

25 Circular Técnica

Sete Lagoas, MG
Dezembro, 2003

Autor

Paulo Emilio P. de
Albuquerque
Pesquisador, Ph D. Irrigação
e Drenagem
emilio@cnpms.embrapa.br
Pesquisador da Embrapa
Milho e Sorgo, Cx. P. 151,
CEP: 35701-970,
Sete Lagoas, MG.



Planilha Eletrônica para a Programação de Irrigação em Pivôs Centrais

INTRODUÇÃO

Nos tempos atuais, têm sido amplamente debatidos os problemas advindos de uma irrigação ineficiente e os danos que podem causar ao meio ambiente (Rebouças, 1999). Entretanto, também é evidente que a irrigação é fundamental para a produção de alimentos, em situação de deficiências de chuva e para estabilizar a produção agrícola, principalmente em regiões áridas e semi-áridas. Atualmente, a sexta parte das terras agrícolas do mundo é irrigada e fornece mais de um terço da produção global de alimentos (Albuquerque e Andrade, 2001).

Observa-se que, para a agricultura moderna, a irrigação é uma tecnologia imprescindível para incrementar a produtividade das culturas, porém deve ser implementada com todo o cuidado requerido, para um menor impacto ambiental, de tal modo que deve ser conduzida de modo racional.

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 nada mais é do que aplicar a água na quantidade e no momento requeridos pela cultura.

O sistema de irrigação por pivô central tem sido mais utilizado em culturas anuais, como milho, feijão, soja, tomate etc. e também, ultimamente, na cultura do café. Da área total irrigada no Brasil, cerca de 10% têm sido utilizados com pivôs centrais, perfazendo uma área média irrigada por produtor de 140 ha (Fancelli e Dourado Neto, 2000).

A característica principal do pivô central é a aplicação de água pelo método por aspersão, mas sob taxas variáveis ao longo de sua tubulação que se desloca no sentido circular, em torno de uma torre fixa ou pivô. A taxa variável de aplicação é necessária, de modo que cada ponto sob a tubulação, móvel recebe teoricamente a mesma lâmina de irrigação prevista. Portanto, a velocidade de deslocamento da tubulação acima da cultura é que vai definir a lâmina a aplicar. Quanto maior a sua velocidade, menor é a lâmina e vice-versa. Por isso é que o manejo de irrigação para pivô central é baseado em sua velocidade de deslocamento, que geralmente é definido em percentuais. Esses percentuais são dimensionados para cada pivô específico, segundo o fabricante.

Este trabalho tem como objetivo apresentar o manejo de irrigação, de acordo com toda a teoria apresentada em Albuquerque e Andrade (2001), em pivôs centrais, determinado basicamente pela sua velocidade de deslocamento a 100%, cujos parâmetros principais de entrada ("inputs") são a lâmina de irrigação nessa velocidade a 100% (L100) e o tempo gasto para aplicá-la (T100). A partir de uma lâmina bruta recomendada, obter-se-á a velocidade (em percentual) necessária do pivô para aplicá-la, bem como o tempo total despendido ("outputs"). Além disso, poderá haver a flexibilização da irrigação pelo usuário, dentro de sua capacidade operacional, tendo em vista que a tomada de decisão pode ser feita em qualquer dia, porém deve-se observar a reserva de água do solo para que a cultura não sofra déficit hídrico.

RESUMO DA TEORIA

Conforme a teoria já apresentada em Albuquerque e Andrade (2000, 2001), a técnica adotada para o manejo de irrigação é a do balanço de água no solo. A diferença dessa versão em relação às outras está na introdução específica para o sistema de irrigação por pivô central, em que haverá a necessidade de entrar com os dados da lâmina de água aplicada pelo pivô a 100% de velocidade (L100) e o respectivo tempo gasto nessa operação (T100). Além disso, ainda há a possibilidade de entrar com a duração do período de ponta (ou pico) diário para os dias úteis (de segunda a sexta-feira) e finais de semana (sábado e domingo). Dessa forma, a velocidade do pivô em percentual e o tempo necessário à irrigação serão apresentados, em função da lâmina recomendada, para o dia específico.

