35)	31 (27-35)	15 (13-17)	16 (14-18)	210 (190-230)
Argiloso	0,05 (0,01-0,1)	1,25 (1,20-1,30)	35 (31-39)	17 (15-19)	18 (16-20)	230 (200-250)

- 1 VIB: velocidade de infiltração básica. O primeiro valor representa a média e os valores entre parênteses representam a faixa de variação.
- 2 CC: umidade do solo na capacidade de campo
- 3 PMP: umidade do solo no ponto de murcha permanente
- 4 ATD: água total disponível = (CC - PMP)
- 5 ATD: em lâmina de água por profundidade de solo

4.2) Coeficiente de Depleção da Água no Solo (*p*)

A maioria das culturas produtoras de grãos (milho, sorgo, feijão, trigo etc.) pode ter o valor de *p* em torno de 0,5-0,6, ou seja, usar 50-60% da água total disponível no solo. Entretanto, de acordo com as condições climáticas reinantes e com a fase do ciclo cultural, esse valor pode variar para mais ou para menos. Assim, a Tabela 2 fornece valores de *p* para algumas culturas, salientando-se o grupo do milho e sorgo (grupo 4), em função da sua evapotranspiração máxima. O adiamento ou a antecipação da data de irrigação recomendada interferirá diretamente no valor de *p*, podendo torná-lo maior ou menor, respectivamente, em relação ao valor predefinido.

Tabela 2. Coeficiente de depleção (*p*) da água no solo para algumas culturas, de acordo com a evapotranspiração máxima (*ETm*) (Doorenbos e Kassam, 1979).

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

* 1 - cebola, pimentão, batata; 2 - banana, repolho, uva, ervilha, tomate; 3 - alfafa, feijão, citrus, amendoim, abacaxi, girassol, melancia, trigo; 4 - algodão, **milho**, azeitona, açafrão, **sorgo**, soja, beterraba, cana-de-açúcar, fumo.

4.3) Sistema Radicular (Z)

As culturas do milho e sorgo podem ter considerado o desenvolvimento máximo do sistema radicular em 40-50 cm. Obviamente, esses valores são para a condição da cultura já ter atingido o seu pleno desenvolvimento. Na fase inicial, esses valores são estimados menores, pois o sistema radicular ainda está se desenvolvendo. No presente caso, o valor inicial de Z é considerado como a profundidade de semeadura (Z_0) e, a partir daí, é crescente linearmente dia-a-dia até atingir o valor máximo (Z_{max}), que ocorrerá no início da fase 3 do ciclo vegetativo. O ciclo vegetativo é dividido em quatro fases e será discutido posteriormente. Desse modo, o desenvolvimento do sistema radicular é considerado nos cálculos da planilha na forma apresentada na Figura 1.

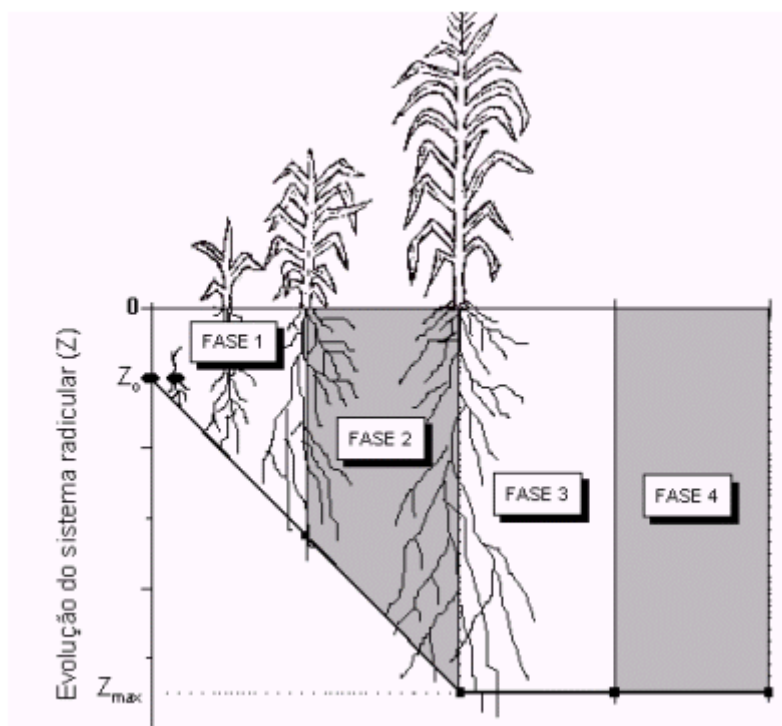


Figura 1. Estimativa do desenvolvimento do sistema radicular de culturas anuais em função das fases do ciclo da cultura (Z_0 é a profundidade de semeadura e Z_{max} é a profundidade efetiva do sistema em seu desenvolvimento máximo).

