

II CURSO DE ATUALIZAÇÃO PARA TÉCNICOS DO BANCO DO BRASIL

16 A 20 DE SETEMBRO DE 1996
PETROLINA - PE

The logo for Embrapa, featuring the word "Embrapa" in a bold, blue, sans-serif font. The letter "b" is stylized with a green leaf-like shape behind it. A thick blue horizontal line is positioned below the logo.

Embrapa

Semi-Árido

1.7
77a
96

-1997.00330

1996
EISL...

IRRIGAÇÃO DE HORTALIÇAS

IRRIGAÇÃO DE CULTURAS FRUTÍFERAS *FL 12148*

[Apostilas distribuídas].

1996

PC-1997.00330



37646-1

OK

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO - MA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA
CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO SEMI-ÁRIDO - CPATSA

Irrigação de Hortaliças¹

Clemente Ribeiro dos Santos²

¹Apostila distribuída aos participantes do CURSO DE ATUALIZAÇÃO PARA TÉCNICOS DO BANCO DO BRASIL, ministrado no período de 16 a 20 de setembro de 1996

²Engº. Agrº. M. Sc. Irrigação Pesquisador EMBRAPA/CPATSA

1. INTRODUÇÃO

O uso pouco racional da água de irrigação nos perímetros públicos e privados do Nordeste, tem provocado a formação de lençol freático que se aproxima da superfície do solo em lugares e épocas determinadas, criando condições impróprias ou desvantajosas para o desenvolvimento das culturas, limitando a sua produtividade e deteriorando a sua qualidade.

O excesso de água de irrigação tem seus aspectos negativos que se resumem, principalmente, na lavagem de nutrientes solúveis, altos custos de energia para recalque de água, além de dar origem a problemas de má drenagem e, conseqüentemente, de salinidade.

A necessidade de água pela planta está associada ao seu estágio de crescimento e às condições de clima. As plantas apresentam uma faixa de tolerância relativa ao conteúdo de umidade no solo. Deste modo, tanto a escassez como o excesso de água afetam negativamente a produtividade das culturas.

2. NÍVEIS CRÍTICOS DE UMIDADE NO SOLO

É muito importante estabelecer o nível crítico de umidade até o qual a redução do teor de água do solo não causa efeitos danosos sobre a produtividade agrícola. Tal informação depende do tipo de cultura e de uma série de parâmetros de clima e de solo, que deverão ser obtidos em trabalhos experimentais. A seguir: são apresentados os valores potenciais matriciais críticos (ψ_c) para as culturas objetos deste curso:

1. Cebola com ψ_c variando de -0,45 a -0,65 bar;
2. Melão/melancia, ψ_c variando de -0,30 a -0,80 bar;
3. Tomate industrial, ψ_c variando de -0,30 a -1,50 bar.

A tabela 1 mostra períodos críticos ao déficit de umidade do solo para algumas hortaliças.

3. MANEJO DE ÁGUA NO SOLO

O manejo de água em tomate, cebola, melão e melancia, como em outras hortaliças, está diretamente relacionado com o sistema de irrigação selecionado. Sob condições de irrigação por sulco e aspersão convencional, o nível de água disponível no solo deve ser mantido acima de 50%. Sob condição de irrigação localizada, o nível de disponibilidade de água no solo deve ser mantido entre 80 e 100%. (soares,1995).

Nas condições do trópico semi-árido (TSA), o tomate, a cebola, o melão e a melancia são cultivados com irrigação por sulco, por aspersão convencional móvel, por

gotejamento e por microaspersão, segundo Ramos & Mantovani (1994). São utilizados desde solos com 90% de areia, com as areias quartzosas, até os vertissolos e brunos não-cálcicos, com 70% de argila, englobando solos com profundidades que podem variar de 0,5 a 3,0 m ou mais (FAO, 1966).

Para os solos arenosos e areno-argilosos, são recomendados os sistemas de irrigação por microaspersão e aspersão convencional. Para os argilo-arenosos e argilosos, deve-se dar preferência a gotejamento e até mesmo irrigação por sulcos e por microbacias (Merriam et al., 1973).

Na região do São Francisco, são utilizados os mais diversos modelos de gotejamento e microaspersores, de fabricação nacional e importados, cujas características hidráulicas são bem definidas e distintas. Da mesma maneira, é grande a diversidade de modelos de aspersores que são utilizados nos lotes dos perímetros irrigados. No contexto da aspersão convencional, este aspecto é mais agravado, porque o irrigante usa, numa mesma lateral, muitas vezes, dois a três modelos de aspersores, com bocais diferentes, fornecendo, conseqüentemente, lâminas diferentes ao longo da linha ramal. Além do mais, há o problema de variação de pressão de lote a lote e até mesmo num só lote ao longo do dia. Daí a desuniformidade bastante elevada na distribuição de água, sob irrigação por aspersão (Garcia, 1987; Azevedo et al., 1986).

No caso de irrigação por sulco, o comprometimento gerado pela desuniformidade de distribuição de água ao longo do sulco é creditado ao manejo da irrigação, ao desenho do próprio método, às irregularidades das cargas hidráulicas nos canais parcelas e às variações dos comprimentos e diâmetros dos sifões utilizados para as derivações de água. Outro fator que exerce influência na baixa uniformidade de distribuição de água no sulco é a irregularidade da topografia, cuja sistematização do solo é alterada pelo uso intenso da mecanização, em rotação das culturas ano após ano (Ramos & Mantovani, 1994).

Ações combinadas dos fatores relacionados aos métodos de irrigação, tipos de solo, nível técnico dos irrigantes, podem resultar na obtenção de produtos com os mais variados padrões de produtividade e qualidade.

A necessidade de água das hortaliças, tais como tomate, cebola, melão e melancia, é função do desenvolvimento fenológico destas culturas, assim como do período do ano, principalmente em condições semi-áridas.

Tem-se verificado que na maioria das propriedades da região, a lâmina de água aplicada ao longo do ciclo fenológico dessas culturas é praticamente constante. Esse manejo de irrigação pode gerar condições de excesso ou deficiência de água no solo, em relação ao desenvolvimento da planta.

O uso eficiente de água de irrigação tem grande importância na obtenção de altas produtividades, na redução dos custos de produção e na conservação do solo, diminuindo

os riscos de erosão e lixiviação de nutrientes, e na manutenção do baixo nível do lençol freático (Soares, 1995).

A definição de uma estratégia de manejo da água pode basear-se na medida de qualquer um dos componentes solo-planta-atmosfera.

As estratégias buscadas na medida da evaporação de água, a partir de Tanque Classe A, podem ser usadas. Neste caso, há a necessidade de que seja definido pela pesquisa o coeficiente de cultivo apropriado e para as condições locais. Só assim poder-se-á estabelecer os valores de uso consuntivo para as diversas fases de desenvolvimento de tomate, cebola, melão e melancia.

Por outro lado, segundo Pinto & Silva (1994), quando o solo é tomado como fator de medida, outros esquemas de aferição podem ser utilizados para o manejo. Instrumentos como o tensiômetro, que medem a tensão com que a água é retida no solo, podem, perfeitamente, ser utilizados para estabelecer a estratégia de manejo da água para essas culturas.

No caso das culturas da cebola, do tomate, do melão e da melancia, tensões de 0,45 a 0,60 atm aferidas na camada de extração máxima de água no solo, podem servir como indicação do momento em que se deve irrigar. A leitura de dois ou mais tensiômetros instalados na zona de exploração do sistema radicular, pode, perfeitamente, indicar a quantidade de água a ser aplicada em determinada irrigação.

Na fase de desenvolvimento pleno do tomateiro e do meloeiro, por exemplo, a lâmina de irrigação deve ser calculada, quando se usa o método do Tanque Classe A, com base na evaporação diária para períodos semanais.

- Cálculo da evaporação média diária (E_v)

$$E_v = \frac{Ev_1 + Ev_2 + \dots + Ev_7}{7} \quad (\text{eq. 1})$$

em que:

E_v = Evaporação diária média (mm);

Ev_{1-7} = Evaporação diária (mm).

- Cálculo da lâmina de Irrigação (L_b)

$$L_b = \frac{K_p \times K_c \times E_v}{c_u} \quad (\text{eq. 2})$$

em que:

L_b = lâmina de irrigação (mm);

K_p = Fator do tanque igual a 0,75 ou usar a tabela conforme Tabela 5;

K_c = Coeficiente de cultura, para tomate, melão, melancia, cebola

c_u = coeficiente de uniformidade do sistema de irrigação (%), que deve ser determinado "in loco"

Em irrigação por microaspersão e por gotejamento, o volume de água a ser aplicado em cada unidade de rega depende da lâmina de irrigação e do número de plantas por subunidade de rega.

Desse modo:

$$V_{ap} = \frac{L_b \times E_p \times E_f}{D} \quad (\text{eq. 3})$$

em que:

V_{ap} = Volume de água aplicado por planta (l/planta x dia);

E_p = Espaçamento entre plantas (m);

E_f = Espaçamento entre fileiras de plantas (m);

D = Número de dias do intervalo de irrigação.

O tempo de irrigação para aplicar esta lâmina será:

$$T_i = \frac{V_{ap}}{N \times q_e} \quad (\text{eq. 4})$$

em que:

T_i = Tempo de irrigação por unidade de rega (horas);

N = número de emissores por planta;

q_e = vazão do emissor (l/h) este parâmetro deve ser obtido em testes de campo.

Quando o tempo de irrigação for superior a três horas, recomenda-se que seja fracionado em duas ou mais irrigações, a fim de evitar perdas excessivas de água por percolação profunda ou asfixia do sistema radicular.

Para os sistemas semi-automatizados de gotejamento ou microaspersão, em que o manejo da água é feito à base de volume, deve-se determinar o volume de água por unidade de rega, conforme Soares (1995):

$$V = 10 \times L_b \times A \quad (\text{eq.5})$$

em que:

V = Volume de água por unidade de rega (m^3);

A = área da unidade de rega (ha).

Em irrigação por aspersão, segundo Azevedo et al. (1986), no período de desenvolvimento pleno do tomate, da cebola, do melão e da melancia, a lâmina de irrigação deve ser calculada com base na evaporação acumulada do Tanque Classe A, para períodos semanais, conforme a equação 2.

Então, a lâmina de irrigação será:

$$L_b = \frac{K_p \times K_c \times E_v}{E_i} \quad (\text{eq. 6})$$

em que:

L_b = lâmina de irrigação (mm);

K_p = coeficiente de tanque (usar igual a 0,75 ou a Tabela 2);

K_c = coeficiente de culturas, indicado na Tabela 5;

E_v = Evaporação média diária do tanque (mm);

E_i = Eficiência do sistema de irrigação obtido em teste de campo(%).

Quando não se faz o controle de umidade do solo por qualquer dos métodos, deve-se considerar a disponibilidade de água no solo, em função das Tabelas 3 e 4, a fim de se determinar de reposição da próxima irrigação.

O tempo de irrigação será:

$$T_i = \frac{L_b}{I_a} \quad (\text{eq. 7})$$

em que:

T_i = Tempo de irrigação (horas);

I_a = intensidade de aplicação do aspersor, que deve ser medido em campo (mm/h).

Em irrigação por sulco, pode-se usar a equação 6 para calcular a lâmina de irrigação (L_b). O tempo de irrigação (T_i) será função dessas lâminas e do tempo de avanço da água no sulco (T_a) associado ao tempo de oportunidade de irrigação (T_o). O T_a e o T_o serão determinados diretamente em testes de campo.

Por outro lado, o uso de tensiômetros pode auxiliar no controle de irrigação, principalmente em projetos de irrigação por gotejamento e microaspersão automatizados. Adapta-se bem em solos onde a maior parte da água disponível está retida a tensões inferiores a -0,80 bar (Faria & Costa, 1987).

Cada tensiômetro deve possuir uma cuba de mercúrio individual, a 15 cm da superfície do solo (ver esquema na Figura 2). A partir das leituras realizadas nos tensiômetros, pode-se calcular o potencial matricial (ψ_m) de água no solo, pela fórmula:

$$\varphi_m = -12,6h_z + h_c + z \quad (\text{eq.8})$$

em que:

h_z = leitura da coluna de mercúrio, do manômetro conectado ao tensiômetro (cm de Hg);

h_c = altura do nível de mercúrio na cuba em relação à superfície do solo (cm);

z = profundidade de instalação do tensiômetro (cm).

Suponhamos que a leitura da coluna de mercúrio do manômetro conectado ao tensiômetro instalado à profundidade de 30 cm tenha acusado o valor de $h_z = 22$ cm de Hg.

Teremos então:

$$\varphi_m = -12,6h_z + h_c + z$$

em que:

$h_c = 15$ cm e $z = 30$ cm;

$$\varphi_m = (-12,6 \times 22) + 15 + 30$$

$$\varphi_m = 232,2 \text{ cm de Hg} = 3,09 \text{ bar}$$

Na respectiva curva de retenção de umidade do solo, o valor $\varphi_m = 3,09$ bar equivale a um valor de θ igual a, aproximadamente, $0,065 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ (Figura 3).

A lâmina de água disponível indica a quantidade máxima de água que o solo pode armazenar. A reserva de água no solo indica a quantidade mínima de água que o solo deve conter a fim de garantir a sobrevivência das plantas.

A equação de armazenamento de água para o referido solo é definida por:

$$A_z = \theta \times d_a \times z \quad (\text{eq.9})$$

em que:

A_z = armazenamento de água no perfil (cm);

θ = conteúdo de água (cm^3 , cm^{-3});

z = profundidade do perfil, (cm);

d_a = densidade aparente (g/cm^3), de camada.

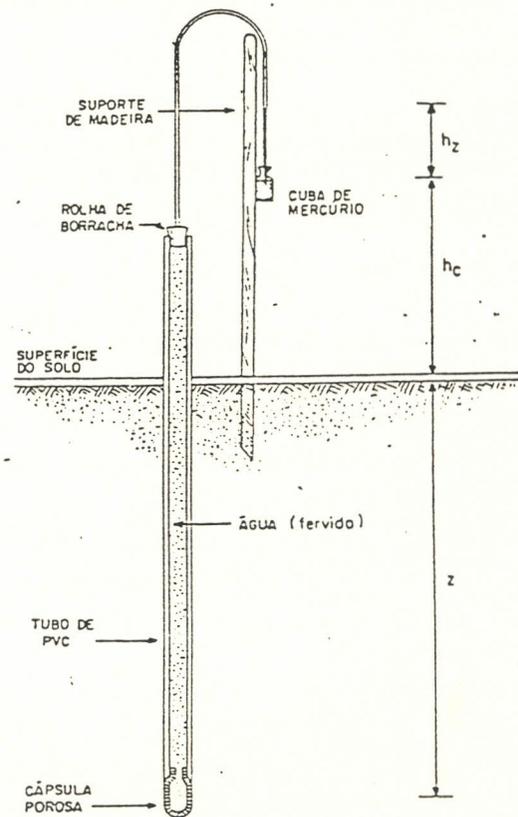
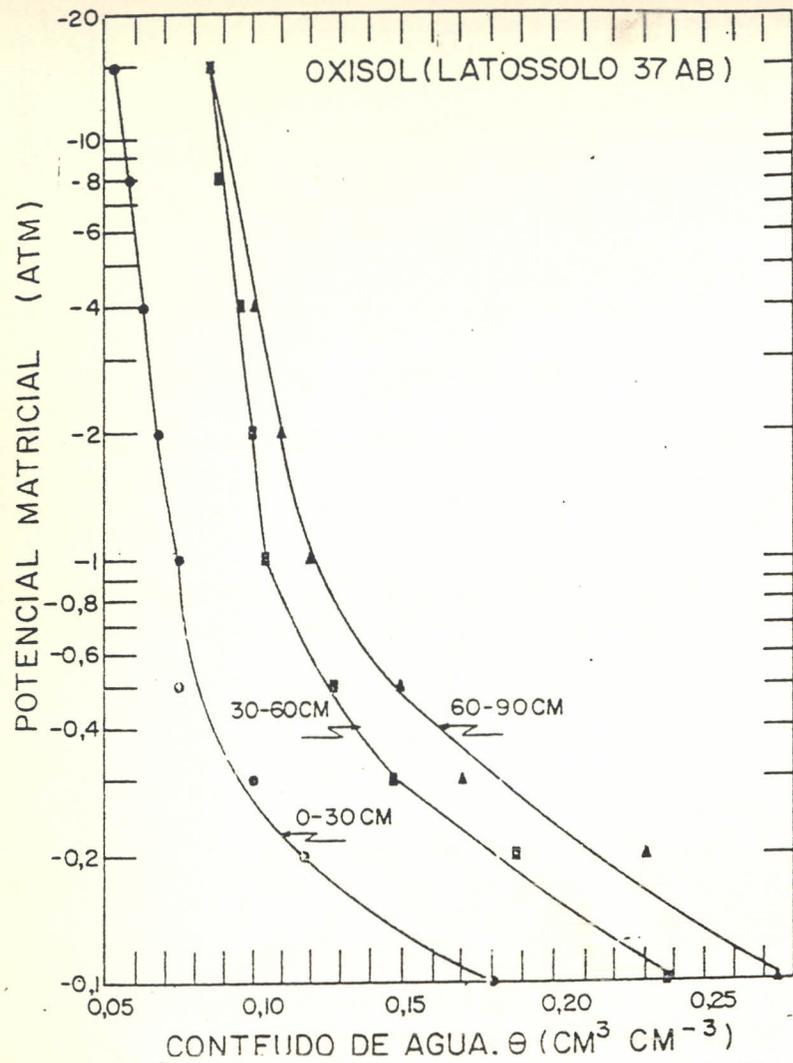


FIGURA 4 - Corte longitudinal de um tensiômetro instalado no solo. h_z = altura da coluna de mercúrio; h_c = distância do nível de mercúrio na cuba à superfície do solo e z = profundidade de instalação.