Os dados necessários à teoria aqui mostrada para a programação da irrigação são relativos à cultura (data de plantio, duração do ciclo e profundidade do sistema radicular), a algumas características físico-hídricas do solo (umidades na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, densidade, umidade inicial e coeficientes de disponibilidade em quatro fases do ciclo fenológico) e ao clima (classe de demanda evaporativa, dados diários determinados ou preditos, por qualquer método, da evapotranspiração de referência e dados diários medidos da precipitação pluviométrica). Caso a evapotranspiração de referência (ET_o) seja estimada pelo tanque de evaporação Classe A, também será preciso usar o coeficiente de tanque (K_p).

O balanço de água no solo é um método usado para prever a variação no conteúdo de água no solo na região ou no volume de solo que engloba o sistema radicular da cultura. Esse método normalmente considera uma condição de água no solo que não deve causar déficit ou excesso de água ao sistema radicular da cultura, contribuindo, portanto, para a cultura obter o mais alto rendimento técnico. Por isso, o turno e as lâminas de irrigação assim obtidas podem variar continuamente ao longo do ciclo da cultura. A equação do balanço se baseia no conceito de conservação de massa, ou seja, a variação no conteúdo de água disponível até a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura é igual à soma da água que entra com a água que sai do sistema.

As condições e simplificações estabelecidas para o uso da equação do balanço de água no solo são apresentadas em Albuquerque e Andrade (2000, 2001).

Na presente planilha, uma inovação que foi implementada é a introdução do conceito de evapotranspiração real (ET_r), na qual é levado em conta que a taxa da evapotranspiração máxima da cultura (ET_c) é reduzida a partir do momento em que ocorre limitação hídrica no solo. Assumiu-se que essa limitação ocorre no ponto em que a reserva de água do solo estiver aquém de 35% da água total disponível (ATD), ou seja, para um coeficiente de disponibilidade (f) maior que 0,65. A Figura 1 mostra como foi obtida a ET_r em função de f. A ET_r torna-se diferente da ET_c, de forma linear, quando f fica maior que 0,65. Quando este estiver acima de 0,90, assumiu-se que a ET_r foi também igual a 10% da ET_c.

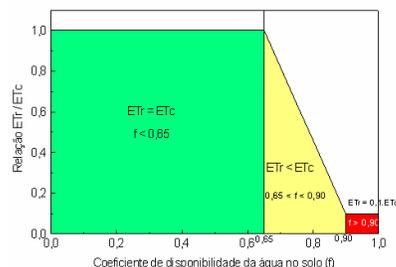


Figura 1 - Relação entre a evapotranspiração máxima da cultura (ET_c) e a evapotranspiração real (ET_r), em função do coeficiente de disponibilidade da água no solo (f).

PARÂMETROS DE ENTRADA

Para a obtenção da Água Total Disponível (ATD) do solo, é necessário que se conheça a umidade do solo na capacidade de campo (CC) e no ponto de murcha permanente (PMP) e a densidade do solo (d). A umidade inicial (U_i) é aquela em que o solo se encontra no dia do plantio. O ideal é obter o valor de U_i por algum processo, quer seja por tensiometria ou pelo método gravimétrico; no entanto, como na prática isso se torna difícil, há a possibilidade de estimar o seu valor através de análise visual, segundo três classes de umidade: 1) solo seco (no PMP); 2) solo semi-úmido (50% da ATD) e 3) solo úmido (na CC).

A maioria das culturas graníferas (milho, feijão, trigo etc.) pode ter o valor do coeficiente de disponibilidade (f) em torno de 0,5-0,6, ou seja, usar 50-60% da água total

disponível no solo. Contudo, de acordo com as condições climáticas reinantes e com a fase do ciclo cultural, esse valor pode variar para mais ou para menos.

O valor inicial do sistema radicular da cultura (Z) é a profundidade de semeadura (Z₀) que, no presente caso, é considerado ter um valor fixo em 6 cm e, a partir daí, é crescente linearmente dia-a-dia até atingir o valor máximo (Z_{max}), que ocorrerá no início da fase reprodutiva (máximo crescimento vegetativo) do ciclo fenológico. Esse ciclo é dividido em quatro fases, de acordo com Doorenbos e Pruitt (1977) e Allen et al. (1998), apresentados também por Albuquerque e Andrade (2000, 2001).