4.4) Estimativa da Evapotranspiração da Cultura (ET_c)

A estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_c) diária pode ser baseada na

evaporação de água do tanque Classe A (*ECA*), através da seguinte relação:

$$ET_c = K_c \times K_t \times ECA \quad (3)$$

Os parâmetros adimensionais K_c e K_t são, respectivamente, os coeficientes da cultura e do tanque. O produto $K_t \times ECA$ do lado direito da equação representa a evapotranspiração de referência (ET_o).

Os valores de K_t podem ser obtidos em publicações especializadas, como Doorenbos e Pruitt (1977) e Allen et al. (1998), os quais são função do raio de bordadura do tanque (R), da umidade relativa do ar (UR) e da velocidade do vento (v), obtidos por ocasião da coleta da evaporação da água do tanque (ECA). Esses valores estão reproduzidos em Albuquerque e Andrade (2001).

Snyder (1992) desenvolveu a seguinte equação para permitir a interpolação dos valores tabelados de K_t , na condição de tanque exposto em condição de bordadura de cobertura vegetal:

$$K_t = 0,482 + 0,024 \cdot \ln(R) - 0,000376 \cdot u + 0,0045 \cdot UR \quad (4)$$

em que:

K_t = coeficiente do tanque;

R = raio de bordadura do tanque (m);

u = velocidade do vento média (km/dia);

UR = umidade relativa do ar média (%).

Além da evaporação do *tanque Classe A*, há vários outros métodos para a estimativa de ET_o . Atualmente, é recomendado pela FAO (Allen et al., 1998), a equação de *Penman-Monteith*, que incorpora também um fator aerodinâmico, além do relativo à radiação. Mas, infelizmente, nem todos os locais têm uma estação climatológica que possa fornecer as variáveis básicas necessárias. Essas variáveis são: latitude, altitude, temperaturas máximas e mínimas, umidades relativas máximas e mínimas ou apenas as médias, velocidade do vento a 2 m de altura e radiação solar incidente ou horas de brilho solar.

Também para obtenção dos valores de K_c há publicações especializadas (como a de Doorenbos e Pruitt, 1977, e Allen et al., 1998) que os fornecem, os quais são variáveis de acordo com o tipo de cultura, o seu estágio de crescimento e condições climáticas reinantes. Para as culturas anuais, os valores de K_c podem variar na forma apresentada pela Figura 2, de acordo com o seu estágio, sendo que os valores mínimos e máximos dependem também das condições climáticas locais.

As equações seguintes foram usadas para estimar o coeficiente de cultura inicial (K_{c1}), de acordo com a demanda evaporativa (Tabela 4) e com o turno de irrigação variando de 1 a 6 dias (TI):

$$K_{c1} = a + b \cdot TI \quad (5)$$

em que:

K_{c1} = coeficiente de cultura para a Fase 1;

TI = turno de irrigação na Fase 1 (dias, $1 \leq TI \leq 6$ dias);

a = coeficiente para a interseção em $TI = 0$ (Tabela 4);

b = coeficiente para a declividade da reta (Tabela 4).

A equação 5 foi gerada através de ajuste realizado nas curvas apresentadas de $K_c \times ETo \times TI$ por Doorenbos e Pruitt (1977) adaptadas à nova metodologia para a obtenção do K_{c1} , segundo Allen et al. (1998), para qualquer cultura anual na fase 1 do seu ciclo de desenvolvimento.