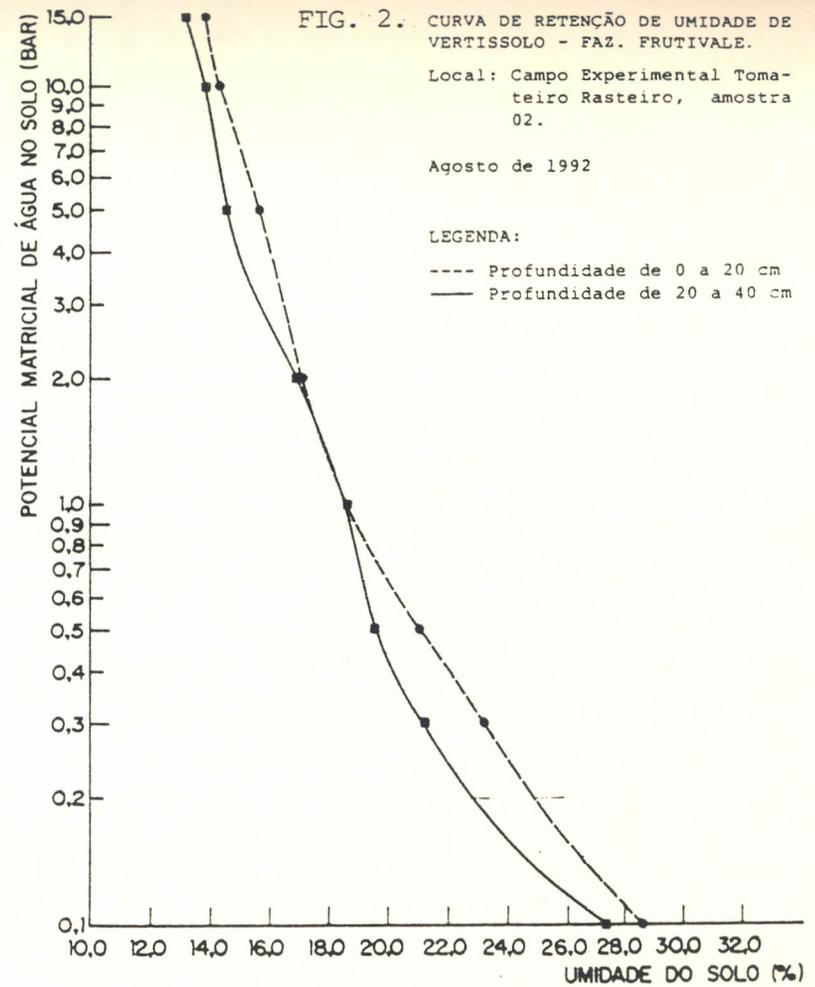
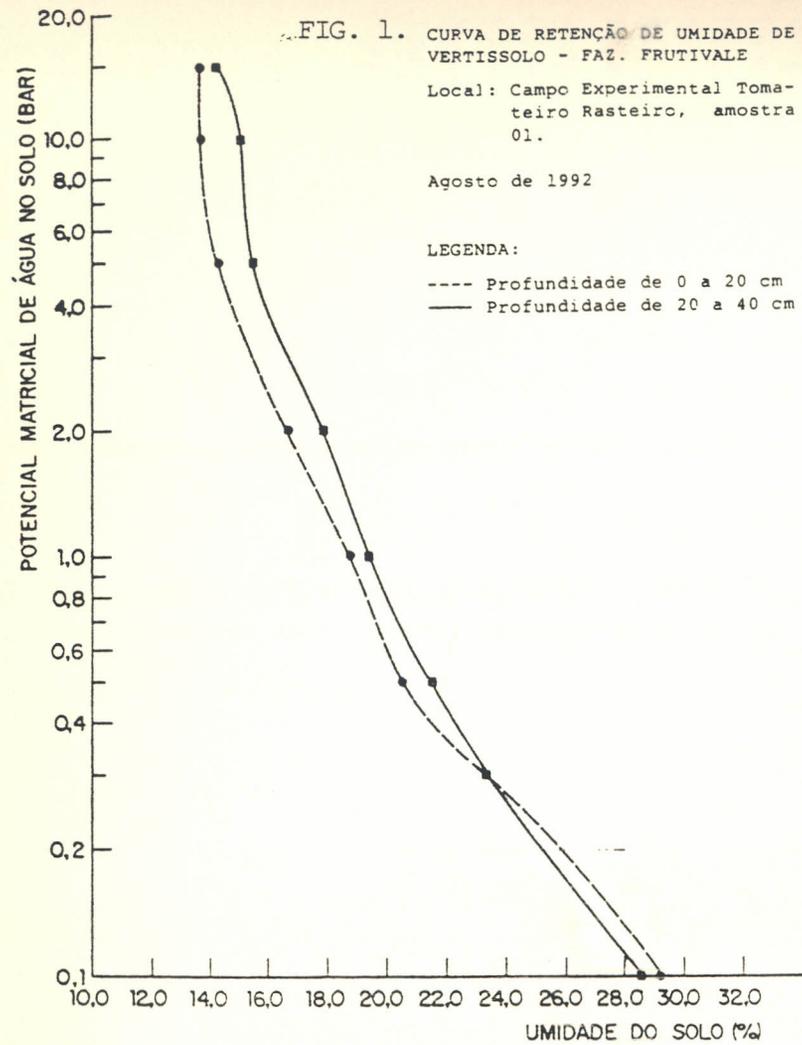


Tabela 1. Períodos críticos ao déficit de umidade do solo, para algumas hortaliças.

Hortaliças	Períodos críticos
Alface	Particularmente antes da colheita
Batata	Floração e tuberização
Beterraba	Durante os primeiros 60 dias
Brócolo	Formação da inflorescência
Cebola	Desenvolvimento do bulbo
Cenoura	Especialmente durante os primeiros 40 dias
Couve-flor	Formação da inflorescência
Ervilha	Floração e enchimento de vagens
Lentilha	Floração e enchimento de vagens
Melancia	Florescimento até a colheita
Melão	Florescimento e formação de grãos
Morango	Desenvolvimento do fruto à maturação
Nabo	Desenvolvimento das raízes até a colheita
Pepino	Florescimento até a colheita
Pimentão	Formação e desenvolvimento de frutos
Rabanete	Desenvolvimento das raízes
Repolho	Formação e desenvolvimento da cabeça
Tomate	Formação e desenvolvimento de frutos

Fonte: Adaptado de Doorenbos & Pruitt (1977).

Tabela 2. Valores do coeficiente de conservação do Tanque Classe A (K_p) para estimativas da evapotranspiração de referência (ET_o).

UR% (média)	Exposição A				Exposição B			
	Tanque circundado por grama			Tanque circundado por solo nu				
	Baixa <40%	Média 40-70%	Alta >70%	Baixa <40%	Média 40-70%	Alta >70%		
Vento (Km/dia)	Posição do tanque R(m)*			Posição do tanque R(m)*				
Livre <175	0	0,55	0,65	0,75	0	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70
Moderado 175-425	0	0,50	0,60	0,65	0	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
Forte 425-700	0	0,45	0,50	0,60	0	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,75
	100	0,60	0,65	0,75	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
Muito forte >700	0	0,40	0,45	0,50	0	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45

Fonte: Tuler et al. (1983).

Obs.: Para extensas áreas de solo nu reduzir os valores de K_p em 20% em condições de alta temperatura e vento forte, e de 10 a 5% em condições de temperatura, vento e umidade moderados.

*Por R(m) entende-se a menor distância (expressa em metros) do centro do tanque ao limite da bordadura (grama ou solo nu).

Tabela 3. Grupos de culturas de acordo com a fração de água disponível a consumir.

Grupo	Culturas
1	Cebola, pimenta, batata
2	Banana, couve, uva, ervilha, tomate
3	Alfafa, feijão, citrus, amendoim, abacaxi, girassol
4	Beterraba açucareira, cana-de-açúcar, tabaco

Fonte: Tuler et al. (1983)

Tabela 4. Fração da água disponível a consumir (p) para os grupos de culturas e evapotranspiração máxima (ETm).

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

Fonte: Tuler et al. (1983)

Tabela 5. Coeficiente de cultura (K_c) em diferentes estádios de desenvolvimento, em função da umidade relativa e velocidade do vento, para diversas hortaliças.

Hortaliças	Estádios de Desenvolvimento			
	I	II	III	IV
Abóbora	0,40 - 0,50*	0,65 - 0,75*	0,90 - 1,00	0,70 - 0,80
Aipo	0,30 - 0,50*	0,70 - 0,85*	1,00 - 1,15	0,90 - 1,05
Alcachofra	0,30 - 0,50*	0,65 - 0,75*	0,95 - 1,05	0,90 - 1,00
Alface	0,40 - 0,50*	0,70 - 0,80*	0,95 - 1,05	0,90 - 1,00
Batata	0,40 - 0,50	0,70 - 0,80	1,05 - 1,20	0,70 - 0,75
Berinjela	0,30 - 0,50*	0,70 - 0,80*	0,95 - 1,10	0,80 - 0,90
Beterraba	0,40 - 0,50	0,75 - 0,85	1,05 - 1,20	0,60 - 0,70
Brássica**	0,40 - 0,50*	0,70 - 0,80*	0,95 - 1,10	0,80 - 0,95
Cebola	0,40 - 0,60	0,70 - 0,80	0,95 - 1,10	0,75 - 0,85
Cenoura	0,30 - 0,50*	0,70 - 0,85*	1,00 - 1,15	0,70 - 0,85
Ervilha	0,40 - 0,50	0,70 - 0,85	1,05 - 1,20	0,25 - 0,30
Ervilha-verde	0,40 - 0,50	0,70 - 0,85	1,05 - 1,20	0,95 - 1,10
Espinafre	0,40 - 0,50*	0,70 - 0,80*	0,95 - 1,05	0,90 - 1,00
Lentilha	0,40 - 0,50*	0,75 - 0,85*	1,05 - 1,15	0,25 - 0,30
Melancia	0,40 - 0,50	0,70 - 0,80	0,95 - 1,05	0,65 - 0,75
Melão	0,40 - 0,50*	0,70 - 0,80*	0,95 - 1,05	0,65 - 0,75
Milho-doce	0,30 - 0,50	0,70 - 0,90	1,05 - 1,20	0,95 - 1,10
Pepino	0,40 - 0,50*	0,65 - 0,75*	0,90 - 1,00	0,70 - 0,80
Pimentão	0,30 - 0,40	0,60 - 0,65	0,95 - 1,10	0,80 - 0,90
Rabanete	0,30 - 0,40*	0,55 - 0,65*	0,80 - 0,90	0,75 - 0,85
Repolho	0,40 - 0,50	0,70 - 0,80	0,95 - 1,10	0,80 - 0,95
Tomate	0,40 - 0,50	0,70 - 0,80	1,05 - 1,25	0,60 - 0,65
Vagem	0,30 - 0,40	0,65 - 0,75	0,95 - 1,05	0,85 - 0,90

Primeiro número: sob alta umidade ($UR_{min} > 70\%$) e vento fraco ($V < 5m/s$)

Segundo número: sob baixa umidade ($UR_{min} < 20\%$) e vento forte ($V > 5m/s$)

*Valores adaptados pelos autores.

**Brócolo, couve-flor, couve-bruxelas etc.

Fonte: Adaptação de Doorenbos & Pruitt (1977) e Doorenbos e Kassan (1979)

Normalmente, o número de tensiômetros por bactéria varia em função da profundidade das raízes da planta e do número de irrigações. Em plantas com sistema radicular de até 40cm, como é o caso de cebola, melão, melancia e tomate industrial, geralmente instala-se apenas um tensiômetro mais ou menos na metade da profundidade efetiva das raízes. Para aspersão convencional ou em sistema fixo uma bateria de tensiômetro a duas profundidades é o suficiente. A leitura do primeiro tensiômetro indica a hora certa de começar a irrigação. O segundo tensiômetro funcionará como indicador das condições de água perdida por percolação no perfil do solo.

A título de sugestão, apresentamos a Tabela 6 com algumas indicações sobre o uso do tensiômetro e a hora de irrigar.

Tabela 6. Indicações da utilidade do tensiômetro.

Cultura	Profundidade raízes	Período crítico	No. tensiômetro p/localobs.	Prof. de inst. tensiôm. 1, tensiôm. 2	Momento de irrigar periodo crítico (cm hg)
Cebola	25 a 30	desenvolvimento de bulbo	1	30	40
Melão	25 a 28	Floração à colheita	1	15	25
Melancia	35 a 40	Floração à colheita	2	15 e 30	30
Tomate	35 a 40	Florescimento à formação de frutinhas	2	15 e 30	25

Fonte: Faria & Costa (1987).

Evidentemente, o momento de irrigar é função de outros parâmetros relacionados na equação 3, que variam de local para local de instalação e até da maneira como é instalado o tensiômetro.

Deve haver um cuidado na instalação do aparelho, pois para que um tensiômetro funcione bem, a cápsula tem que ficar em contato direto com o solo que a envolve. Tem que haver continuidade solo-cápsula.

4. REQUERIMENTO DE ÁGUA PELAS PLANTAS E CONTROLE DE IRRIGAÇÃO

Cebola (*Allium cepa*) - Em geral, 100% de absorção de água ocorrem nos primeiros 25 a 30 cm de profundidade (Oxissolos e Vertissolos). Sob condições de uma evapotranspiração de 5 a 6 mm/dia, a taxa absorção de água começa a reduzir quando cerca de 25 por cento de água disponível no solo têm se esgotado. Irrigação excessiva, algumas vezes, causa disseminação de doenças, tais como míldio e podridão branca. Aos quinze a vinte e cinco dias antes da colheita, deve-se suspender as irrigações.

Na região do Submédio São Francisco, predomina o método de irrigação por sulcos.

Melão (*C. melo*) e **Melancia** (*C. vulgaris*) - Nas condições do Submédio São Francisco, o melão é preferencialmente irrigado por sulcos, apesar de já comprovados a eficiência e aumento de produtividade quando se usa gotejamento. Segundo Araújo & Simões (1971), citados por Millar (1984), o rendimento relativo do melão decresce de 100% para 95% quando o potencial de água no solo passa de - 0,2 bar para - 2,0 bar.

O nível de água no solo a 0,7 bar e com um emissor para quatro plantas, apresentou melhores resultados em termos de produtividade e de qualidade do fruto.

A necessidade de água na cultura da melancia depende do estadio de desenvolvimento da planta e, deste modo, o ciclo vegetativo é dividido em quatro etapas:

1. Da sementeira até o início do desenvolvimento das ramificações laterais;
2. Do início das ramificações até a frutificação;
3. De frutificação até o início da maturação, e
4. Do início da maturação até a colheita.

Neste 4o. período, a exigência de água ou de umidade é insignificante, servindo unicamente para que a planta continue vegetando até a colheita. Um excesso de água neste caso é prejudicial, porque:

a) Não podendo mais dilatar-se a casca, o excesso de água que se acumula na polpa causa o fendilhamento do fruto;

b) Torna os frutos insípidos (aguados);

c) Favorece novo brotamento dos ramos, em detrimento da qualidade dos frutos, os quais sofrem transformações na percentagem de açúcares e no enriquecimento da polpa.

Indistintamente, a melancia em nossa região é irrigada por sulcos de infiltração e por aspersão, inclusive com o uso de pivô central.