A estimativa da evapotranspiração da cultura (ET_c) pode ser realizada através do produto de um coeficiente de cultura (K_c) pela evapotranspiração de referência (ET₀). A ET₀ pode ser estimada diariamente através da evaporação de água do tanque Classe A (ECA) ou por fórmulas semi-empíricas (Allen et al., 1998). Também a ET₀ pode ser previamente estimada por metodologia segundo Resende et al. (2002). 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. De acordo com uma das quatro classes da demanda evaporativa previstas, são estimados os valores de K_c em função da fase do ciclo (Albuquerque e Andrade, 2001).

Maiores detalhes para a estimativa de todos esses parâmetros de entrada na planilha estão discutidos em Albuquerque e Andrade (2001).

No caso da planilha especificamente para pivôs centrais, os parâmetros adicionais de entrada são os seguintes:

- lâmina de água aplicada a 100% de velocidade – L100;
- tempo de funcionamento do pivô a 100% de velocidade – T100;
- duração do período de ponta nos dias úteis (de segunda a sexta-feira) Pponta;
- duração do período de ponta nos fins de semana (sábado e domingo) PpontaFS;
- eficiência de irrigação (Ef) – no caso do pivô central, a Ef deverá estar acima de 85%.

DESCRIÇÃO DA PLANILHA

Considerações Gerais

Utilizou-se a planilha eletrônica Excel, da Microsoft®, para a entrada, processamento e saída dos dados.

O arquivo (pasta de trabalho) possui três planilhas, segundo os itens:

- Irrigação;
- Dados do pivô;
- Dados das culturas.

É importante que se faça cópia da planilha matriz toda vez que se necessite implantar um novo cultivo a ser irrigado.

A planilha é composta de 21 colunas visíveis (de A a U) e de tantas linhas quantas forem necessárias, dependendo do número total de dias do ciclo da cultura. Por exemplo, para o caso do milho, com o seu ciclo cultural variando de 125 a 180 dias, o número total de linhas vai variar de 168 a 223, respectivamente. Há espaço disponível para uma cultura com ciclo de até 201 dias, o que corresponde a um total de 244 linhas.

As células possuem sete cores diferentes: branca, verde-escura, cinza, amarelo-clara, amarelo-escura, azul-clara e verde-clara. Além dessas, há quatro cores de tons fortes (azul, verde, amarela e vermelha) para identificar as demandas evaporativas (1-baixa; 2-moderada; 3-alta e 4-muito alta, respectivamente) e também três cores (laranja, verde e azul) para identificar a condição de umidade inicial (no dia do plantio) do solo (1-solo seco; 2-solo semi-úmido e 3-solo úmido, respectivamente). As seguintes características são observadas, de acordo com a convenção de cores utilizadas na planilha:

Branca	Verde-escura	Cinza	Amarelo-clara	Amarelo-escura	Azul-clara	Verde-clara
Branca - células auxiliares, que efetuam cálculos necessários e outras células.						
Verde-escura - indica a cultura, a velocidade e o período de uso do pivô.						
Cinza - para cabeçalhos ou de descrição dos parâmetros de entrada ou de saída.						
Amarelo-clara - parâmetros de entrada que deverão obrigatoriamente ser preenchidos pelo usuário.						
Amarelo-clara com pontilhados - idem à amarelo-clara, mas torna-se opcional quando as células de cor amarelo-escura são preenchidas.						
Amarelo-escura - células opcionais (pode tornar as células amarelo-claras com pontilhados sem necessidade de preenchimento).						
Azul-clara - de preenchimento automático, de parâmetros de saída.						
Verde-clara - idem às de cor azul-clara, mas fornecem as informações que interessam de imediato ao usuário.						

Laranja	Verde	Azul	
Laranja - indica condição 1 para umidade inicial do solo ou solo seco.			
Verde - indica condição 2 para umidade inicial do solo ou solo semi-úmido.			
Azul - indica condição 3 para umidade inicial do solo ou solo úmido.			
Azul	Verde	Amarela	Vermelha
Azul - indica demanda evaporativa na condição 1 ou baixa demanda.			
Verde - indica demanda evaporativa na condição 2 ou moderada demanda.			
Amarela - indica demanda evaporativa na condição 3 ou alta demanda.			
Vermelha - indica demanda evaporativa na condição 4 ou muito alta demanda.			

À exceção das células *amarelo-claras* e *amarelo-escuras*, todas as outras estão protegidas, inclusive através de senha, contra qualquer tipo de alteração. Além disso, algumas têm o conteúdo oculto.