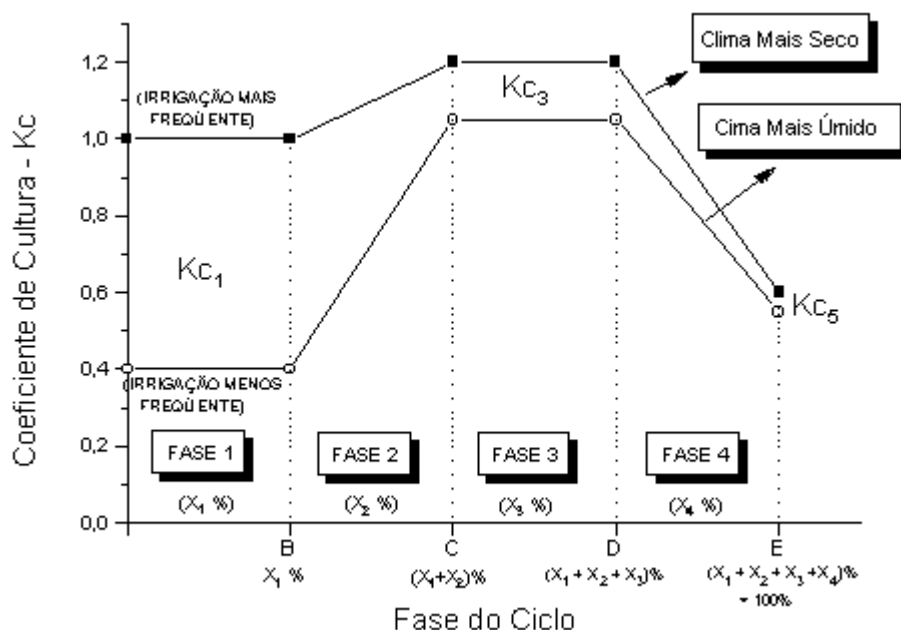


Figura 2. Valores estimados para o coeficiente de cultura (K_c), segundo o manual FAO-24 (Doorenbos e Pruitt, 1977) e FAO-56 (Allen et al., 1998), para cada fase do ciclo de crescimento. Para facilitar a escolha dos valores dentro da faixa apresentada, deve-se orientar pelas equações 5, 6 e 7 e Tabelas 4 e 5.

Tabela 4. Valores dos coeficientes "a" e "b" da equação 6 que prediz o coeficiente de cultura na fase 1 (K_{c1}) do ciclo fenológico de culturas anuais, segundo a demanda evaporativa predominante.

<i>Demanda Evaporativa</i>	<i>Evapotranspiração de referência (ETo) – mm/dia</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
<i>Baixa</i>	$ETo \leq 2,5$	1,17867	-0,07486
<i>Moderada</i>	$2,5 < ETo \leq 5$	1,08133	-0,08371
<i>Alta</i>	$5 < ETo \leq 7,5$	0,95133	-0,08371
<i>Muito Alta</i>	$ETo > 7,5$	0,90133	-0,08371

Os valores do K_c para a fase 3 (K_{c3}) foram obtidos a partir de uma condição padrão (umidade relativa mínima de 45% e velocidade do vento, a 2 m de altura, igual a 2 m/s), segundo Allen et al. (1998), para as diversas culturas mostradas na planilha (Tabela 5 - destacando-se as culturas de milho, sorgo e milheto). As correções para a classe de demanda evaporativa (Tabela 4), foram feitas de acordo com a equação:

$$Kc_3 = Kc_3(tab) + [0,04.(u_2 - 2) - 0,004.(UR_{min} - 45)].(h/3)^{0,3} \quad (6)$$

em que:

Kc_3 = valor do coeficiente de cultura para a fase 3 corrigido segundo a demanda evaporativa;

$Kc_3(tab)$ = valor do Kc_3 para uma condição padrão (Tabela 5);

u_2 = valor médio da velocidade do vento diário a 2 m de altura acima da grama, durante a fase 3 (m/s), sendo $1 \leq u_2 \leq 6$ m/s;

UR_{min} = valor médio da umidade relativa mínima diária durante a fase 3 (%), sendo $20 \leq UR_{min} \leq 80\%$;

h = altura média da planta durante a fase 3 (m), sendo $0,1 < h < 10$ m (Tabela 5).