Tomate - As necessidades de água da cultura variam de acordo com a idade das plantas, sendo que o período de maior exigência hídrica é aquele que vai do início da floração à maturação dos primeiros frutos. Coincidentemente, este é o período crítico do tomate industrial em relação a água. A redução do rendimento dos frutos em mais de 50% pode ocorrer devido a déficits de água neste estágio de desenvolvimento das plantas (Marquelli et al., 1994).

No sistema de semeadura direta, é necessário manter a superfície do solo sempre umedecida, para evitar a formação de crostas que dificultam a emergência das plântulas, principalmente em ocasiões de temperaturas altas e de ventos fortes (Silva et al, 1994).

5. SISTEMA RADICULAR

A distribuição de raízes de fruteiras irrigadas depende da natureza do solo, do método de irrigação, do manejo da água, da lâmina de água aplicada por irrigação, do potencial matricial de água do solo e do lençol freático, segundo Richards (1983).

Para a cebola e a melancia, há necessidade de se realizar pesquisas, objetivando estudar a distribuição do sistema radicular segundo as condições ambientais e de manejo do sistema água-planta.

Recomenda-se, para qualquer método de irrigação, fazer o monitoramento do lençol freático através da instalação de poços de observação, em malhas quadradas de 100m x 100m ou de 100m x 200m. As leituras dos poços de observação devem ser feitas, no mínimo, quinzenalmente (Soares, 1995).

6. LITERATURA CITADA

- AZEVEDO, J.A. de, SILVA, E.M. da; RESENDE, M. & GUERRA, A.F. Aspectos sobre Manejo da Irrigação por Aspersão do Cerrado. EMBRAPA-CPAC, Planaltina-DF, 1986, p.52.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Yield response to water. Rome. FAO, 1979, 193p. il. (FAO, Irrigation and Drainage. Paper, 33).
- DOORENBOS, J. & PRUITT, W.O. Crop water requirements. Rome. FAO, 144p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper 24, 1977).
- FAO (Roma, Itália). Survey of the São Francisco Ruse Basin. Brazil, General Report, Roma, 1966, v.1. il. (FAO/UNDP/SF-22/BRA).

- FARIA, R.T. de & COSTA, A.C.S. da; TENSÍOMETRO: Construção, Instalação e Utilização. IAPAR, Londrina-PR, 1987. p.22.
- GARCIA, J.L. Riego por Aspersão, Espanha, 1987, p.168.
- HERNANDEZ-ABREU, J.M.; RODRIGO-LOPEZ, J. El riego por goteo. Madrid: Ministério da Agricultura. 1977, 32p. il. (Espanha). Ministério da Agricultura. Hojas divulgadoras. 11-12/77 HD.
- MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L. de C. & SILVA, H.R. da. Manejo de irrigação em hortaliças. EMBRAPA-SPI, Brasília-DF, 1994, p.60.
- MERRIAN, J.L.; KELLER, J.; ALFREDO, J. Irrigation system evaluation and improvement. Logan, Utah State University, 1973, 1972p.
- MILLAR, A.A. Manejo Racional da Irrigação: uso de informações básicas sobre diferentes culturas, Brasília-DF, 1984.
- PINTO, A.C. de Q. & SILVA, E.M. da. Graviola para exportação: aspectos técnicos da produção. EMBRAPA-SPI, Brasília, 1994, 172p.
- RAMOS, M.M. & MANTOVANI, E.C. Sistemas de irrigação e seus componentes. In: Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. EMBRAPA-SPI, Brasília-DF, 1994, p.41-84.
- RICHARDS, D. The grape root system. HORTICULTURAL REVIEWS, V. 5, p.127-168, 1983.
- SILVA, J.B.C. da; GIORDANO, L. de B.; BOITEUX, L.B.; LOPES, C.A.; FRANÇA, F.H.; SANTOS, J.R.M. dos; FURUMOTO, O.; FONTES, R.R.; MARQUELLI, W.A.; NASCIMENTO, W.M.; SILVA, W.L.C. e PEREIRA, W. Cultivo do tomate para industrialização. EMBRAPA-CNPH. Brasília-DF, 1994. p.35.
- SOARES, J.M. Irrigação de culturas frutíferas. EMBRAPA-CPATSA, 1995. p.28 (mimeografado).
- TULER, V.V.; NASCIF, A.E.; SOUZA, D. & AZEVEDO, H.J. de. Controle da irrigação pelo Tanque Classe A. MIC-IAA/PLANALSUCAR, Piracicaba, SP, 1983, p.11.

IRRIGAÇÃO DE CULTURAS FRUTÍFERAS

José Monteiro Soares¹

Todas as partes da planta e todos os produtos extraídos dela têm sua origem nos açúcares produzidos dentro da folha, pelo processo da fotossíntese. No processo da fotossíntese, ela usa a energia solar para produzir açúcares a partir CO₂ absorvido do ar atmosférico e água extraída do solo. Estes açúcares formados na folhagem da planta, denominado de carboidratos, são utilizados pela planta no seu crescimento vegetativo, no crescimento do seu sistema radicular e para a produção de frutos.

Assim, a água é de uma importância considerável no processo de fotossíntese não somente como o maior constituinte da reação, mas também no controle da abertura estomática e no murchamento da folha. Mas este comportamento pode variar de uma espécie de plantas para outra.

De um modo geral, se a demanda evaporativa causa uma transpiração excessiva, um estresse de umidade se desenvolve dentro da folhagem. Segundo Kliewer (1981), na cultura da videira, se o estresse hídrico exceder -13 atm, os estômatos fecham-se e a fotossíntese pára. Se a disponibilidade de água no solo for suficiente, o potencial hídrico da folha geralmente é reestabelecido, particularmente à noite. Se a disponibilidade de água no solo permanece inadequada, a videira geralmente murcha. Nessa condição, a função estomática fica temporariamente prejudicada, porque o estômato não tem força para reabrir-se. Para o reestabelecimento completo da função estomática e da fotossíntese, decorre aproximadamente uma semana. Kliewer (1981) menciona que a demora no reestabelecimento total da fotossíntese, está correlacionada com o ácido abscísico, um hormônio inibidor que ocorre naturalmente na planta, e que o fechamento estomático proporciona uma acumulação massiva deste hormônio na folha, prolongando o efeito do estresse hídrico na função estomática e, conseqüentemente, condicionando um reestabelecimento lento da fotossíntese.

No solo, a água afeta o crescimento do sistema radicular no que diz respeito à direção do crescimento, ao grau de extensão lateral, às ramificações, à profundidade de penetração e à relação entre a massa foliar e o sistema radicular. À medida que se reduz a disponibilidade de água, diminui o crescimento do sistema radicular e da parte aérea, sendo que as raízes são menos afetadas que as

¹ Engo. Agro. M.Sc. em Irrigação e Drenagem; EMBRAPA-CPATSA; Caixa Postal 23, 56300-000 Petrolina, PE. E-mail:monteiro @ cpatsa.embrapa.br

brotações. Mas, por outro lado, o excesso de água no solo, condicionado pela presença de lençol freático elevado, também pode modificar a arquitetura do sistema radicular.

O conhecimento do desenvolvimento, da distribuição e das atividades de absorção das raízes das plantas pode subsidiar o dimensionamento e a operacionalização de sistemas de irrigação (Hansen et al, 1979), melhor orientar o manejo de água e a localização de fertilizantes (Tinker, 1981) e propiciar uma adequada seleção de solos para o estabelecimento de novos cultivos.

Nas regiões áridas e semi-áridas do Nordeste brasileiro, a importância da água para a planta é ainda maior, uma vez que as precipitações pluviométricas são escassas e concentradas num curto período de tempo, três a quatro meses por ano, com intensidade e frequência bastante variadas.

Mas por outro lado, as condições de aridez dessa região associada a outros fatores climáticos e edáficos, vem proporcionando um crescimento bastante significativo da produção de alimentos, através do fornecimento de água às culturas pela prática da irrigação. Nas áreas onde a agricultura irrigada é implementada, tem-se constatado também, além dos empregos diretos, a geração de uma série de categorias de empregos indiretos. Dentre os produtos agrícolas gerados por esta atividade, podem-se destacar a produção de frutas, tais como: manga, uva, banana, goiaba, melão, melancia, coco verde, dentre outras.

2. PRINCIPAIS ASPECTOS DO PLANEJAMENTO DA IRRIGAÇÃO

O planejamento da irrigação de uma propriedade compreende uma série de etapas importantes, tomando por base os estudos básicos da propriedade, o plano de exploração agrícola e outras informações no que diz respeito a infra-estrutura disponível na propriedade.

O planejamento de um projeto de irrigação deve ser feito, de modo que possibilitem a obtenção de produções rentáveis, produtos com qualidade que atenda às exigências dos mercados consumidores, conserve a capacidade produtiva dos solos e condicione uma operacionalização adequada do sistema de irrigação.

2.1. ESTUDOS BÁSICOS DA PROPRIEDADE

Tem a finalidade de fornecer ao projetista, os dados mais representativos possíveis das características físico-químicas dos recursos de solo e água, das características climáticas e mercadológicas, do nível de tecnologia a ser adotado

nos cultivos, para que o planejamento não seja feito em base a dados fictícios, o que poderá resultar num projeto mal concebido.

Geralmente, estes estudos são requeridos para propriedades com área a partir de 10 ha, devendo o projetista visitar a área antes da realização desses estudos, no sentido de discutir o detalhamento da execução dos trabalhos de campo. Pois, um projeto mal concebido poderá trazer sérios problemas para a operacionalização do mesmo, podendo até mesmo inviabilizá-lo num futuro bem próximo. As correções de projetos mal concebidos, poderão ser feitas parcial ou até mesmo na sua totalidade, mas que os custos adicionais poderão ser superiores aos custos necessários para a elaboração de um projeto bem delineado.

Essas exigências decorrem dos elevados investimentos, que geralmente são feitos para a implantação de projetos de irrigação,

Dentre os fatores a serem considerados, podem-se destacar os seguintes:

2.1.1. Recursos hídricos

A água poderá ser proveniente de várias fontes, podendo ser rios perenes e temporários; poços amazonas, artesianos e semi-artesianos; pequenas, médias e grandes represas e lagoas; ou, rede de distribuição (canal ou tubulação) de sistemas públicos. Deve-se salientar, que a qualidade da água, a necessidade de armazenamento e o montante dos investimentos, dependerá em parte, do tipo de fonte de água.

A vazão ou o volume de água disponível para irrigação também é de fundamental importância para a elaboração de projetos de irrigação, cujas informações são características de cada tipo de fonte de água, como especificadas a seguir:

Em casos de cursos de água, como rios e riachos, deve-se informar ou mesmo determinar as vazões mínimas disponíveis, no período mais seco do ano, considerando, se essas fontes são de uso comunitário ou não.

Para o caso de poços, determinar a vazão disponível no período de maior escassez hídrica, quando o nível dinâmico atinge o valor mais baixo. Deve-se informar também o diâmetro do poço e os níveis estático e dinâmico da água no poço. Para o caso de poços artesianos e semi-artesianos, recomenda-se anexar aos estudos, as suas respectivas fichas técnicas.

Para açudes e barragens, faz-se necessário o cálculo do volume anual de água disponível para irrigação. Deve-se ressaltar, que para a obtenção deste volume, tem-se que levar em consideração as perdas por evaporação e por infiltração e os volumes requeridos para o consumo humano e animal. Em caso de propriedades localizadas a jusante destes tipos de fontes de água, mas que depende apenas da vazão liberada por essas fontes, além do volume disponível, informar também a vazão no período de maior escassez hídrica e se é destinada para uso comunitário ou não.

Em caso de rede hidráulica comunitária, deve-se informar se a condução da água é feita através de canais ou tubulação pressurizada, bem como a vazão disponível por hectare no ponto de tomada de água, número de horas de funcionamento por dia, número de dias por semana e a pressão disponível no caso da existência de hidrantes.

As fontes de água sem limitações de vazão ou volume podem condicionar o dimensionamento de sistemas de irrigação com tempo de funcionamento ininterrupto, de pelo menos 20h por dia, dependendo do método de irrigação e do nível de automatização escolhidos. Mas, quando as fontes apresentam restrições de vazão ou quando a distribuição de água obedece a um calendário ou demanda controlada, os sistemas de irrigação devem ser projetados para funcionar o maior número de horas possíveis por dia, visando a redução dos custos de investimentos e de operação. Em alguns casos, deve-se analisar a possibilidade da construção de reservatórios em pontos estratégicos da propriedade, no sentido de minimizar esses custos.

O potencial hídrico ao longo do ano, também deve ser levado em consideração, no sentido de determinar o tamanho da área a ser irrigada. A distância, a localização e a situação topográfica em relação a área a ser irrigada, também tem influência marcante para o planejamento da irrigação.

Um outro fator de extrema importância para a escolha do sistema de irrigação é a análise qualitativa da água, uma vez que o uso de águas inaptas poderá trazer graves problemas físicos e químicos para os solos, toxicidades às plantas, incrustações no sistema de bombeamento e de condução de água, obstrução dos emissores de água, e maiores exigências à manutenção do sistema de irrigação, fatores estes que se refletem na qualidade e na rentabilidade dos cultivos.

Segundo Ayres & Westcot (1991), a análise qualitativa da água de irrigação compreende, principalmente, as características físicas e químicas. As características físicas referem-se aos sólidos orgânicos e inorgânicos em suspensão na água. Dentre os sólidos orgânicos podem-se destacar a matéria orgânica e as plantas aquáticas, enquanto que os inorgânicos destacam-se as partículas de solo, tais como areia, silte e argila.

O fornecimento destas informações é de extrema importância para a escolha de estruturas de separação e de filtragem de água, dependendo do método de irrigação a ser utilizado.

As características químicas referem-se a potencialidade que a água tem de apresentar problemas para as propriedades físico-químicas dos solos e para a produção das culturas, bem como no desempenho de sistemas de irrigação. A Tabela 1 apresenta os principais parâmetros com suas respectivas unidades e níveis de tolerância para irrigação.

Tabela 1. Parâmetros químicos necessários para a análise da água de irrigação e seus respectivos níveis de tolerância.

Parâmetros	Símbolo	Unidade	Níveis normais
Salinidade			
Condutividade elétrica	CE	ds/m	0 - 3
Sais dissolvidos totais	SDT	mg/l	0 - 2.000
Cátions e anions			
Cálcio	Ca ⁺⁺	meq/l	0 - 20
Magnésio	Mg ⁺⁺	meq/l	0 - 5
Sódio	Na ⁺	meq/l	0 - 40
Carbonatos	CO ₃ ⁻⁻	meq/l	0 - 0,1
Bicarbonatos	CHO ₃ ⁻	meq/l	0 - 10
Cloretos	Cl ⁻	meq/l	0 - 30
Sulfatos	SO ₄ ⁻⁻	meq/l	0 - 20
Nutrientes			
Nitrato-nitrogênio	NO ₃ ⁻ -- N	mg/l	0 - 10
Amônio-nitrogênio	NH ₄ ⁺ -- N	mg/l	0 - 5
Fosfato-fósforo	PO ₄ ⁻⁻⁻ -- PO	mg/l	0 - 2
Potássio	K ⁺	mg/l	0 - 2
Oligoelementos e outros			
Ferro	Fe ⁺⁺⁺	mg/l	0 - 5
Manganês	Mn ⁺⁺	mg/l	0 - 0,2
Boro	B ⁺	mg/l	0 - 2
Acidez ou alcalinidade	pH	---	6 - 8,5
Relação de adsorção de sódio	RAS	(mmol/l) ^{1/2}	0 - 15

Fonte: Ayres & Westcot (1991).

As características biológicas da água também devem ser levadas em consideração, fornecendo-se informações sobre a presença ou não de algas e ovos e larvas de organismos aquáticos.

As análises de água devem ser feitas duas vezes por ano, sendo uma no período chuvoso e outra no período seco, no sentido de fornecer subsídios para ajustes na operacionalização dos sistemas de irrigação.

2.1.2. Levantamento Planialtimétrico

Consiste no estudo e representação do relevo da área, incluindo os limites do polígono da área considerada, localização de obras civis, cercas, rede elétrica,

fontes de água e drenos naturais mesmo que estejam fora da área considerada, estradas, culturas existentes (espaçamento entre fileiras), bem como qualquer acidente topográfico ou outras singularidades que possam vir afetar a lay-out do projeto.

A Tabela 2 mostra algumas sugestões de escalas, tamanho de quadriculas e distância entre curvas de nível em função do relevo para estudos de levantamento planialtimétrico e apresentação de mapas.

Tabela 2. Escalas, tamanho de quadriculas e distância entre curvas de nível para estudos de levantamentos plani-altimétrico e apresentação de mapas em função do relevo.