As células que possuem um pequeno triângulo vermelho no canto superior direito têm uma descrição resumida do que representa a célula em questão. Para tal, deve-se posicionar o cursor do *mouse* exatamente sobre o triângulo.

A planilha está dividida em duas partes; a primeira, que corresponde às linhas 5 a 41, deve ter as suas células *amarelo-claras* e/ou *amarelo-escuras* preenchidas com os

parâmetros básicos de cultura, de solo, de clima e do pivô central; a segunda, que corresponde às linhas a partir da linha 43, deve ter as células *amarelo-claras* preenchidas dia-a-dia, o que vai gerar nas células *azul-claras*, *verde-claras* e *verde-escuras* os resultados referentes à cultura no dia em questão e se haverá necessidade de irrigação ou não, além das lâminas líquidas, brutas recomendadas, a velocidade e o tempo de funcionamento do pivô.

Além disso, há colunas ocultas (V a AP) que são auxiliares para diversos cálculos.

Descrição da primeira parte da planilha (colunas A a N e linhas 5 a 41 da Figura 2)

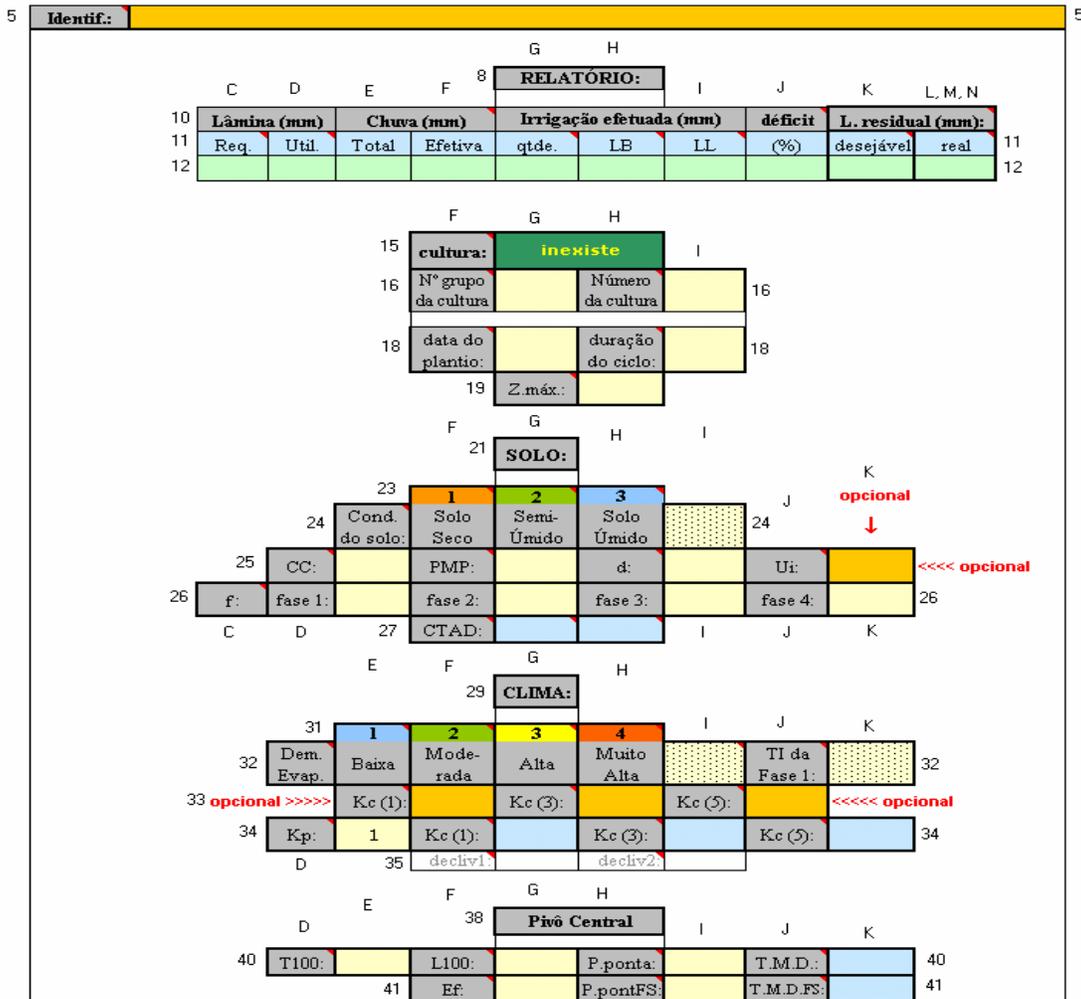


FIGURA 2. Tela de apresentação da primeira parte da planilha para a programação de irrigação em pivôs centrais. As linhas têm numeração de 5 a 41 e as colunas são identificadas com letras (C a N).