Após as combinações possíveis entre UR_{min} e u_2 da equação 6, segundo a classificação de Allen et al. (1998) para esses fatores, obteve-se a seguinte equação:

$$Kc_3 = Kc_3(tab) + c.(h/3)^{0,3} \quad (7)$$

em que:

c = coeficiente que varia de acordo com a classificação da demanda evaporativa (baixa demanda, $c = -0,07$; moderada, $c = 0,032$; alta, $c = 0,1$; e muito alta, $c = 0,18$).

Os valores do coeficiente de cultura da colheita (Kc_5) foram fixados em 0,35 (Allen et al., 1998) para as culturas graníferas, ao passo que as hortaliças tiveram valores diferenciados em função do produto final pretendido (verdes, frescos ou pouco secos).

Apesar da metodologia descrita para a obtenção dos coeficientes Kc_1 , Kc_3 e Kc_5 , o usuário tem a opção de escolhê-los de acordo com valores específicos estudados para as suas condições.

5) Algumas Considerações sobre o Uso da Planilha

Na elaboração da presente metodologia para programar a irrigação das culturas, embora tenha sido levado em conta todo o embasamento técnico-científico necessário, sempre optou-se pela escolha de coeficientes e/ou condições que contemplassem o fator segurança, ou seja, minimizar situações de risco que pudessem conduzir a cultura a algum tipo de estresse hídrico. Entretanto, algumas considerações devem ser feitas, haja vista que reduções das lâminas líquidas e/ou ampliações dos intervalos entre irrigações podem ser realizados, desde que estudos mais detalhados possam ser feitos de tal forma a elucidar esses aspectos:

- as irrigações iniciais, principalmente do período que vai da semeadura até a emergência, podem ter o intervalo entre irrigações ampliado pela escolha de um maior coeficiente de depleção (p) da água no solo. Isso poderia favorecer a um maior crescimento radicular, porque, uma vez que deverá haver umidade no solo em maior profundidade (devido à irrigação com lâmina maior no dia do plantio), isso possibilitaria a "busca" pela água em camadas mais profundas do solo. Por outro lado, um turno de irrigação (TI) maior na fase 1 do ciclo fenológico conduz a menores perdas por evaporação de água da superfície do solo, o que é

ratificado pelo menor valor do coeficiente de cultura (K_c) quando se aumenta o TI nessa fase. No entanto, a decisão de alterar os valores de p ou TI deve ser tomada com muito cuidado, porque solos que formam encrostamento superficial ou têm baixa capacidade de retenção de água combinados com condição climática com alta demanda evaporativa podem submeter as plântulas a estresses hídricos e/ou mecânicos severos, podendo até exterminá-las.

b)

Tabela 5. Valores da faixa de duração total do ciclo, do percentual de duração das fases (conforme Figura 2), dos coeficientes de cultura na fase 3 do ciclo vegetativo (K_{c3}) e das alturas (h) das culturas anuais utilizadas na planilha, de acordo com uma condição climática padrão de umidade relativa mínima (UR_{min}) de 45% e velocidade do vento a 2 m de altura (u_2) de 2 m/s (Allen et al., 1998).

Cultura	Duração total do ciclo (dias)	Percentual de duração das fases*				K_{c3}	Altura média da cultura na fase 3 (h) (m)
		1	2	3	4		
<i>Leguminosas e Oleaginosas:</i>							
Amendoim	120 a 150	22	26	34	18	1,15	0,4
Canola	120 a 170	17	27	36	20	1,15	1,0
Feijão	70 a 110	16	25	40	19	1,15	0,4
Feijão Caupi	60 a 100	20	40	25	15	1,05	0,4
Girassol	120 a 140	17	27	36	20	1,15	2,0
Mamona	130 a 180	15	25	37	23	1,15	2,0**
Soja	100 a 140	15	20	47	18	1,15	0,75
<i>Cereais e Fibras:</i>							
Algodão	160 a 200	16	27	31	26	1,20	1,5
Aveia	120 a 150	13	20	43	24	1,15	1,0
Cevada	120 a 150	13	20	43	24	1,15	1,0
Milho	100 a 135	17	28	33	22	1,00	1,5
Milho	120 a 160	17	28	33	22	1,20	2,0
Sorgo	105 a 140	17	28	33	22	1,10	1,5
Trigo	120 a 150	13	20	43	24	1,15	1,0
<i>Hortaliças:</i>							
Batata	105 a 145	21	25	33	21	1,15	0,6
Cebola	70 a 95	28	45	18	9	1,00	0,3
Cenoura	100 a 150	19	27	39	15	1,05	0,3
Ervilha	90 a 110	19	29	37	15	1,15	0,5
Melancia	120 a 160	20	28	37	15	1,00	0,4
Melão	120 a 160	20	28	37	15	1,05	0,4
Tomate	130 a 180	21	28	33	18	1,15	0,6