Relevo toográfico	Escala	Tamanho da quadricula (m)	Distância entre curvas de nível (m)
Muito acidentado	1:500	25 x 25	1,0 x 1,0
Suave a ondulado	1:1.000	50 x 25	1,0 x 1,0
Plano	1:1.000	100 x 50 ou 100 x 25	0,5 x 0,5

2.1.3. Levantamento pedológico detalhado

Consiste no estudo das características pedológicas do solo com a finalidade de mapear os solos da área considerada e selecionar as terras irrigáveis. Este estudo deverá compreender também o traçado dos limites das manchas de solo, a classificação física dos solos (granulometria, retenção e infiltração de água, profundidade e densidades), a classificação química dos solos com as respectivas recomendações de adubação e correção, bem como estudos de aptidão dos solos para diferentes sistemas de manejo, incluindo as técnicas de conservação mais adequadas para cada condição específica.

O mapeamento detalhado do solo deverá ser feito numa quadricula máxima de 100m x 100m, com tradagens manuais até a profundidade de 2,50m enquanto que a abertura de perfis deverá ser feita em apenas dois pontos por unidade de mapeamento, até a profundidade de até 2,50m.

O levantamento pedológico detalhado deverá compreender a apresentação dos seguintes documentos:

- a) Mapa das tradagens;
- b) Mapa de solo;
- c) Mapas de classes de terras para irrigação;
- d) Relatórios descritivos compreendendo uma descrição geral da área, metodologia, descrição dos solos, classes de terras para irrigação, recomendações quanto ao uso dos métodos de irrigação e conclusões;

e) Devem-se anexar ainda as fichas descritivas das tradagens e perfis, bem como outras informações que se considerem necessárias.

O levantamento pedológico detalhado é de extrema importância para localização das culturas que se pretendem implantar na propriedade, para definição do lay-out dos sistemas de irrigação e de drenagem e para localização das estradas, assim como para a construção de obras civis. As formas e as dimensões das manchas de solo são extremamente importantes para a definição das dimensões e da localização das subunidades de rega para sistemas de irrigação localizada. A localização de subunidades de rega e de unidades operacionais compreendendo manchas de solos distintas, poderá trazer sérios transtornos para o manejo de água e de nutrientes para uma cultura específica, mesmo que esta se encontre com a mesma fase fenológica.

2.1.4. Estudo climático

O estudo detalhado dos elementos climáticos, tais como precipitação, umidade relativa do ar, temperatura do ar, velocidade e direção do vento e evaporação do tanque classe A, são extremamente importantes para o cálculo da evapotranspiração de referência do local considerado.

Por ocasião da elaboração de projetos de irrigação para culturas frutícolas, particularmente para regiões semi-áridas, sugere-se que a necessidade de irrigação para efeito de dimensionamento de projetos, seja calculada de acordo com uma das metodologias indicadas a seguir:

a) Cálculo da evapotranspiração de referência, pela fórmula de Hargreaves (1974)

$$E_{to} = FET (32 + 1,8 T) \times 0,158 \times (100 - UR)^{1/2}$$

em que:

E_{to} = Evapotranspiração de referência (mm/mês);

FET = Fator de evapotranspiração (mm/mês), obtido a partir da latitude do local do projeto (Tabela 3);

T = temperatura média mensal (°C);

UR = Umidade relativa média do ar (%).

Tabela 3. Fator de evapotranspiração em mm/mês (FET)

Latitude Sul	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
01	2,29	2,12	2,35	2,20	2,14	1,99	2,09	2,22	2,26	2,36	2,23	2,27
02	2,32	2,14	2,36	2,18	2,11	1,96	2,06	1,19	2,25	2,57	2,26	2,30
03	2,35	2,15	2,36	2,17	2,08	1,92	2,03	2,17	2,25	2,39	2,29	2,34
04	2,39	2,17	2,36	2,15	2,05	1,89	1,99	2,15	2,34	2,40	2,32	2,37
05	2,42	2,19	2,36	2,13	2,02	1,85	1,96	2,13	2,23	2,41	2,34	2,41
06	2,45	2,21	2,36	2,12	1,99	1,82	1,93	2,10	2,23	2,47	2,37	2,40
07	2,48	2,22	2,36	2,10	1,96	1,78	1,89	2,02	2,22	2,43	2,40	2,40
08	2,51	2,24	2,36	2,08	1,93	1,75	1,86	2,05	2,21	2,44	2,42	2,51
09	2,54	2,25	2,36	2,06	1,90	1,71	1,82	2,03	2,20	2,45	2,45	2,54
10	2,57	2,27	2,36	2,04	1,86	1,68	1,70	2,00	2,19	2,46	2,47	2,58
11	2,60	2,28	2,35	2,02	1,83	1,64	1,75	1,98	2,18	2,47	2,50	2,61
12	2,62	2,29	2,35	2,00	1,80	1,61	1,72	1,95	2,17	2,48	2,52	2,64
13	2,65	2,31	2,35	1,98	1,77	1,57	1,68	1,92	2,16	2,48	2,54	2,67
14	2,68	2,32	2,34	1,96	1,73	1,54	1,65	1,89	2,14	2,49	2,57	2,71
15	2,71	2,33	2,33	1,94	1,70	1,50	1,61	1,87	2,13	2,50	2,59	2,74
16	2,73	2,34	2,33	1,91	1,67	1,46	1,58	1,84	2,12	2,50	2,61	2,77
17	2,76	2,35	2,32	1,89	1,63	1,43	1,54	1,81	2,10	2,50	2,63	2,83
18	2,79	2,30	2,31	1,87	1,66	1,33	1,50	1,78	1,09	2,51	2,63	2,85
19	2,81	2,37	2,30	1,84	1,56	1,33	1,47	1,75	2,07	2,51	2,67	2,86
20	2,84	1,38	2,33	1,82	1,50	1,31	1,43	1,72	2,06	2,51	2,63	2,83

Fonte: Hargreaves (1974).

b) Cálculo da evapotranspiração de referência, pela fórmula de Benavides & López (1970)

$$E_{to} = 1,21 \times 10 \left(\exp. \frac{7,45 T}{234,7 + T} \right) \times (1 - 0,01 UR) + 0,21 T - 2,30$$

em que:

E_{to} = Evapotranspiração de referência (mm/mês);

T = temperatura média do ar (°C);

UR = Umidade relativa média do ar (%).

O cálculo da evapotranspiração de referência, através da metodologia de Benavides & Lopez (1970), pode ser feito através da fórmula mencionada

anteriormente ou através da Tabela 4. Essa metodologia apresenta uma correlação de 86% em relação à evapotranspiração potencial medida, portanto, superior à correlação obtida com a fórmula de Hargreaves.

Tabela 4. Cálculo da evapotranspiração de referência (mm/dia) para informações distintas de temperatura T (°C) e de umidade relativa do ar (%).

Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)																				
	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60	62	64	66	68	70
15,0	3,20	3,13	3,06	2,99	2,93	2,86	2,79	2,72	2,66	2,59	2,52	2,45	2,38	2,30	2,25	2,18	2,11	2,05	1,98	1,91	1,84
15,5	3,38	3,25	3,24	3,17	3,10	3,03	2,96	2,89	2,82	2,75	2,68	2,61	2,54	2,47	2,40	2,33	2,26	2,19	2,12	2,05	1,98
16,0	3,56	3,49	3,42	3,35	3,28	3,20	3,13	3,06	2,99	2,91	2,84	2,77	2,70	2,62	2,55	2,48	2,41	2,34	2,26	2,19	2,12
16,5	3,75	3,67	3,60	3,53	3,45	3,37	3,30	3,23	3,15	3,08	3,00	2,93	2,86	2,78	2,70	2,63	2,56	2,48	2,41	2,34	2,26
17,0	3,94	3,86	3,79	3,71	3,63	3,55	3,49	3,40	3,32	3,25	3,17	3,09	3,02	2,94	2,86	2,78	2,71	2,63	2,55	2,48	2,40
17,5	4,13	4,05	3,97	3,89	3,81	3,73	3,65	3,57	3,49	3,42	3,33	3,25	3,18	3,10	3,03	2,93	2,86	2,78	2,70	2,62	2,54
18,0	4,32	4,24	4,17	4,08	4,00	3,91	3,83	3,75	3,62	3,54	3,46	3,38	3,30	3,22	3,14	3,09	3,01	2,93	2,85	2,77	2,68
18,5	4,52	4,43	4,37	4,27	4,18	4,09	4,01	3,93	3,76	3,67	3,59	3,50	3,42	3,34	3,25	3,16	3,09	3,00	2,91	2,82	2,74
19,0	4,72	4,63	4,54	4,46	4,37	4,29	4,19	4,11	4,02	3,93	3,85	3,76	3,67	3,67	3,58	3,50	3,41	3,32	3,15	3,06	2,97
19,5	4,92	4,83	4,74	4,65	4,55	4,47	4,39	4,29	4,20	4,16	4,02	3,93	3,84	3,75	3,66	3,57	3,48	3,38	3,30	3,21	3,11
20,0	5,12	5,03	4,94	4,85	4,75	4,65	4,57	4,47	4,38	4,29	4,19	4,10	4,01	3,92	3,82	3,73	3,64	3,54	3,45	3,36	3,26
20,5	5,33	5,23	5,14	5,04	4,94	4,85	4,75	4,66	4,56	4,47	4,37	4,27	4,18	4,08	3,99	3,89	3,80	3,70	3,60	3,51	3,41
21,0	5,54	5,44	5,34	5,24	5,14	5,05	4,95	4,85	4,75	4,65	4,55	4,45	4,35	4,25	4,16	4,06	3,96	3,86	3,76	3,66	3,59
21,5	5,75	5,65	5,55	5,44	5,34	5,24	5,14	5,04	4,94	4,83	4,73	4,63	4,53	4,42	4,33	4,22	4,12	4,02	3,91	3,81	3,71
22,0	5,97	5,85	5,76	5,65	5,55	5,44	5,34	5,23	5,13	5,02	4,92	4,81	4,71	4,60	4,50	4,39	4,28	4,18	4,01	3,97	3,88
22,5	6,19	6,08	5,97	5,86	5,75	5,64	5,54	5,43	5,32	5,21	5,10	4,99	4,89	4,77	4,67	4,56	4,45	4,34	4,23	4,12	4,01
23,0	6,41	6,30	6,18	6,07	5,95	5,85	5,74	5,63	5,51	5,40	5,29	5,18	5,07	4,95	4,84	4,73	4,62	4,51	4,40	4,28	4,17
23,5	6,63	6,52	6,40	6,28	6,17	6,07	5,94	5,83	5,71	5,59	5,48	5,36	5,25	5,13	5,02	4,90	4,79	4,67	4,56	4,44	4,32
24,0	6,85	6,74	6,62	6,50	6,38	6,27	6,15	6,03	5,91	5,79	5,67	5,55	5,43	5,32	5,20	5,08	4,95	4,84	4,72	4,60	4,48
24,5	7,09	6,97	6,84	6,72	6,60	6,48	6,35	6,23	6,11	5,92	5,85	5,74	5,62	5,50	5,38	5,25	5,13	5,01	4,89	4,76	4,64
25,0	7,32	7,20	7,07	6,95	6,82	6,69	6,57	6,44	6,32	6,16	6,06	5,94	5,81	5,69	5,56	5,43	5,31	5,18	5,06	4,93	4,80
25,5	7,56	7,43	7,31	7,17	7,04	6,91	6,78	6,65	6,52	6,39	6,26	6,13	6,00	5,87	5,74	5,61	5,48	5,35	5,23	5,09	4,96
26,0	7,80	7,67	7,54	7,40	7,27	7,13	7,00	6,87	6,73	6,60	6,47	6,33	6,20	6,06	5,93	5,80	5,66	5,53	5,40	5,23	5,13
26,5	8,05	7,91	7,77	7,63	7,50	7,36	7,22	7,08	6,94	6,81	6,67	6,53	6,39	6,25	6,12	5,98	5,84	5,70	5,57	5,43	5,29
27,0	8,30	8,16	8,01	7,87	7,73	7,59	7,45	7,30	7,16	7,02	6,88	6,74	6,59	6,45	6,31	6,17	6,03	5,89	5,74	5,60	5,46
27,5	8,55	8,40	8,25	8,06	7,96	7,82	7,67	7,52	7,38	7,23	7,09	6,94	6,79	6,65	6,50	6,36	6,21	6,06	5,92	5,77	5,63
28,0	8,81	8,65	8,54	8,35	8,20	8,05	7,90	7,75	7,60	7,45	7,30	7,15	7,00	6,85	6,70	6,55	6,40	6,25	6,07	5,95	5,80
28,5	9,07	8,91	8,75	8,60	8,44	8,29	8,18	7,98	7,82	7,67	7,51	7,36	7,21	7,05	6,90	6,74	6,59	6,43	6,26	6,12	5,97
29,0	9,33	9,17	9,01	8,85	8,69	8,53	8,37	8,21	8,05	7,89	7,73	7,57	7,42	7,26	7,10	6,94	6,78	6,52	6,46	6,30	6,14
29,5	9,60	9,43	9,27	9,10	8,94	8,77	8,61	8,45	8,28	8,12	7,97	7,79	7,63	7,46	7,30	7,13	6,97	6,81	6,64	6,48	6,31
30,0	9,87	9,70	9,53	9,36	9,19	9,02	8,86	8,69	8,52	8,36	8,18	8,01	7,74	7,67	7,50	7,33	7,17	7,00	6,83	6,66	6,49

Fonte: Benevides & López (1970)

c) Cálculo da evapotranspiração de referência, pela evaporação do tanque classe A

$$E_{to} = K_p \times E_t$$

em que:

Eto = Evapotranspiração de referência (mm/mês);

Kp = Fator de tanque (Tabela 5)

Et = Evaporação do tanque classe A

Tabela 5. Fator de tanque classe A (Kp) para diferentes níveis de cobertura vegetal e de umidade relativa para regiões semi-áridas.

Distância da área vegetada em relação ao tanque (m) (*)	Velocidade do vento (m/s)	Umidade relativa do ar (%)		
		< 40	40 a 70	> 70
1	<2,03	0,70	0,80	0,85
10		0,60	0,70	0,80
100		0,55	0,65	0,75
1000		0,50	0,60	0,70
1	2,03 a 4,92	0,65	0,75	0,80
10		0,55	0,65	0,70
100		0,50	0,60	0,65
1000		0,45	0,55	0,60
1	4,92 a 8,10	0,60	0,65	0,70
10		0,50	0,55	0,65
100		0,45	0,50	0,60
1000		0,40	0,45	0,55
1	>8,10	0,50	0,60	0,65
10		0,45	0,50	0,55
100		0,40	0,45	0,50
1000		0,35	0,40	0,45

*A distância em relação ao tanque se refere a distância a barlavento.

Fonte: Doorenbos & Kassam (1994).

d) Cálculo da precipitação efetiva

Segundo Blaney & Criddle (1961), a precipitação efetiva pode ser calculada como segue:

$$Pe = f \times P$$

em que:

P_e = Precipitação efetiva (mm);
 f = Fator de correção (Tabela 6);
 P = Precipitação real diária (mm).

Tabela 6. Fator de correção da precipitação (f)

Precipitação mensal (mm)	Coef. de aproveitamento decrescente	Precipitação efetiva acumulada (mm)	efetiva acumulada (mm)
25	0,95	$25 \times 0,95 = 24$	24
50	0,95/0,90	$25 \times 0,95 + 25 \times 0,90 = 47$	47
75	0,95/0,90/0,82	$25 \times 0,95 + 25 \times 0,90 + 25 \times 0,82 = 68$	68
100	0,95/0,90/0,82/0,65	$25 \times 0,95 + 25 \times 0,90 + 25 \times 0,82 + 25 \times 0,65 = 84$	84
125	0,95/0,90/0,82/0,65 / 0,45	$25 \times 0,95 + 25 \times 0,90 + 25 \times 0,82 + 25 \times 0,65 + 25 \times 0,45 = 95$	95
150	0,95/0,90/0,82/0,65 / 0,45/0,25	$25 \times 0,95 + 25 \times 0,90 + 25 \times 0,82 + 25 \times 0,65 + 25 \times 0,45 + 25 \times 0,25 = 101$	101
175	0,95/0,90/0,82/0,65 / 0,45/0,25/0,05	$25 \times 0,95 + 25 \times 0,90 + 25 \times 0,82 + 25 \times 0,65 + 25 \times 0,45 + 25 \times 0,25 + 25 \times 0,05 = 102$	102

Fonte: Blaney & Criddle (1961).