As células a serem preenchidas são as amarelo-claras e/ou amarelo-escuras, de acordo com o que é solicitado nas células cinzas do lado esquerdo. Todas as células amarelo-claras obrigatoriamente deverão ser preenchidas, ressalvando-se essa obrigatoriedade apenas para as células pontilhadas I24, I32 e K32, entretanto, desde que as respectivas células amarelo-escuras K25, F33 e H33 sejam preenchidas.

Linha 5 (Figura 2) – Identificação da fazenda, proprietário, área, gleba de cultivo etc.

Linhas 8 a 12 (Figura 2) – Relatório resumido da irrigação. Esse relatório é constituído por: lâmina requerida e utilizada pela cultura; chuvas totais ocorridas e efetivas; as lâminas bruta e líquida e a quantidade das irrigações efetuadas; o déficit que porventura possa ter ocorrido, além da lâmina residual de água que fica no solo no último dia de entrada de dados.

A lâmina de água requerida (célula C12) é a soma da evapotranspiração máxima diária da cultura até a última entrada do dado da evapotranspiração de referência (ET_o). A lâmina utilizada (célula D12) inclui, além da lâmina líquida de irrigação e chuva efetiva, a variação no armazenamento da água no solo (umidade inicial subtraída da umidade final do solo).

As células E12 e F12 correspondem às chuvas total e efetiva para a cultura, respectivamente, ocorridas no período (até a entrada do último dado de ET_o na planilha).

As células G12, H12 e I12 representam, respectivamente, a quantidade de irrigação realizada, a lâmina bruta (que leva em conta a eficiência de irrigação) e a lâmina líquida de irrigação (que contribuiu efetivamente para suprir a cultura) no período.

O déficit que porventura possa ter ocorrido é mostrado na célula J12 e se refere à diferença entre a evapotranspiração máxima (ET_c) e a real (ET_r) em relação à máxima, ou seja, $(ET_c - ET_r) / ET_c * 100$. Isto, teoricamente, é o mesmo que a relação entre a água utilizada e a requerida.

As células K12 e L12 se referem à lâmina residual de água no solo no dia da entrada do último dado da ET_o, ou seja, a lâmina residual desejável (célula K12) é a lâmina de água que

deverá restar no solo no dia da maturação fisiológica da cultura (último dia do ciclo), que está aquém da Água Facilmente Disponível (AFD) até o Ponto de Murcha Permanente (PMP). Já a lâmina residual real (célula L12) é a que efetivamente está no solo no dia da última entrada de dado de ET_o ou no dia da maturação fisiológica (final do ciclo).

As linhas 15 a 19 (Figura 2) se referem a parâmetros da cultura, quer sejam números do grupo e da cultura, data do plantio, duração total do ciclo e profundidade máxima efetiva do sistema radicular. Há quatro grupos de cultura, segundo a classe, de modo que as três primeiras classes possuem cada uma sete tipos de culturas e a última classe com duas culturas. Esses grupos, com as respectivas culturas, são os seguintes:

Grupo 1 (Cereais e Fibras): 1. Algodão; 2. Aveia; 3. Cevada; 4. Milheto; 5. Milho; 6. Sorgo; 7. Trigo.

Grupo 2 (Leguminosas e Oleaginosas): 1. Amendoim; 2. Canola; 3. Feijão; 4. Feijão caupi; 5. Girassol; 6. Mamona; 7. Soja.

Grupo 3 (Hortaliças): 1. Batata; 2. Cebola; 3. Cenoura; 4. Ervilha; 5. Melancia; 6. Melão; 7. Tomate.

Grupo 4 (Outras): 1. Sorga rebrota; 2. Pimentão.

Por exemplo, a cultura do milho é oriunda da combinação do grupo 1 com a cultura 5.