* adaptação segundo Albuquerque (2000)

. ** valor estimado

2) 2) .

b) A chuva excessiva para as plantas, ou seja, aquela fração da chuva que não é a efetiva, pode também contribuir com uma parcela de efetividade, porque nos cálculos o que está além da umidade da capacidade de campo (CC) é desconsiderado, entretanto, dependendo do tempo de redistribuição da água no

solo após a chuva, uma fração da água que fica acima da *CC* pode ser absorvida pelas raízes. Devido a isso, aumentar o valor da *chuva efetiva* no balanço da água no solo (porque é consequência de um suposto aumento da reserva de água no solo) significa um maior *TI* após a chuva e menor volume de água bombeada para irrigação no cômputo geral. Porém, estudos em diferentes condições devem ser realizados para obter a chuva real efetiva para a cultura após períodos de chuvas intensas.

- c) A decisão de irrigar a cultura após o dia recomendado afetará o valor de *p*, ficando cada vez maior dia após dia ao valor previamente estabelecido. Isso interfere diretamente na evapotranspiração da cultura (*ETc*), deixando de ser a sua condição potencial ou máxima (*ETm*). Como todos os cálculos na planilha são feitos em relação à *ETm*, mesmo que o *p* ultrapasse o seu valor preestabelecido, há na realidade uma superestimativa nos valores da lâmina líquida se a decisão de irrigação passar além do dia recomendado. Haveria necessidade de conhecerem coeficientes de redução sobre a *ETm* toda vez que o *p* fosse ultrapassado; de qualquer modo, essa situação não é recomendável, pois a cultura teoricamente estaria sofrendo déficit hídrico e, dependendo da magnitude e do número de ocorrências, afetará negativamente na produtividade final e qualidade do produto.

6) Uso da *Intranet* da Embrapa Milho e Sorgo

A página da *intranet* da Embrapa Milho e Sorgo usa a mesma metodologia empregada na planilha descrita. O formato de apresentação é diferente, porque os clientes neste caso são os pesquisadores ou técnicos interessados em irrigar áreas experimentais. Algumas simplificações foram feitas, de modo a facilitar a entrada de dados e o acompanhamento das irrigações.

Os parâmetros básicos de entrada são o tipo de solo que predomina no local (**Latossolo Vermelho-Escuro** ou **Solo Aluvial**), umidade inicial do solo (média de 0 até a profundidade máxima efetiva do sistema radicular: 40 cm para milho, sorgo, milho e girassol e 30 cm para feijão) e tipo de cultura (**milho, sorgo, feijão, milho ou girassol**). O experimento deve ser cadastrado fornecendo-se informações sobre o subprojeto, identificação do experimento, data do plantio, umidade inicial do solo, tipo de solo e de cultura.

A partir do cadastramento, o acompanhamento da irrigação da cultura deve ser realizado dia-a-dia até que se complete o ciclo. O balanço da água no solo é feito com os dados de entrada: **chuva e evaporação da água do tanque Classe A (ECA)**, que são obtidos diariamente da Estação Climatológica Principal, que é vinculada ao INMET. O usuário não necessita entrar com os dados diários de chuva e ECA, há um técnico responsável para tal.

Futuramente, o campo experimental poderá ser dividido em sub-áreas com pluviômetros próprios (e até com tanques Classe A) para que os dados possam refletir com maior exatidão a precipitação pluviométrica que atinja o local do experimento. Também há uma idéia de trocar a estimativa da *ETo* pelo método de Penman-Monteith (padrão da FAO), pois os dados coletados na estação climatológica são suficientes para isso.