Obs.: A precipitação de 50mm, por exemplo, deve ser desdobrada em duas parcelas de 25mm antes de ser multiplicada pelo coeficiente.

e) Cálculo da Evapotranspiração real da cultura

O cálculo da evapotranspiração da cultura é feito com base na evapotranspiração de referência do período considerado e no coeficiente de cultura que difere de espécie para outra, como segue:

$$Etc = Eto \times Kc - Pe$$

Em que:

Etc = Evapotranspiração real da cultura (mm/mês);

Kc = Coeficientes de cultura (Tabelas 7 a 10)

Pe = Precipitação efetiva (mm/mês)

Obs.: Estas Tabelas serão apresentadas no item manejo de água.

2.1.5. Plano de Exploração Agrícola do Projeto

O planejamento agrônômico das culturas principais de um projeto, destaca-se como um dos fatores de extrema importância para o sucesso do empreendimento agrícola. Desse modo, este planejamento deve ser previamente discutido pelo proprietário com sua equipe técnica, no sentido de definir os seguintes elementos: a) Culturas principais com suas respectivas variedades, espaçamentos e plano de escalonamento da produção; b) Culturas de consórcio com suas respectivas disposições em relação às culturas principais; c) Plano de rotação das culturas de ciclo curto; d) Técnicas de conservação do solo e sentido de plantio de todas às culturas envolvidas no projeto.

Sugere-se que o planejamento agrônômico de projetos com áreas maiores que 10ha, seja definido numa discussão em conjunto, envolvendo o projetista, os técnicos que realizaram os levantamentos planialtimétrico e pedológico e o proprietário com sua equipe técnica. Por ocasião desta discussão, é que serão definidos o lay-out geral de distribuição das culturas principais e os sistemas de irrigação a serem utilizados.

A complexidade desse layout tende a aumentar, a medida que aumenta a área do projeto, o número de classes de terras para irrigação o número de culturas e de variedades envolvidas, entre outros fatores. Quando as culturas principais envolvidas no projeto são espécies frutícolas, tais com videira, mangueira, bananeira, goiabeira, aceroleira entre outras, devem-se levar em consideração uma série de interações, podendo destacarem-se dentre elas, as seguintes:

a) A localização de quebra-ventos e o posicionamento das fileiras de plantas é função da direção e da velocidade do vento, com a finalidade de minimizar os danos causados à arquitetura da planta, a queda de flores, o atrito dos frutos com a folhagem, assim como para minimizar a ingestão de agroquímicos pelo homem, por ocasião das pulverizações das culturas.

b) O posicionamento das fileiras de plantas em função das coordenadas geográficas da propriedade e da trajetória diária do sol nos meses mais quentes do ano, como deve ser procedido para a cultura da mangueira. Posicionamento este, em que as fileiras de plantas devem ficar paralelas a trajetória do sol em locais de baixa latitude e perpendicular em locais de média latitude, para que haja uma penetração mais efetiva de luz nos pomares. Algumas empresas de projetos

dispõem de software para definição do posicionamento de fileira de plantas arbóreas ou semi-arbóreas em função das coordenadas geográficas.

c) Definição das dimensões (número e comprimento das fileiras) das unidades de produção em função do ciclo fenológico, do plano de produção e da área da cultura considerada. Podem-se citar como exemplos, as culturas da videira e da goiabeira, em que através de processos de poda, podem produzir em qualquer época do ano, nas áreas irrigadas do Nordeste brasileiro. Considerando que o ciclo de produção da videira oscila em torno de 115 dias com um período de repouso fenológico entre 20 e 60 dias, faz-se necessário subdividir a área desta cultura em base a um fator, que pode variar de 19 a 22, de modo a escalonar-se a produção o ano inteiro, em função das demandas de mercado e em função da força efetiva de recursos humanos disponíveis na propriedade.

d) Localização e definição das dimensões das subunidades de rega para a cultura da mangueira, cujo processo de indução floral depende basicamente do manejo de água (estresse hídrico) nos períodos que precedem e procedem a aplicação de produtos químicos como indutor floral. A localização de subunidades em locais com potencial para formação de lençol freático elevados, devem ser evitados, a menos que este problema seja previamente solucionado, através da instalação de drenos subterrâneos na área escolhida.

e) Dimensões das subunidades de rega para a cultura da pinheira, por tratar-se de uma cultura, em que cujo processo de indução floral está associado a desfolha química da planta e a um estresse hídrico suave, no período que precede a aplicação de produtos químicos como indutor floral.

f) Localização das culturas em função das manchas e das profundidades dos solos, o posicionamento das fileiras em função da topografia do terreno e das técnicas de conservação do solo a serem implantadas.

g) Localização das adutoras principais e secundárias, das estações de bombeamento e dos cabeçais de controle, dependendo dos sistemas de irrigação selecionados.

h) A localização do sistema de drenagem em função da drenagem natural, existente na propriedade.

2.1.6. Outras Informações

Dentre outras informações necessárias podem-se mencionar o tipo de energia disponível na propriedade, a potência instalada, a jornada de trabalho diária e mensal, entre outras.

2.2. Escolha do Método de Irrigação

A seguir, faz-se uma discussão sobre as características específicas de cada sistema de irrigação.

2.2.1. Sistema de Irrigação por Gotejamento

A irrigação por gotejamento se caracteriza pela aplicação da água e de produtos químicos numa fração do volume de solo explorado pelas raízes das plantas, de forma pontual ou em faixa contínua (Soares et al., 1995). Esse volume de solo é denominado bulbo molhado, cuja forma e dimensões dependem da vazão do emissor, do volume de água aplicado por irrigação, da textura e perfil do solo (Figura 1).

O bulbo molhado é de fundamental importância para a escolha do método de irrigação por gotejamento, uma vez que influi diretamente no dimensionamento do sistema e no manejo de água. Devido à grande variação pedológica dos solos do Nordeste, especialmente nos do Vale do São Francisco, recomenda-se que esse parâmetro seja determinado em condições de campo, para cada mancha de solo.

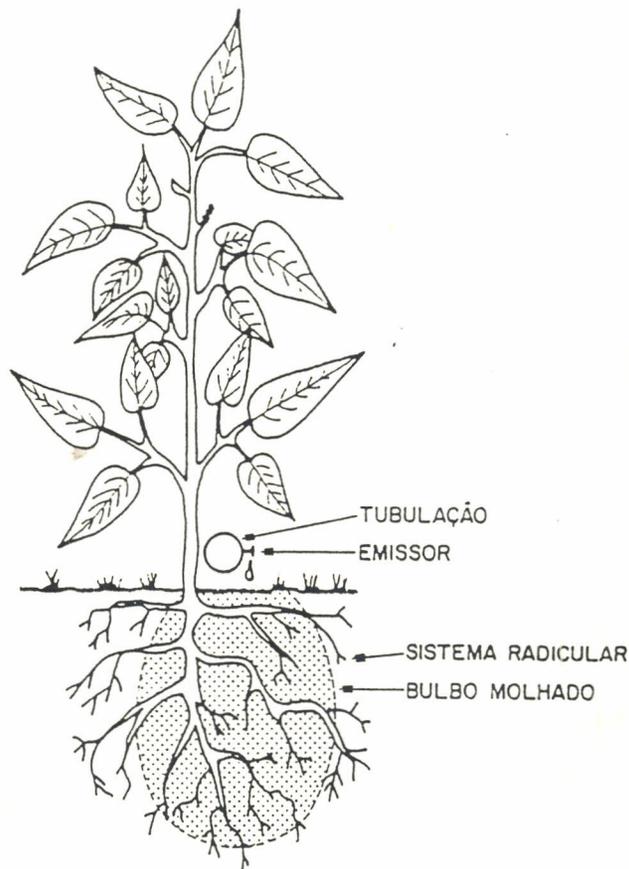


FIG. 1. Comportamento do bulbo molhado e a distribuição do sistema radicular da planta sob irrigação por gotejamento.

A seção transversal do volume de solo molhado por emissor denomina-se área molhada. Segundo Hernandez Abreu & Rodrigo Lopez (1977), esse parâmetro geralmente é medido a 20 cm de profundidade, quando se trata de solos não cultivados e com perfil uniforme. No caso de solos estratificados, deve-se levar em consideração a área molhada formada na camada do solo predominante no seu perfil. A medição desse parâmetro em solo já cultivado deve ser feita na profundidade em que a densidade radicular seja máxima em relação à superfície do solo (Merriam et al., 1973).

A relação entre a área molhada e a área ocupada por uma planta é denominada percentagem de área molhada, destacando-se, também, como um parâmetro importante para o dimensionamento do sistema de irrigação por gotejamento.

Segundo Keller (1978) citado por Curso (1981), não se tem estabelecido um valor mínimo absoluto para a percentagem de área molhada por planta. Para regiões com baixa precipitação, esse parâmetro pode variar entre 33 e 50%. Para a região do Submédio São Francisco, tem-se usado percentagens de áreas molhadas em torno de 35%, podendo chegar até 40%, para o caso de culturas frutícolas. Valores maiores tendem a aumentar os custos do sistema de irrigação.

Em estudos realizados nas áreas cultivadas com videira na região do Submédio São Francisco, a nível de propriedade privada tem-se constatado que a percentagem de área molhada por planta, sob irrigação por gotejamento tem variado de 20 a 46 %. Numa dessas propriedades, em que o solo predominante é areia quartzosa, com o sistema de irrigação por gotejamento, utilizando apenas uma linha lateral por fileira de plantas, com uma percentagem de área molhada inferior 25 %, resultou na paralização do crescimento das plantas e, conseqüentemente, a redução da produtividade de videira com idade de três anos. Resultados semelhantes foram constatados para a cultura da mangueira. Para solução de problemas dessa ordem, tem-se mantido o sistema de irrigação como foi concebido, instalando-se mais uma linha lateral em cada fileira de plantas. Apesar de tratar-se de formas de soluções mais simples, traz como conseqüências, o redimensionamento de todo o sistema de irrigação e aumenta os custos.

No caso da cultura da videira, quando as linhas laterais são posicionadas na superfície do solo, elas tornam-se mais susceptíveis a danos mecânicos (cortes). Estes podem ser minimizados, suspendendo-se as linhas laterais de 30 a 40cm acima da superfície do solo, através de um fio de arame galvanizado fixado nas estacas de madeira que fazem a sustentação da latada. Tem-se observado em algumas propriedades, que as linhas laterais tem sido suspensas até o teto da latada, visando o aumento do bulbo molhado, devido a maior dispersão da gota de água.

Verifica-se portanto, que a classe de solo e o tipo de cultura tem uma importância muito grande, por ocasião da escolha do sistema de irrigação. Sugere-se que este parâmetro seja determinado em condições de campo, através de um bulbo infiltrômetro como recomendado por Nascimento & Soares (1989).

A qualidade e a garantia dos equipamentos de irrigação também deverão ser levadas em consideração por ocasião da sua escolha.

2.2.2. Sistema de Irrigação por Microaspersão

A irrigação por microaspersão se caracteriza pela aplicação da água e de produtos químicos numa fração do volume de solo explorado pelas raízes das plantas, de forma circular ou em faixa contínua. Nesse sistema de irrigação, as dimensões do bulbo molhado dependem, quase que exclusivamente, do alcance e da intensidade de aplicação ao longo do raio do emissor e do volume de água aplicado por irrigação (Figura 2).

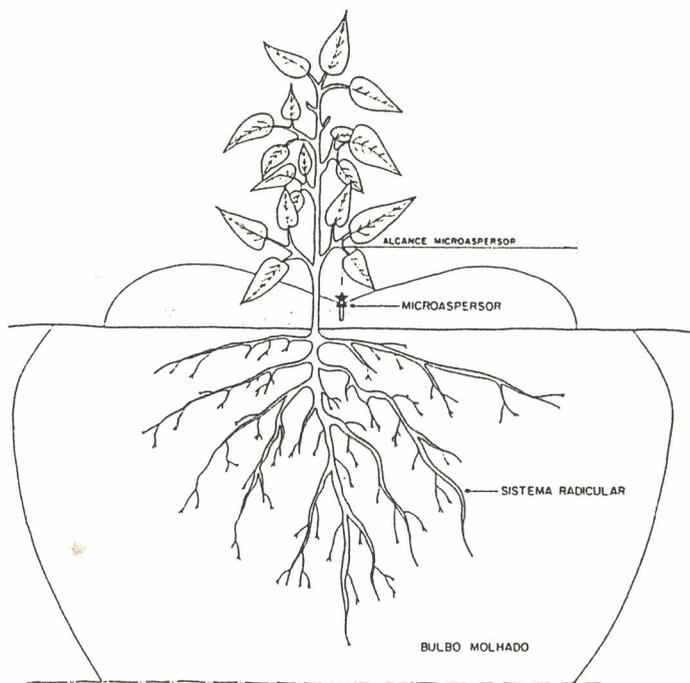


Fig. 2. Comportamento do bulbo molhado sob irrigação por microaspersão.

Este sistema de irrigação é mais indicado para culturas de grandes espaçamentos, tais como, mangueira, goiabeira, pinheira, coqueiro e videira, quando o solo em questão é bastante arenoso, como por exemplo, as areias quartzosas.

Dentre os parâmetros a serem utilizados para a escolha do sistema de irrigação por microaspersão, destacam-se:

a) **Vazão do emissor** - O uso de emissores com vazão superior a 60 l/h tende a encarecer demasiadamente o custo do sistema de irrigação. Como os emissores de fabricação nacional, tais como, Dantas (MA 070 e MA 120); Asbrasil (com bailarina, com difusores circular e setorial), Jatissimo, dentre outros, saíram de linha, atualmente predominam no mercado, emissores autorreguláveis importados, com vazão variando de 19 a 125 l/h, com vários padrões de distribuição de água.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o coeficiente de uniformidade para o sistema de irrigação por microaspersão deve variar de 75 a 80% para terrenos com declividade inferior a 2% e de 65 a 75% para terrenos com declividade superior a 2%.

b) **Ralo de alcance do emissor** - O uso de emissores com raio efetivo inferior a 1,50 m, tende, também, a encarecer bastante o custo do sistema de irrigação, em decorrência do maior número de emissores por linha lateral. Alguns emissores apresentam os seguintes raios efetivos: Dantas (MA 070 - 180cm), sob uma pressão de serviço de 1,50 atm; Asbrasil (com difusor circular - 165cm), sob pressão de serviço de 1,75 atm e Asbrasil (com difusor setorial - 90cm), sob pressão de serviço de 1,0 atm.

Dentre os emissores importados podem-se os emissores Dan Sprinkler mod. 2001, Rain Bird mod. micro-quick, entre outros.

c) **Intensidade de aplicação ao longo do raio** - De um modo geral, os catálogos técnicos não apresentam os gráficos, mostrando o comportamento da intensidade de aplicação ao longo do raio para cada pressão de serviço recomendada, pois um emissor pode ter vazão inferior a 50 l/h e um raio efetivo superior a 1,50 m, porém apresentar uma intensidade de aplicação bastante irregular ao longo do seu alcance. Esse parâmetro pode comprometer o coeficiente de uniformidade de distribuição e, conseqüentemente, a eficiência desse sistema de irrigação.

Nascimento et al. (1991) constataram, em testes de laboratório, variações bastante acentuadas no comportamento das intensidades de aplicação ao longo do raio efetivo, tanto dos microaspersores nacionais quanto de emissores importados, com base nas pressões de serviço, também determinadas em laboratório, como segue: Microaspersor Dantas MA 070 - a intensidade de aplicação variou de 1 a 17 mm/h, sob a pressão de 1,50 atm; o microaspersor Jatissimo - a intensidade de aplicação variou de 1 a 13 mm/h, sob pressão de 1,0 atm; Asbrasil com difusor circular - a intensidade de aplicação variou de 1 a 41 mm/h, sob pressão de 1,75 atm.

Desse modo, a área efetivamente molhada por um emissor depende do comportamento das intensidades de aplicação ao longo do seu raio, que, associado ao número de emissores por planta, determinam a percentagem de área molhada por planta. Dependendo do microaspersor, a percentagem de área

molhada por planta pode se apresentar bastante excessiva, durante os primeiros anos de desenvolvimento da planta. Alguns microaspersores apresentam o recurso de inversão da posição do emissor, de modo a reduzir a percentagem de área molhada por planta nos primeiros anos de desenvolvimento.