Linhas 15 e 16 (Figura 2) - Escolha da cultura pelos números do grupo e da cultura, conforme a listagem apresentada anteriormente.

A data do plantio deve ser preenchida no formato *dd/mm/aa*. A duração total do ciclo da cultura deve ser prevista, o que depende do tipo de cultura, da época e da região do plantio. A profundidade de semeadura é assumida em 6 cm, mas a profundidade máxima efetiva do sistema radicular (Z) deve ser indicada, cujos valores mais prováveis são também apresentados na planilha "dados-culturas", de acordo com o tipo de cultura.

Linhas 18 e 19 (Figura 2) – Data do plantio, duração do ciclo e profundidade máxima efetiva do sistema radicular ($Z_{máx}$).

As linhas 21 a 27 (Figura 2) referem-se a parâmetros do solo, os quais são a condição da umidade inicial do solo (três condições), a capacidade de campo (*CC*), o ponto de murcha permanente (*PMP*), a densidade (*d*), a umidade inicial do solo (opcional), o fator de depleção (*f*) e a capacidade total de água disponível (*CTAD*). *CC* e *PMP* já foram definidos e devem ter entrada na unidade % peso. A umidade inicial é aquela em que o solo se encontra no dia da semeadura, entretanto, havendo dificuldade na sua determinação, pode ser estimada aproximadamente através de uma condição de umidade inicial (célula I24), conforme três classes (1-solo seco; 2- solo semi-úmido; 3- solo úmido). O *p* é estimado para cada uma das quatro fases do ciclo da cultura (ver em Albuquerque e Andrade, 2001). O *CTAD* (células G27 e H27) é calculado automaticamente de acordo com a *CC*, o *PMP* e *d*.

Linhas 22 a 27 (Figura 2) – Condição de umidade inicial do solo (na data do plantio), conforme três opções, umidades do solo na capacidade de campo (*CC*) e no ponto de murcha permanente (*PMP*), densidade do solo, umidade inicial do solo (*U_i*), coeficiente de depleção ou esgotamento (*f*) e capacidade total de água disponível (*CTAD*). As linhas 29 a 35 (Figura 2) referem-se a parâmetros do clima: demanda evaporativa do local (1-baixa, 2-moderada, 3-alta e 4-muito alta), turno de irrigação (*TI*) previsto para a fase 1 do ciclo da cultura, os coeficientes de cultura (*K_c*) opcionais (linha 33), o coeficiente do tanque Classe A (*K_p*) e os coeficientes de cultura (*K_c*) processados automaticamente. A linha 35 fornece automaticamente os valores da declividade da curva do *K_c* da fase 1 para a fase 3 e da fase 3 para a fase 4 (ver Albuquerque e Andrade, 2001).

Linhas 31 a 35 (Figura 2) – A escolha da demanda evaporativa é feita conforme os comentários das células D32, E31, F31, G31 e H31 e o número referente (de 1 a 4) é colocado na célula I32. O turno de irrigação previsto para a fase 1 é posto na célula K32. O preenchimento das células I32 e K32 é desnecessário caso sejam preenchidos todos os valores de *K_c* na linha 33 (células amarelas-escuras). Se somente o valor do *K_c*(1) (célula F33) for preenchido, neste caso somente a célula K32 poderá ficar vazia. O valor do coeficiente do tanque Classe A é preenchido na célula E34, porém se o método de

determinar a evapotranspiração de referência (*E_{T0}*) for outro, digita-se o valor "1" (um). Os outros valores de *K_c* (células G34, I34 e K34) são de preenchimento automático, segundo a demanda evaporativa e *TI* inicial. As declividades da reta entre os *K_c*(1) e *K_c*(3) e *K_c*(3) e *K_c*(5) são apresentados na linha 35. Os dados do pivô central se encontram nas linhas 38 a 41 (Figura 2). Deve-se preencher o tempo de deslocamento a 100% de velocidade (*T100*), a lâmina de aplicação a 100% de velocidade (*L100*), os valores para a duração do período de ponta diário nos dias úteis (de segunda a sexta-feira) e nos fins de semana (Sábado e domingo) e a eficiência de irrigação (*E_f*).

Linhas 40 e 41 (Figura 2) – Os dados de *T100*, *L100* e *E_f* são obtidos pelas tabelas do pivô fornecidas pelo fabricante ou, o que é melhor, através de testes realizados no campo. Os períodos de ponta ou pico são aqueles em que o pivô deverá permanecer desligado, observando o horário estabelecido pela concessionária de energia elétrica.