Como se faz na planilha, apesar de ser apresentado se o dia atual é recomendado efetuar a irrigação da cultura, o usuário tem a flexibilidade de tomar a decisão. Essa

decisão significa digitar o valor da lâmina líquida que se deseja aplicar e clicar no botão "ALTERAR", caso contrário, é assumido que não haverá irrigação naquela data. Entretanto, não se deve deixar que o solo esgote demasiadamente a sua reserva hídrica, o que poderá causar estresse à cultura. Estando no dia atual, ainda há a possibilidade de alterar a lâmina de irrigação que já tenha sido escolhida anteriormente, bastando para isso digitar um novo valor para essa lâmina e clicar no botão "ALTERAR".

7) Uso da *Internet* (Página *Web* da Embrapa Milho e Sorgo)

Com o objetivo de facilitar ainda mais as atividades dos agricultores que cultivam o milho (como produtos finais: grãos/sementes/pipoca, silagem, milho verde/milho doce ou minimilho), o sorgo (grãos/sementes ou silagem) e/ou o milheto (sementes/grãos) irrigados, é apresentado na página *web* da Embrapa Milho e Sorgo (www.cnpms.embrapa.br e clicando no link *Irrigação*), de modo aproximado, o momento de irrigar e a lâmina líquida de água a ser aplicada nas culturas. Para tal, a duração total do ciclo das culturas foi dividida em 4 fases distintas, obedecendo as metodologias contidas no manual 24 da FAO (Doorenbos e Pruitt, 1977) e, mais recentemente, no 56 (Allen et al., 1998), para a estimativa dos coeficientes de cultura (Kc) e a duração de cada fase.

Portanto, decorrente de apenas 5 seleções (*cultura, data do plantio, duração do ciclo, demanda evaporativa e capacidade de armazenamento de água do solo*), obtêm-se como resultado o consumo médio diário de água para cada tipo de cultura, em cada fase do ciclo, e a lâmina líquida para cada dia estabelecido para irrigar.

Há *links* para "Ajuda" e "Consulta". Em "Ajuda" são descritas a duração do ciclo empregada, sugestões para a condição das Regiões Centro-Oeste e Sudeste, a obtenção da demanda evaporativa (em função do vento, da umidade relativa do ar, classificação climática e condição da evapotranspiração de referência - ETo), a capacidade de armazenamento de água do solo, a obtenção da lâmina bruta de irrigação (em função do sistema utilizado), a ocorrência de chuvas e a irrigação no dia do plantio. Em "Consulta" a cultura deve ser escolhida (milho, sorgo ou milheto e os respectivos cultivos especiais, conforme o caso). Após a cultura ter sido escolhida, digitam-se a data do plantio, a duração do ciclo, a demanda evaporativa e a capacidade de armazenamento de água do solo, obtendo-se como resultado uma tabela em que constam a fase do ciclo da cultura, os dias após a semeadura, a lâmina líquida de irrigação prevista por dia, o turno de irrigação, a lâmina líquida por irrigação e as datas previstas de irrigação numa situação sem ocorrência de chuvas.

Deve-se frisar que os resultados obtidos neste caso são valores indicativos e que não devem substituir uma programação feita com mais critério em que variáveis são medidas e/ou estimadas de forma mais elaborada, como é o caso da planilha.

8) Literatura Citada

ALBUQUERQUE, P.E.P. *Requerimento de água das culturas para fins de manejo e dimensionamento de sistemas de irrigação localizada*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2000. 54p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 1).

ALBUQUERQUE, P.E.P., ANDRADE, C.L.T. *Planilha eletrônica para a programação da irrigação de culturas anuais*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. 2001. 14p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 10).

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).

DOORENBOS, J., KASSAM, A.H. *Efectos del agua en el rendimiento de los cultivos*. Roma: FAO, 1979. 212p. (Estudio FAO riego y drenaje, 33)

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

SNYDER, R.L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. *J. of Irrig. and Drain. Eng.* v.118, p.977-980, 1992.

VERMEIREN, L., JOBLING, G.A. *Irrigação localizada*. Tradução de H.R. Gheyi, F.A.V. Damasceno, L.G.A. Silva Jr., J.F. de Medeiros, Campina Grande, UFPB, 1997. 184p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 36).