Soares et al. (1995), estudando o desempenho do microaspersor Dan Sprinkler mod. 2001, que é do tipo bailarina, considerando o seu posicionamento em relação ao solo, não obtiveram diferença significativa para o emissor fixado no solo ou suspenso na latada da videira, na posição invertida. Em ambos os casos, a percentagem de área molhada foi de 100%. Quando se fez uma análise da distribuição de água nessa área, pode-se verificar que no sistema com microaspersor posicionado no solo, as áreas com água em excesso, média e com deficiência, foram da ordem de 30,91, 20,47 e 48,62%, respectivamente, enquanto que no sistema em que o microaspersor é suspenso, os valores corresponderam a 26,78, 28,5 e 44,67%. Para o caso da cultura da videira, a irrigação por microaspersão deixa de ser considerada como localizada. Mas, por outro lado, apresenta-se com um elevado potencial de uso, por possibilitar a exploração de um maior volume de solo, principalmente naqueles mais arenosos.

Ainda não se tem informações sobre o desempenho de emissores tipo difusores com relação ao seu posicionamento em relação ao solo, uma vez que são emissores que condicionam um maior grau de pulverização do jato de água, tornando-se mais susceptível a influência do vento, principalmente quando emissor encontrar-se suspenso na latada da cultura da videira.

Um dos fatores que pode exercer grande influência no padrão de distribuição de água, é a interseção das ervas daninhas com os jatos de água, quando o microaspersor é posicionado no solo.

2.2.3. Sistema de Irrigação por Aspersão

A irrigação por aspersão se caracteriza pela pulverização do jato de água no ar, visando o umedecimento de 100% da área ocupada pela planta. Existe uma série de modelos de aspersores, quanto ao ângulo que os bocais formam com a superfície horizontal (aspersores de sobrecopa e sobcopa) e quanto ao diâmetro dos bocais.

A utilização do sistema por aspersão tipo sobrecopa em culturas frutícolas, tem se restringido aos primeiros anos de instalação dos pomares, com exceção da cultura da videira, por ser conduzida em latada.

A aspersão do tipo sobcopa tem se destacado no uso de culturas frutícolas, principalmente em bananeira. Porém, trazendo alguns transtornos para o manejo de água, em decorrência da interseção do jato de água com os caules das plantas. Esta interferência na distribuição de água pode proporcionar a obtenção de baixos coeficientes de uniformidade de distribuição de água. Mas, por outro

lado, a irrigação por aspersão tipo sobrecopa torna-se, praticamente inviável, devido a elevada altura de algumas plantas.

O sistema sobcopa também pode ser usado nas culturas da videira e da mangueira, mas pode causar sérios problemas, dependendo do manejo fitotécnico utilizado. Na cultura da mangueira pode provocar a queda das flores e ferimento nos frutos nos ramos localizados na saia da planta. Para o caso da cultura da videira, tanto a irrigação sobrecopa quanto a sobcopa, há necessidade de ajustarem-se os calendários de irrigação e de pulverização, devido ao umedecimento excessivo da folhagem e dos cachos.

De acordo com Merriam et al. (1973), o coeficiente de uniformidade de Christiansen, para culturas perenes com sistema radicular profundo e sob irrigação por aspersão, deve oscilar entre 70 e 82%.

Quando se utiliza o sistema de irrigação por aspersão para a exploração da cultura da videira, deve-se consorciá-la durante o primeiro ano, com culturas anuais ou com leguminosas para ser incorporada ao solo. Isto tende a minimizar as perdas de água por percolação profunda, bem como o número de capinas, uma vez que a percentagem de área molhada por planta é de 100%.

2.2.4. Sistema de Irrigação por Sulcos

A irrigação por sulcos se caracteriza pela aplicação de água ao solo, através de pequenos canais abertos ao longo da superfície do terreno. A derivação de água nesse sistema de irrigação pode ser feita por sifões ou por tubos janelados. O sistema de irrigação por sulcos, utilizando sifões, deve ser utilizado em terrenos com declividade inferior a 0,5%, enquanto que o sistema de irrigação por sulcos, utilizando tubos janelados, pode ser usado em terrenos bastante acidentados, uma vez que a condução de água é feita através de tubulações.

A área molhada por sulcos depende do tipo de solo, da vazão aplicada, da declividade do sulco e do tempo de irrigação. Dependendo da topografia do terreno, a percentagem de área molhada por planta pode ser duplicada após um ano de idade, abrindo-se um sulco de cada lado da fileira de plantas. Nos solos do tipo Latossolo, pode-se ainda, abrir um segmento de sulco oblíquo aos sulcos principais, no sentido de aumentar o volume de solo molhado por planta. Trata-se de um sistema de irrigação que pode adaptar-se bem a exploração de culturas frutícolas em solos argilosos.

Soares et al. (1994b), avaliando o desempenho do sistema de irrigação por sulcos utilizando tubos janelados móveis em videira, em solos Podzólico Bruno Amarelo a Amarelo Avermelhado Distrófico, constataram que as eficiências médias de aplicação e de distribuição foram da ordem de 41,37 e de 54,60%, respectivamente, e que as perdas de água por percolação profunda e por escoamento superficial, foram de 44,41 e 14,22%, respectivamente.

Os sistemas de irrigação por sulcos, podem-se destacar como uma das alternativas para a exploração de pequenas áreas, principalmente quando se utiliza

sulcos parcialmente bloqueados ao longo do seu comprimento e no seu final, ou mesmo sulcos curtos, fechados e nivelados.

2.2.5. Sistema de Irrigação por Microbacias utilizando-se Mangueiras de PVC

O sistema de irrigação por microbacias utilizando-se mangueiras de PVC flexível caracteriza-se pela aplicação da água em pequenas microbacias em torno da planta, quando se trata de terrenos planos ou pouco inclinados, ou em segmentos de sulcos localizados em pontos com cota superior à cota onde a planta está instalada (Figura 3).

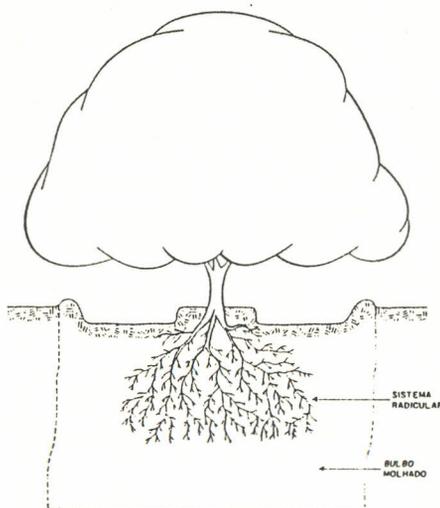


FIG. 3. Comportamento do bulbo molhado e da distribuição do sistema radicular da planta sob irrigação por microbacia, utilizando mangueira de PVC flexível.

Esse sistema de irrigação pode ser usado apenas em culturas de grande espaçamento como mangueira, coqueiro e goiabeira. Este sistema deve ser usado apenas durante os dois primeiros anos de idade da planta, quando, então, deve ser substituído por outro que se adeque às condições específicas de cada local, pois, a partir de dois anos de idade, o volume de água armazenado no bulbo molhado é insuficiente para atender à demanda hídrica da planta, principalmente quando se trata de solos que possuem conteúdo de areia superior a 70%. Uma solução será aumentar a frequência de irrigação; contudo, os riscos de lixiviação de partículas de solo e de nutrientes serão bem mais acentuados. Uma outra solução, será permanecer com a microbacia central e se confeccionar sulcos concêntricos externos à bacia, à medida que a planta for se desenvolvendo.

2.3. Apresentação do Projeto

Com base nas informações geradas pelos estudos básicos da propriedade e pelo lay-out geral do projeto, é que o projetista deverá elaborar o lay-out do projeto de irrigação, envolvendo de forma integrada a infraestrutura hidráulica, elétrica e viária.

2.3.1. Layout do Sistema de Irrigação

A complexidade do detalhamento do layout das unidades operacionais e das unidades e subunidades de rega do projeto de irrigação, tenderá a aumentar, principalmente para sistemas de irrigação localizada, à medida que aumentar a área do projeto, o número de classes de terras para irrigação e o número de culturas e de variedades envolvidas.

A localização das subunidades de rega deve ser feita de tal maneira que cada subunidade fique situada dentro de uma única mancha de solo. O arranjo das unidades operacionais de rega deve ser feito de modo que às necessidades hídricas, nutricionais e agronômicas de uma cultura específica não seja afetada.

O dimensionamento hidráulico de sistemas de irrigação pressurizados deve ser feito de maneira a atender aos padrões de eficiências de irrigação e de coeficientes de uniformidade recomendados para cada tipo de sistema de irrigação.

Mas, por outro lado, esse grau de complexidade do lay-out do projeto, tende a tornar-se mais simples quando se utiliza sistemas de irrigação por aspersão ou por sulcos.

2.3.2. Apresentação Técnica do Projeto de Irrigação

A apresentação técnica do projeto de irrigação deverá compreender os seguintes pontos:

- a) Escolha do método de irrigação e descrição do sistema;
- b) Estudos básicos da propriedade;
- c) Planejamento agronômico da irrigação;
- d) Dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação;
- e) Informações para o processamento da análise econômica do projeto agrícola;
- f) Fichas de dados técnicos.

3. MANEJO DE ÁGUA NA CULTURA DA VIDEIRA

A necessidade de água da videira é função do seu desenvolvimento fenológico e do período do ano, principalmente em regiões semi-áridas, como é o caso da região do Submédio São Francisco. Tem-se verificado que, na maioria das propriedades desta região, a lâmina de água aplicada ao longo do ciclo fenológico da planta é praticamente constante. Esse manejo de água pode gerar condições de excesso ou de deficiência de água no solo.

O manejo de água está diretamente relacionado com o sistema de irrigação selecionado, em decorrência das suas características hidráulicas, coeficiente de uniformidade e eficiência de aplicação e com a cultura.

3.1. Manejo de Água na Cultura da Videira sob Irrigação por Gotejamento e por Microaspersão

O manejo de água de uma área irrigada compreende duas fases bem distintas. A primeira corresponde à aplicação de água no solo através do sistema de irrigação e a segunda ao monitoramento da água no volume de solo explorado pelas raízes da planta. A seguir, descreve-se, cada uma dessas fases.

3.1.1. Manejo da Água Aplicada ao Solo

O manejo da água aplicada ao solo, ao longo do ciclo de cultivo da videira, pode ser dividido em três períodos distintos, como seguem:

a) **Período de pré-plantio** - A irrigação de pré-plantio deve ser iniciada logo após o preparo definitivo da cova. O transplantio das mudas só pode ser feito, quando o bulbo ou faixa molhada estiver formada e a matéria orgânica estiver totalmente fermentada. Se o solo estiver seco, serão necessários, no mínimo, 15 dias para a formação do bulbo ou faixa molhada. Por outro lado, o tempo necessário para a fermentação da matéria orgânica posta na cova, depende da proporção de esterco misturado com solo. Quando essa proporção for de seis partes de terra para uma de esterco, o tempo de fermentação pode ocorrer dentro de um período de 15 a 20 dias, caso as irrigações sejam feitas diariamente. Caso as proporções entre solo e esterco sejam inferiores, o tempo de fermentação pode variar de 30 a 45 dias, mesmo com irrigações diárias.

b) **Período de plantio e de desenvolvimento inicial** - Durante os primeiros dias após o transplantio das mudas, as irrigações devem ser feitas diariamente e em curto período de tempo, dependendo do tipo de sistema de irrigação localizada, como segue:

Quando se utiliza o sistema de irrigação por gotejamento, recomenda-se irrigar com 20 a 30% do tempo máximo de rega por dia, para as condições em que o sistema foi dimensionado. Recomenda-se, ainda, posicionar as linhas com gotejadores em relação à planta, de modo que o emissor coincida com a muda.

Quando se utiliza o sistema de irrigação por microaspersão, recomenda-se adotar o mesmo procedimento descrito para o gotejamento, caso o emissor utilizado apresente a possibilidade de inversão ou de permuta do seu defletor. Esse recurso proporciona uma redução substancial do alcance do microaspersor, permitindo que toda a água aspergida possa ser concentrada num pequeno círculo. Dessa maneira, é possível concentrar toda a água aplicada na cova, onde a muda de videira foi transplantada. O microaspersor deve continuar nessa posição até o 6º mês, após o transplante das mudas, ou até quando a evolução do crescimento do sistema radicular indicar a necessidade do aumento de água umedecida. Nessa fase, a utilização de culturas em consórcio fica impossibilitada. Caso se utilize emissores que não permitem a inversão ou a troca do defletor (microaspersores de longo alcance), em que a área molhada tem a forma de taça ou de faixa, recomenda-se irrigar de 70 a 80% do tempo máximo de rega por dia, para as condições em que o sistema foi dimensionado. Nessa fase de cultivo, recomenda-se a utilização de culturas em consórcio com controle de ervas daninhas.

Toda a atenção deve ser dada para a 1ª semana de rega, a partir do transplante, especialmente quando a muda vem em substrato argiloso e endurecido. Nesse caso, recomenda-se verificar no final da 1ª irrigação, se a água penetrou no torrão da muda, caso contrário aproximar mais o emissor em relação à planta.

c) **Período de produção** - Durante as irrigações seguintes, visando facilitar a administração do manejo de água na propriedade, recomenda-se que a lâmina de irrigação seja constante ao longo de uma semana. Ou seja, a lâmina de irrigação deve ser calculada com base na evaporação média diária do tanque classe A, instalado na fazenda. Sugere-se utilizar a evaporação ocorrida no período de sábado a sexta-feira, para o cálculo da evaporação média diária. Esta recomendação é válida para culturas frutícolas perenes. O volume de água a ser aplicado em cada subunidade de rega depende da lâmina de irrigação e do número de plantas por subunidade de rega. Pode-se também usar valores regionais tabelados, porém, confiáveis.

- Cálculo da evaporação média diária

$$E_{tm} = \frac{Et1 + Et2 + Et3 + Et4 + Et6 + Et7}{7}$$

em que:

Etm = Evaporação média diária (mm);

Et1. = Evaporação diária (mm);

.....

Et7 = Evaporação diária (mm)

Vale salientar que algumas propriedades da região do Submédio São Francisco vêm utilizando valores diários de evaporação do tanque classe A, ao invés de valores médios diários.

- Cálculo da lâmina de irrigação

$$Lb = \frac{Kp \times Kc \times Etm \times KI}{CU}$$

em que:

Lb = Lâmina de irrigação semanal (mm);

Kp = Fator de tanque (Tabela 5);

Kc = Coeficiente de cultura (Tabelas 7 e 8);

Etm = Evaporação do tanque classe A média diária (mm);

CU = Coeficiente de uniformidade do sistema de irrigação (%), podendo também ser substituído pela eficiência de irrigação (%);

KI = Efeito de localização. Para plantas com seis a nove meses de idade, utilizar valores de 0,40 a 0,60; para plantas com idade superior a um ano e meio, utilizar 1,0.

Com base nesse parâmetro, na vazão do emissor e no número de emissores por planta, determina-se o tempo de irrigação por subunidade de rega. Tempo este que será constante ao longo da semana seguinte.

Como o tanque de evaporação classe A é a base do manejo de água na Fazenda, sugere-se que o mesmo seja instalado numa área livre de obstáculos, tais como edificações e árvores altas, entre outras. Para a obtenção de leituras confiáveis.

Tabela 7. Valores de Kc para a cultura da videira (cultivada em zonas predominantemente secas, com ventos de 2,02 a 4,92 m/s).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Plantas com idade inferior a um ano (cultivos limpos)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
Plantas com idade de um a tres anos	0,45	0,45	0,5	0,5	0,5	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,5	0,5

Fonte: Doorenbos & Kassam (1994).

Tabela 8. Valores de Kc ajustados para a cultura da videira na região do Submédio São Francisco, em das fases fenológicas para plantas com idade superior a três anos.

Poda a floração	Floração/ chumbinho	Desenvolvimento fruto /maturação	Maturação colheita	a Repouso fenológico
0 a 25 dias	26 a 40 dias	41 a 100 dias	101 a 120 dias	0 a 60 dias
0,40	0,50 a 0,60	0,70 a 0,85	0,70 a 0,50	0,50

Obs.: O ajuste diferenciado desta Tabela foi feito, considerando que durante todas às semanas do ano, as videiras são podadas, na região do Submédio São Francisco.

- **Instalação e proteção do tanque de evaporação** - Como descrito anteriormente, o tanque não deve ser colocado perto de qualquer obstáculo, devendo a distância mínima em relação ao obstáculo mais próximo ser pelo menos o dobro da altura deste obstáculo. O tanque deve ser instalado nas circunvizinhanças das áreas irrigadas, ser protegido com cercas, para evitar que animais tenham acesso ao mesmo para beber, evitando, assim, leituras irreais. O tanque deve ser colocado sobre um estrado de madeira com 15 a 20cm de altura, conforme Figura 4. A superfície do terreno deve ser nivelada antes da colocação do estrado. O solo removido deve ser utilizado para encher os espaços existentes entre os suportes inferiores do estrado. No entanto, o espaço correspondente à espessura dos suportes superiores de madeira, deve ser conservado no limpo (caso a área não seja gramada) ou com a grama cortada frequentemente (caso a área seja gramada), de modo a facilitar a sua inspeção. Toda a vegetação da estação evaporimétrica deve ser aparada sempre.