Descrição da segunda parte da planilha (colunas A a U, linha 43 em diante da Figura 3)

Como foi salientado anteriormente, somente as colunas que possuem células amarelo-claras (D, E e I) serão preenchidas pelo usuário. As demais são preenchidas automaticamente de acordo com os parâmetros de entrada das células amarelo-claras.

Coluna A (Figura 3) - representa a *data* que é preenchida automaticamente a partir da entrada da data do plantio (célula G18) e duração total do ciclo (célula I18). Com as datas há o acompanhamento da irrigação da cultura no dia-a-dia. A data se encerra no último dia da duração total do ciclo da cultura.

Coluna B – representa o dia da semana.

Coluna C - representa os *dias após a semeadura (DAS)*. Também é preenchida em função da data do plantio e duração total do ciclo. A data do plantio é o *DAS = 0*.

Coluna D - é a de entrada dos dados referentes à evaporação da água do tanque Classe A (*ECA*), que é preenchida diariamente. Se se dispuser de dados da evapotranspiração de referência (*E_{T0}*)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	LaP
43	Data	dia da semana	DAS	ECA ou ETo	Chuva	Recomendação de Irrigar	Lâm. Líquida de Irrigação	Lâmina Bruta de Irrigação	Lâm. de Irrigação Aplicada	Velocidade do pivô (%)	Tempo de funcionamento (horas)	Período de funcionamento (dd : hh : min)
44	20/06/03	sex	0	2,47		* sim	20,0	23,5	15	30	39,67	3 : 3 : 40
45	21/06/03	sáb	1	2,56		* sim	9,3	10,9				
46	22/06/03	dom	2	2,52		* sim	11,3	13,3				
47	23/06/03	seg	3	2,68		* sim	13,4	15,7	15,7	29	41,03	3 : 5 : 2
48	24/06/03	ter	4	2,56		não	2,0	NI				
49	25/06/03	qua	5	2,49		não	4,0	4,7				
50	26/06/03	qui	6	2,64		* sim	6,0	7,1				
51	27/06/03	sex	7	2,65		* sim	8,1	9,5	9,5	47	25,32	2 : 1 : 19
52	28/06/03	sáb	8	2,59		não	2,0	NI				
53	29/06/03	dom	9	2,60		não	4,1	4,8				

	Q	R	S	T	U
43	Kc	Chuva Efetiva	Z	R.A.S. D.A. (%)	Fase
44	0,78		6,0	50	1
45	0,78		6,5	100	1
46	0,78		7,1	69	1
47	0,78		7,6	44	1
48	0,78		8,2	100	1
49	0,78		8,7	75	1
50	0,78		9,2	54	1
51	0,78		9,8	35	1
52	0,78		10,3	100	1
53	0,78		10,9	80	1

FIGURA 3. Tela de apresentação da segunda parte da planilha para a programação de irrigação em pivôs centrais. As linhas têm numeração de 5 a 41 e as colunas são identificadas com letras (C a N).

diretamente, então deve-se colocar o valor 1 para o coeficiente de tanque (K_p – célula E34).

Coluna E - para a entrada dos dados referentes à precipitação pluviométrica (*chuva*) ocorrida diariamente. Para maior coerência nos resultados, devem-se preencher as colunas D e E com os valores do dia das medições de *ECA* ou *ETo* e *chuva*, mesmo que a maior parte represente o dia anterior. Preferencialmente, essas medições devem ser feitas antes das 9 horas da manhã e todos os dias no mesmo horário determinado.

Coluna F - é apresentada a necessidade ou não de irrigação no dia em questão. É preenchida automaticamente tão logo se

entre com o valor de *ECA* ou *ETo* na coluna D.

Coluna G - é a lâmina líquida de irrigação recomendada no dia em questão, é baseada no balanço da região onde existe o sistema radicular, por isso é menor nos primeiros dias e aumenta gradativamente com o crescimento do sistema radicular. O cálculo é baseado no balanço da água no solo, dentro de um fator de depleção (p) preestabelecido, segundo a fase da cultura (células E26, G26, I26 e K26), e da evapotranspiração diária da cultura. Normalmente, diariamente é apresentada uma lâmina, independentemente se há recomendação de irrigação na coluna F.