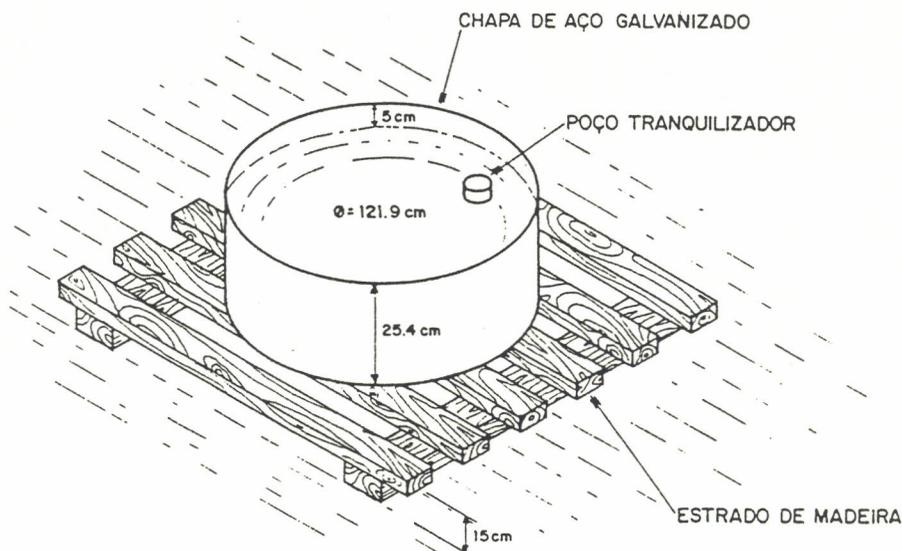


FIG. 4. Esquema de instalação de um tanque de evaporação Classe A.

- **Operação do tanque**- A flutuação da lâmina de água no tanque (diferença entre a lâmina máxima e a lâmina mínima) não deve exceder a 20mm e a água deve estar sempre limpa. A leitura deve ser feita diariamente, no horário das 9:00 horas, preferencialmente.

Um projeto de irrigação é composto por uma ou mais subunidades de rega. Quando uma subunidade abrange manchas de solo pedologicamente diferentes, o manejo de água e nutrientes dessa subunidade fica bastante comprometido, em decorrência das distintas capacidades de armazenamento de água dos solos que a compõem.

Dentre os fatores que influem de maneira significativa no manejo de água, destacam-se a necessidade de água da planta, a capacidade de retenção de água pelo solo, o coeficiente de uniformidade de vazão dos emissores e a pressão de serviço do sistema de irrigação.

Considerando que as necessidades hídricas e nutricionais da cultura da videira varia bastante, desde a poda até a colheita, recomenda-se o máximo de cuidado na operacionalização do cabeçal de controle, no que concerne a programação do volume de água a ser aplicado ou do tempo de irrigação por sub-unidade de rega, principalmente quando se trata de uma rede hidráulica mais complexa.

Dentre as fases fenológicas mais sensíveis a deficiência hídrica, podem-se destacar as fases de desenvolvimento vegetativo, floração e de desenvolvimento inicial dos frutos.

As unidades operacionais de rega devem compreender sub-unidades de rega, localizadas na mesma unidade de mapeamento de solo e plantas que se encontrem na mesma fase fenológica. Quando as unidades operacionais de rega compreendem subunidades de rega localizadas em áreas que apresentam lençol

freático com diferentes alturas, recomenda-se um rigoroso monitoramento do nível de água no solo, que, dependendo do período do ano, pode-se até mesmo, suspender o fornecimento de água àquela subunidade, cujo lençol freático encontre-se mais próximo da superfície.

No manejo de água em sistemas de irrigação por gotejamento e por microaspersão, recomenda-se que quando o tempo de irrigação por subunidade de rega for superior a três horas, ele seja fracionado em duas ou mais irrigações, principalmente em solos franco-arenosos, no sentido de evitar perdas excessivas de água por percolação profunda ou asfixia do sistema radicular da planta, quando trata-se de solos argilosos. O ideal será calcular o volume de água que o solo pode armazenar na profundidade efetiva da raiz, e fracionar o tempo de irrigação ao longo do dia, até que a lâmina de água necessária seja aplicada.

Quando o sistema de irrigação é operado com pressão de serviço muito abaixo do valor calculado no projeto, o sistema fica hidraulicamente desequilibrado, podendo proporcionar uma grande variação de vazão nos emissores e, conseqüentemente, do coeficiente de uniformidade ou eficiência de irrigação e da lâmina de água aplicada.

Soares et al. (1994a), avaliando o desempenho do sistema de irrigação por gotejamento, com emissores tipo labirinto em linha, na cultura da videira, em solo Podzólico Amarelo a Amarelo Avermelhado Distrófico, em Juazeiro-BA, constataram que o Coeficiente de Uniformidade variou de 34,20 a 72,50%, com um valor médio de 50,62%. Constataram, também, que as pressões PAF (Pressão Antes do Filtro) variaram de 1,50 a 3,20 atm, quando o valor projetado era de 4,30 atm. Em decorrência disto, as vazões variaram de 1,60 a 2,58 l/h, com um valor médio de 2,12 l/h, quando a vazão nominal do gotejador é de 4,00 l/h. Constataram ainda, que o tempo de irrigação por subunidade de rega, era mantido constante em 6:00h/dia, com excessão dos domingos (3:00h), porém dividido em duas irrigações intermitentes. Vale salientar, que este tempo de irrigação permanecia constante ao longo do ano, independente das fases fenológicas da videira e da evaporação do tanque classe A.

Para minimizar os problemas advindos da operacionalização do sistema de irrigação, recomenda-se que seja feito, pelo menos um teste de distribuição de água, em três subunidades de rega distintas, nos sistemas de irrigação localizada.

Soares et al. (1996b), analisando o manejo de água em videira sob irrigação por gotejamento, utilizando emissores tipo labirinto em linha com vazão de 4,00l/h, em Areia Quartzosa, em Petrolina-PE, verificaram que o Coeficiente de Uniformidade médio foi de 84% para uma vazão média de 4,00l/h. Verificaram também que a lâmina de água é variável ao longo do ciclo fenológico da videira, e que o tempo de irrigação é parcelado em nove partes iguais, ao longo do dia, em decorrência da baixa capacidade de retenção de água deste solo.

De acordo com Assis et al. (1996), o aumento do período com deficiência de água no solo antes da colheita, provocou uma menor perda de peso dos frutos nas condições de armazenamento tanto na temperatura ambiente quanto em

câmara fria, quando comparado com as plantas em que o fornecimento da água de irrigação permaneceu sem alteração. É provável que, se a redução do fornecimento de água à planta for feita de forma gradativa, permite que a planta apresente uma melhor adequação às condições de uma deficiência progressiva de umidade no solo e proporcione efeitos ainda mais positivos à qualidade e a conservação dos frutos na pós-colheita.

A aplicação de nutrientes via água de irrigação é um outro fator que tem que ser manejado com bastante rigor, uma vez que suas exigências nutricionais variam muito ao longo do seu ciclo fenológico. Nas fases de desenvolvimento vegetativo e de desenvolvimento inicial do fruto, predominam a aplicação dos fertilizantes contendo nitrogênio, fósforo, cálcio e magnésio, enquanto que os fertilizantes contendo potássio tem sua aplicação iniciada a partir da fase de desenvolvimento do fruto, sendo sua maior concentração aplicada no período de 70 a 100 dias após a poda.

As distâncias entre o ponto de injeção (cabeçal de controle) e a área a ser fertilizada, também devem ser levadas em consideração, visando aplicar as quantidades de nutrientes exigidas pela cultura.

d) Período de repouso fenológico - O manejo de água durante o período de repouso fenológico da videira é função do intervalo de tempo decorrido entre a colheita e a poda do ciclo seguinte, que pode variar de 20 a 60 dias.

Recomenda-se que no período de repouso fenológico, a irrigação seja reduzida a um valor mínimo, conforme Tabela 8, mas que a planta continue em plena atividade fotossintética, a fim de suprir de carboidratos seus ramos, caule e raízes. Reservadas estas que serão utilizadas, por ocasião das fases de brotação, desenvolvimento inicial dos ramos, floração e início de desenvolvimento dos frutos.

A opção pela manutenção de uma irrigação plena, durante esse período de repouso fenológico, pode condicionar a perda de água e de nutrientes por lixiviação, principalmente, quando se trata de solos arenosos. Por outro lado, quando o estresse é severo, os estômatos fecham-se e as folhas podem cair prematuramente, provocando a redução da atividade fotossintética, e conseqüentemente, a produção e acumulação de carboidratos.

3.1.2. Monitoramento da água no solo

Como o nível de água disponível no solo sob irrigação localizada pode oscilar entre 80 e 100%, recomenda-se que o monitoramento da água no solo seja feito através do uso de tensiômetros instalados na profundidade do solo com maior concentração de raízes e imediatamente abaixo da profundidade efetiva das raízes. Desse modo, é de extrema importância o conhecimento do comportamento do sistema radicular da cultura em cada local específico.

Como o uso de tensiômetros para monitorar a umidade no solo a nível de propriedade, ainda é uma tecnologia de manuseio bastante cuidadoso, recomenda-se que monitoramento seja feito através da leitura do lençol freático em poços de observação. Esses poços devem ser instalados em toda a área numa malha quadrada de 100m x 100m. Devem-se também, observar o funcionamento dos drenos internos ou superficiais, caso já existam na área considerada. Estes procedimentos podem fornecer informações preliminares a respeito do manejo de água adotado na propriedade.

Para cultura da videira, a altura do lençol freático deve ser mantida abaixo de 2,00m de profundidade.

3.2. Manejo de água na cultura da videira sob irrigação por aspersão

3.2.1. Manejo da água aplicada ao solo

a) **Período de pré-plantio** - A irrigação de pré-plantio ou rega de assento deve ser iniciada logo após o preparo definitivo da cova e quando a matéria orgânica estiver totalmente fermentada.

A rega de assento deve ser calculada com base na seguinte fórmula:

$$Lb = \frac{CC - PM}{100} \times Da \times Pr \times \frac{1}{Ei}$$

em que:

Lb = Lâmina bruta (mm);

CC= Capacidade de campo (%);

PM= Ponto de murcha (%);

Da= Densidade aparente (g/cm³);

Pr = Profundidade do solo (mm). Sugere-se adotar Pr = 1000mm;

Ei = Eficiência de irrigação (%). Sugere-se adotar Ei = 0,70.

b) **Período de plantio e de desenvolvimento inicial** - Para o pegamento das mudas, durante o primeiro mês após o transplantio, as irrigações devem ser fracionadas em duas ou mais vezes no intervalo normal de irrigação, de modo a proporcionar ótimas condições de umidade na camada superficial do solo. Caso se disponha, na propriedade, de materiais que possam ser utilizados como cobertura morta em torno da planta, tanto as perdas de água por evaporação quanto o aquecimento do solo podem ser minimizados. Desse modo, dependendo do tipo de solo, as irrigações também podem ser minimizadas, evitando-se até o seu fracionamento.

Quando a cultura da videira estiver consorciada com culturas anuais, durante os dois primeiros anos de idade, a lâmina de água deve ser calculada com base no coeficiente da cultura consorciada.

c) **Período de produção** - A lâmina de irrigação deve ser calculada com base na evaporação acumulada do tanque classe A instalado na fazenda ou em parâmetros tabelados.

O procedimento para o cálculo da lâmina de irrigação deve obedecer o seguinte passo:

- Cálculo da lâmina de irrigação

$$Lb = \frac{Kp \times Kc \times Et}{Ei}$$

em que:

- Lb = Lâmina de irrigação (mm);
- Kp = Fator de tanque (Tabela 5);
- Kc = Coeficiente de cultura (Tabelas 7 e 8);
- Et = Evaporação do tanque classe A (mm);
- Ei = Eficiência de irrigação obtida em teste de campo (%).

A frequência das irrigações deve ser determinada fazendo-se a diferença entre a demanda evapotranspirométrica diária da planta e da lâmina bruta. Quando a lâmina bruta se aproximar do nível de equivalência de água no solo, está definido o momento da irrigação. O nível de equivalência de água no solo deve ser calculado pela fórmula seguinte:

$$NE = \frac{CC - PM}{100} \times Da \times Pr \times Y : Ei$$

em que:

- NE = Nível de equivalência de água no solo (mm);
- CC = Capacidade de campo (%);
- PM = Ponto de murcha (%);

Da = Densidade aparente (g/cm^3);
Pr = Profundidade do solo (mm);
Y = Nível de água disponível no solo (%). Geralmente usa-se $Y = 0,5$;
Ei = Eficiência de irrigação (%), obtida através de teste de campo.

Com base nesse parâmetro e na intensidade de aplicação, determina-se o tempo de irrigação por posição. Na prática, a frequência de irrigação é mantida constante por questões administrativas.

Quando o sistema de irrigação é operado com pressão de serviço muito baixa ou muito acima do valor calculado no projeto, tanto a pulverização do jato de água no ar, como o coeficiente de uniformidade e a eficiência de irrigação ficam bastante comprometidos. Isto tende a provocar o predomínio de áreas com excesso e/ou com deficiência de água e, conseqüentemente, a produtividade e a qualidade dos frutos.

A aplicação de nutrientes deve ser feita diretamente no solo, de acordo com as recomendações fitotécnicas.

d) **Período de repouso fenológico** - Recomenda-se proceder como descrito no item 3.1.1. letra d.

Um dos grandes inconvenientes da utilização da irrigação por aspersão em videira, é a impossibilidade de separação das subáreas, em que as plantas encontram-se em fases fenológicas distintas. Dependendo da largura da subárea e do alcance do aspersor, pelo menos nas fileiras centrais de cada subárea, deve-se aplicar a lâmina de água adequada a cada fase fenológica, principalmente nas fases de maturação final do fruto e de repouso fenológico.

3.2.2. Monitoramento da água no solo

Como o nível de água disponível no solo, sob irrigação por aspersão, pode oscilar em torno de 50%, deve-se utilizar o método gravimétrico para o monitoramento da água no solo, na profundidade efetiva das raízes. Deve-se monitorar a flutuação do lençol freático e do sistema de drenagem como especificado no item 3.1.2.

3.3. Manejo de Água na Cultura da Videira sob Irrigação por Sulcos

3.3.1. Manejo da água aplicada ao solo

a) **Período de pré-plantio** - Recomenda-se proceder como descrito no item 3.1.1. letra a.

b) Período de plantio e de desenvolvimento inicial

O sistema de irrigação por sulcos presta-se para consorciar-se a videira com outras culturas anuais, no sentido de proporcionar maior eficiência de uso do solo. Nestes casos, as lâminas de água demandadas devem ser calculadas com base nas culturas consorciadas.

c) Período de produção - Após o desenvolvimento inicial das plantas, as lâminas de irrigação devem ser calculadas de acordo com os coeficientes de cultivo (Tabela 8) e com a evaporação do tanque classe A ou por meio de dados tabelados.

O procedimento para o cálculo da lâmina de irrigação para os sistemas de irrigação por sulcos é similar ao do método de irrigação por aspersão, item 3.2.1. letra c.

Quando se trata de sulcos com declive, deve-se dar um tempo de oportunidade no final do sulco, para se aplicar a lâmina de irrigação desejada. Sugere-se o uso de sulcos parcialmente bloqueados ao longo do seu comprimento, assim como no seu no final, visando a redução das perdas de água por escoamento superficial.

d) Período de repouso fenológico - Recomenda-se proceder com o descrito no item 3.2.1. letra d.

De qualquer maneira, neste sistema de irrigação, é possível realizar o manejo de água de acordo com as demandas hídricas de cada uma das distintas fases fenológicas da videira.

A aplicação de nutrientes deve ser feita diretamente no solo, de acordo com as recomendações fitotécnicas.

3.3.2. Monitoramento da água no solo

O mesmo procedimento utilizado para o monitoramento da água no solo no sistema de irrigação por aspersão deve ser utilizado para os sistemas de irrigação por sulcos, conforme item 3.2.2.

4. MANEJO DE ÁGUA NA CULTURA DA MANGUEIRA

O manejo de água está diretamente relacionado com o sistema de irrigação selecionado, em decorrência das suas características hidráulicas, coeficiente de uniformidade e eficiência de aplicação, entre outros.