Coluna H - é a lâmina bruta de irrigação recomendada, que é baseada na eficiência

adotada na célula G41. É a lâmina líquida apresentada na coluna G dividida por essa eficiência. As lâminas líquidas abaixo de 80% da L100 (célula G40) são sugeridas “NI”, ou seja, “não irrigar”.

Coluna I - é a lâmina aplicada na irrigação que será digitada pelo usuário, ou seja, é a lâmina que efetivamente será utilizada ou aplicada na respectiva data e que, portanto, entrará nos cálculos do balanço, já considerando a eficiência de irrigação. O ideal é que essa lâmina seja aplicada na data definida para tal e na quantidade recomendada. Se houver lâmina recomendada e se não for digitado nenhum valor, o balanço ficará inalterado.

Coluna J – é a velocidade do pivô, em porcentagem, que é função da lâmina bruta digitada na coluna I. Também a velocidade apresentada é originada das características técnicas do pivô, cujos dados são digitados nas células E40 (T100) e G40 (L100). Recomenda-se que a velocidade mínima para o pivô seja de 20%. Se ocorrer “PI > TI”, significa que o tempo da irrigação foi insuficiente para o pivô completar o período de irrigação, o que requer que a irrigação prevista para o dia deverá ser adiada. Se ocorrer “ND”, significa que a lâmina adotada está abaixo da lâmina a 100% de velocidade. A lâmina mínima é a da velocidade 100%.

Coluna K – é o tempo de funcionamento do pivô, em horas, que é função de sua velocidade (coluna J). Quanto maior for a velocidade, menor é o tempo e vice-versa.

Colunas L a P – é o período de funcionamento do pivô, em dias, horas e minutos, tendo como base o tempo de funcionamento apresentado na coluna K e a duração do período de ponta das células I40 e I41, portanto, aqui o dia é considerado igual ao tempo máximo diário de funcionamento do pivô, como mostrado na células K40 (nos dias úteis) e K41 (nos fins de semana).

Coluna Q – é o coeficiente de cultura (Kc), que é dado em função da fase do ciclo de desenvolvimento da cultura, determinado conforme metodologia da FAO (ver Albuquerque e Andrade, 2001).

Coluna R - apresenta a chuva efetiva, que é função da chuva total (coluna E) e do conteúdo de água no solo no dia

correspondente (em mm). No presente caso, significa toda a chuva infiltrada no solo e que reponha ao mesmo a sua umidade no máximo até a capacidade de campo (CC) no perfil de solo (Z) do dia observado. O que exceder além da CC é desprezado e o que ficar aquém é considerado. Aqui é levado em consideração que toda a chuva é infiltrada no solo.

Coluna S – é a profundidade efetiva do sistema radicular (Z), na data correspondente (em cm). Considera-se que ela cresce linearmente a partir da profundidade de semeadura até o final da fase 2 e depois se torna com valor constante até a profundidade máxima efetiva prevista (fases 3 e 4) (ver Albuquerque e Andrade, 2001).

Coluna T – é a reserva de água no solo do dia anterior (RASDA) na região do sistema radicular, excetuando-se o dia do plantio (em %). É a flutuação do fator de depleção (ρ) ou da reserva de água do solo no dia-a-dia. Deve-se ter em mente que valores menores que 10% (< 10%) devem ser evitados e, caso ocorram em dias simultâneos, isso significa que a cultura está sofrendo severo déficit hídrico, havendo a necessidade de tomar a decisão de irrigar com urgência.

Coluna U – é a fase do ciclo da cultura. O ciclo total é dividido em quatro fases distintas, em função do desenvolvimento da cultura para a demanda de água (ver Albuquerque e Andrade, 2001).

Outras planilhas na pasta de trabalho

Além da planilha “irrigação”, há mais duas na pasta de trabalho: “dados-pivô” e “dados-culturas”.

Em “dados-pivô”, os valores são preenchidos automaticamente em função dos dados inseridos nas células E40 (T100) e G40 (L100) da planilha “irrigação”. São mostrados a velocidade do pivô, a lâmina aplicada e o tempo gasto.

Em “dados-culturas”, alguns parâmetros das culturas componentes da planilha “irrigação” são apresentados, tais como: faixas de duração do ciclo e profundidade efetiva máxima mais comum para os grupos de culturas.