4.1. Manejo de Água sob Irrigação por Gotejamento e por Microaspersão

O manejo de água de uma área irrigada compreende duas fases bem distintas. A primeira corresponde à aplicação de água no solo através do sistema de irrigação e a segunda ao monitoramento da água no volume de solo explorado pelas raízes da planta. A seguir, descreve-se, em separado, cada uma dessas fases.

4.1.1. Manejo da Água Aplicada ao Solo

O manejo da água aplicada ao solo, ao longo do ciclo de cultivo da mangueira, pode ser dividido em seis períodos distintos, como segue:

a) **Período de pré-plantio** - A irrigação de pré-plantio deve ser iniciada logo após o preparo definitivo da cova. O transplantio das mudas só pode ser feito, quando o bulbo, faixa ou taça molhada estiverem formados e a matéria orgânica estiver totalmente fermentada. Quando o solo estiver seco, serão necessários, no mínimo, 15 dias para a formação do bulbo, faixa ou taça molhada. Por outro lado, o tempo necessário para a fermentação da matéria orgânica posta na cova depende da proporção de esterco misturado com solo. Quando essa proporção for de seis partes de terra para uma de esterco, o tempo de fermentação pode ocorrer dentro de um período de 15 a 20 dias, caso as irrigações sejam feitas diariamente. Caso as proporções entre solo e esterco sejam inferiores, o tempo de fermentação pode variar de 30 a 45 dias, mesmo com irrigações diárias.

b) **Período de plantio e de desenvolvimento inicial** - Durante os primeiros dias após o transplantio das mudas, as irrigações devem ser feitas diariamente e em curto período de tempo, dependendo do tipo de sistema de irrigação localizada, como segue:

Quando se utiliza o sistema de irrigação por gotejamento, recomenda-se irrigar com 20 a 30% do tempo máximo de rega por dia, para as condições em que o sistema foi dimensionado. Recomenda-se, ainda, posicionar as linhas com gotejadores em relação à planta, de modo que o emissor coincida com a muda. Durante essa fase de cultivo, apenas uma linha de gotejo é suficiente para atender

à demanda hídrica da cultura principal, podendo a outra linha ser deslocada para a irrigação da cultura consorciada.

Quando se utiliza o sistema de irrigação por microaspersão, recomenda-se adotar o mesmo procedimento descrito para o gotejamento, caso o emissor utilizado apresente a possibilidade de inversão ou de permuta do seu defletor. Esse recurso proporciona uma redução substancial do alcance do microaspersor, permitindo que toda a água aspergida possa ser concentrada num pequeno círculo. Dessa maneira, é possível concentrar toda a água aplicada na cova, onde a muda de manga foi transplantada. O microaspersor deve continuar nessa posição até o 6º ou 8º mês, após o transplante das mudas, ou até quando a evolução do crescimento do sistema radicular indicar a necessidade do aumento de área umedecida. Nessa fase, a utilização de culturas em consórcio fica impossibilitada. Caso se utilize emissores que não permitem a inversão ou a troca do defletor (microaspersores de longo alcance), em que a área molhada tem a forma de taça ou de faixa, recomenda-se irrigar de 70 a 80% do tempo máximo de rega por dia, para as condições em que o sistema foi dimensionado. Nessa fase de cultivo, recomenda-se a utilização de culturas em consórcio com controle de ervas daninhas.

Toda a atenção deve ser dada para a 1ª semana de rega, a partir do transplante, especialmente quando a muda vem em substrato argiloso e endurecido. Nesse caso, recomenda-se verificar no final da 1ª irrigação, se a água penetrou no torrão da muda, caso contrário aproximar o emissor mais um da planta.

Caso se disponha na propriedade de materiais que possam ser utilizados como cobertura morta em torno da planta, tanto as perdas de água por evaporação quanto o aquecimento do solo podem ser minimizados. Desse modo, dependendo do tipo de solo, as irrigações também podem ser minimizadas após a 1ª semana.

c) Período de desenvolvimento - Durante as irrigações seguintes, visando facilitar a administração do manejo de água na propriedade, recomenda-se que a lâmina de irrigação seja constante ao longo de uma semana. Ou seja, a lâmina de irrigação deve ser calculada com base na evaporação média diária do tanque classe A, instalado na fazenda. Sugere-se utilizar a evaporação ocorrida no período de sábado a sexta-feira, para o cálculo da evaporação média diária. Esta recomendação é válida para culturas perenes. O volume de água a ser aplicado em cada subunidade de rega depende da lâmina de irrigação e do número de plantas por subunidade de rega.

- Cálculo da evaporação média diária

$$E_{tm} = \frac{Et_1 + Et_2 + Et_3 + Et_4 + Et_6 + Et_7}{7}$$

em que:

E_{tm} = Evaporação média diária (mm);

Et_1 = Evaporação diária (mm);

.....
 Et_7 = Evaporação diária (mm)

Vale salientar que algumas propriedades da região do Submédio São Francisco vêm utilizando valores diários de evaporação do tanque classe A, ao invés de valores médios diários.

- Cálculo da lâmina de irrigação

$$L_b = \frac{K_p \times K_c \times E_{tm} \times K_I}{CU}$$

em que:

L_b = Lâmina de irrigação semanal (mm);

K_p = Fator de tanque (Tabela 5);

K_c = Coeficiente de cultura (Tabela 9);

E_{tm} = Evaporação do tanque classe A média diária (mm);

CU = Coeficiente de uniformidade do sistema de irrigação (%), podendo também ser substituído pela eficiência de irrigação (%);

K_I = Efeito de localização. Para plantas com seis a doze meses de idade, utilizar valores de 0,40 a 0,60; para plantas com idade superior a dois anos e meio, utilizar 1,0.

Com base nesse parâmetro, na vazão do emissor e no número de emissores por planta, determina-se o tempo de irrigação por subunidade de rega, caso o sistema de irrigação não seja dotado de válvula volumétrica, tempo este que será constante ao longo da semana seguinte.

No manejo de água sob sistemas de irrigação por gotejamento e por microaspersão, recomenda-se que quando o tempo de irrigação por unidade de rega for superior a três horas, ele seja fracionado em duas ou mais irrigações,

principalmente em solos franco-arenosos, no sentido de evitar perdas excessivas de água por percolação profunda ou asfixia do sistema radicular da planta. O ideal será calcular o volume de água que o solo pode armazenar na profundidade efetiva da raiz.

Quando o sistema de irrigação é operado com pressão de serviço muito abaixo do valor calculado no projeto, o sistema fica hidráulicamente desequilibrado, podendo proporcionar uma grande variação de vazão nos emissores e, conseqüentemente, do coeficiente de uniformidade ou eficiência de irrigação e da lâmina de água aplicada.

Tabela 9. Valores de Kc para a cultura da mangueira (cultivada em zonas predominantemente secas, com ventos de 2,02 a 4,92 m/s).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Plantas com idade superior a dois anos (cultivos limpos)	0,75	0,50	0,55	0,55	0,55	0,6	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Sem programa de controle de ervas	0,75	0,75	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,8
Plantas com idade de um a dois anos (cultivos limpos)	0,45	0,45	0,5	0,5	0,5	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,5	0,5
Sem programa de controle de ervas	0,75	0,75	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,8	0,8
Plantas com idade inferior a um ano (cultivos limpos)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,4	0,4
Sem programa de controle de ervas	0,85	0,85	0,9	0,9	0,9	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,9	0,9

Fonte: Curso (1981)

Obs.: Esses valores foram adaptados da cultura do citros, mas que vêm sendo adequados no manejo de água em várias propriedades da região do Submédio São Francisco.

d) Período de repouso fenológico - O manejo de água durante o período de repouso fenológico da mangueira é muito importante para a indução floral. Praticamente, não existem na literatura, informações sobre esse assunto, uma vez que essa cultura é explorada, na maioria dos países, sob condições de sequeiro.

Recomenda-se que no final do período de repouso fenológico, a irrigação seja reduzida a um valor mínimo, de modo que a planta continue em plena atividade fotossintética, a fim de suprir de carboidratos seus ramos, caule e raízes, para serem utilizados, principalmente, por ocasião da indução floral, floração e início de desenvolvimento dos frutos.

Como a mangueira é uma cultura de ciclo anual, o número de subunidades de rega é relativamente pequeno, quando comparado com a cultura da videira.

e) Período de estresse hídrico - No início do período de estresse hídrico, sob irrigação localizada, recomenda-se que o fornecimento de água seja reduzido de maneira gradativa, uma vez que o volume de solo molhado é bastante pequeno e a densidade radicular bastante alta, de modo a condicionar a planta para o período de estresse hídrico pleno. Deve-se levar em consideração que o período de estresse hídrico é função da capacidade de retenção de água do volume de solo explorado pelas raízes da planta. Desse modo, os plantios situados em solos arenosos necessitam de menor período de estresse hídrico do que os plantios situados em solos argilosos. Porém, tem-se observado, na região do Submédio São Francisco, que algumas propriedades adotam períodos de estresse hídrico superiores a dois meses em solos arenosos sob irrigação por localizada, mas que não conseguem o nível de indução floral desejado, devido à presença de lençol freático que proporciona umidade disponível no perfil do solo, suficiente para o desenvolvimento vegetativo da planta. Por outro lado, em outras propriedades, tem-se observado estresse hídrico rigoroso, provocando uma queda de folhas bastante excessiva. Mesmo que se consiga um nível de indução floral desejado, a queda excessiva de folhas pode reduzir tanto o número quanto o tamanho dos frutos por planta, ou mesmo afetar a produtividade da safra seguinte.

f) Período de reinício da irrigação - No reinício da irrigação, após o estresse hídrico, deve-se aplicar lâminas de água gradativamente crescentes (a evapotranspiração real acrescida de 10%), visando atender a demanda evapotranspirométrica da planta e a recomposição do bulbo, taça ou faixa molhados.

A irrigação só deve ser reiniciada quando pelo menos 50% dos ramos estiverem lançados as inflorescências, principalmente em áreas predispostas à formação de lençol freático elevados.

4.1.2. Monitoramento da água no solo

O monitoramento da água no solo deve ser procedido com descrito no item 3.1.2.

4.2. Manejo de água sob irrigação por aspersão na cultura da manga

4.2.1. Manejo da água aplicada ao solo

Os procedimentos para o manejo de água nos períodos de pré-plantio, plantio, de desenvolvimento e de repouso fenológico são semelhantes aos apresentados para a cultura da videira, porém utilizando os valores de coeficientes de cultivo da manga (Tabela 9).

Os cálculos das lâminas de água devem ser procedidos de maneira similar a cultura da mangueira, porém tomando por base os valores de coeficientes de cultivo da Tabela 10, considerando o coeficiente de localização igual a 1,0, desde o plantio das mudas.

Tabela 10. Valores de Kc para a cultura da bananeira (cultivada em zonas predominantemente secas, com ventos de 2,02 a 4,92 m/s).

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Plantas com idade superior a um ano (cultivos limpos)	1,10	0,70	0,75	0,70	0,75	0,85	1,05	1,20	1,20	1,20	1,15	1,15
Plantas com idade inferior a um ano (cultivos limpos)	0,40	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,95	1,10	1,15	1,10	1,10

Fonte: Curso (1981)

Um dos inconvenientes do uso da irrigação por gotejamento na cultura da bananeira, deve-se ao deslocamento das plantas ao longo do tempo. Ou seja, algumas vezes estrangula a linha lateral quando esta fica presa entre duas plantas ou por outro lado, a planta fica muito afastada do bulbo molhado.

O monitoramento da água no solo deve ser feito de maneira similar às culturas da videira e da mangueira, conforme item 3.2.2.

5.2. Manejo de Água na Cultura da Bananeira sob Irrigação por Aspersão

Os procedimentos para o cálculo da lâmina de água são similares a cultura da videira, conforme item 3.2.1., porém utilizando os valores de coeficientes de cultivo da bananeira (Tabela 10).

Apesar da irrigação por aspersão destacar-se como um dos métodos mais utilizados nesta cultura, a interseção do jato de água do aspersor com os caules das plantas podem proporcionar a obtenção de coeficientes de uniformidade muito baixos. Para minimizar este problema, recomenda-se utilizar espaçamentos menores entre linhas laterais ou alternância de posição das linhas laterais entre irrigações consecutivas.

5.3. Manejo de Água na Cultura da Bananeira sob Irrigação por Sulcos ou Bacias em Nível

Os procedimentos para o cálculo da lâmina de água são similares a cultura da videira, conforme item 4.2.1., porém utilizando os valores de coeficientes de cultivo da bananeira (Tabela 10).

6. Manejo de Água da Cultura da Goiabeira

O manejo de água desta cultura é bastante similar ao da cultura da videira, uma vez que necessita de estresse moderado e de curta duração após a colheita dos últimos frutos. Este curto período de repouso é decorrente da acumulação de reservas que a planta inicia a partir do momento, em que o número de frutos remanescente na mesma diminui bruscamente. O período de repouso é seguido de desfolha por processo químico e de poda.

Como não se dispõem valores de coeficientes de cultivo para esta cultura, sugere-se utilizar os coeficientes da videira, porém considerando um ciclo de produção de 180 dias.

Dentre os métodos de irrigação utilizados para a exploração desta cultura, a de aspersão poderá trazer alguns problemas fitotécnicos, por ocasião da floração, devido a possibilidade de lavagem do pólen das flores pela aspersão da água.

7. Manejo de Água da cultura do Coqueiro

O manejo de água desta cultura é bastante semelhante a cultura da bananeira por apresentar um ciclo fenológico único. Tem-se observado que a deficiência de água no solo provoca o abortamento e a queda de frutos, até mesmo daqueles já bastante desenvolvidos e os frutos remanescente na planta tendem a ficar bastante pequenos.

8. Manejo de Água da Cultura da Pinheira

Trata-se de uma cultura tradicionalmente explorada, em condições de sequeiro. Apesar disso, é cultura que, sob irrigação por aspersão, apresenta problemas por ocasião das fases de floração e de vingamento dos frutos, devido a ocorrência de fungos (Manica et al., 1994). Segundo esses mesmos autores, durante a maturação dos frutos, este sistema de irrigação também tende a

prejudicar a qualidade dos frutos, causada por fungos, que promovem um maior grau de apodrecimento após a colheita. Isto significa, não apresentará maiores problemas quando cultivada sob os métodos de irrigação localizada ou por superfície.

Um pequeno período de repouso fenológico seguido de um estresse hídrico moderado e desfolha química, poderá favorecer a obtenção de bons índices de floração.

8. Sistema Radicular de Culturas frutícolas em Áreas Irrigadas

Segundo Richards (1983), as raízes dependem inteiramente das folhas da planta para o seu suprimento de carboidratos e estas dependem das raízes para o seu suprimento de água e de nutrientes minerais. Menciona, ainda, que a interrelação entre as raízes, as folhas e as condições ambientais da raiz e das folhas, pode interferir de forma marcante na produtividade e na qualidade dos frutos.

Quando o suprimento de carboidratos não é um fator limitante, a taxa de crescimento das raízes das plantas depende de fatores ambientais, dos quais os mais importantes são o impedimento mecânico do solo, a temperatura do solo, o potencial osmótico da solução do solo e o potencial matricial de água no solo (Richards, 1983).

As consequências dos métodos de irrigação na distribuição do sistema radicular das culturas frutícolas têm sido estudadas intensivamente. O sistema radicular desenvolvido sob irrigação por gotejamento depende de muitos fatores, destacando-se dentre eles, a natureza do solo, volume de solo molhado, quantidade de água aplicada, frequência de irrigação e características hidráulicas dos emissores.

Avilan & Menezes (1979) mostraram que a sequência de textura ao longo do perfil do solo, exerce uma influência marcante sobre a distribuição vertical e lateral do sistema radicular da mangueira.

A distribuição do sistema radicular sob irrigação por gotejamento pode proporcionar uma maior sensibilidade à seca, devido à elevada densidade radicular por unidade de volume de solo molhado.

Winkler et al. (1974) afirmam, também, que condições de solo saturado, por um período suficientemente longo, podem restringir o nível de oxigênio no solo para o suprimento das raízes.

Choudhury & Soares (1993), em estudo realizado em Latossolo, na cultura da mangueira, variedade Tommy Atkins, sob irrigação por aspersão sobcoba, na fazenda Fruitfort, Petrolina-PE, constataram que 68% das raízes de absorção e 86% das raízes de sustentação estão localizadas na faixa horizontal de 90 - 260cm em relação ao caule, na profundidade do solo de 0 - 120cm (Figura 5). Na

distribuição vertical, 65% das raízes de absorção e 56% de sustentação ocorrem na profundidade do solo de 0 - 60cm.

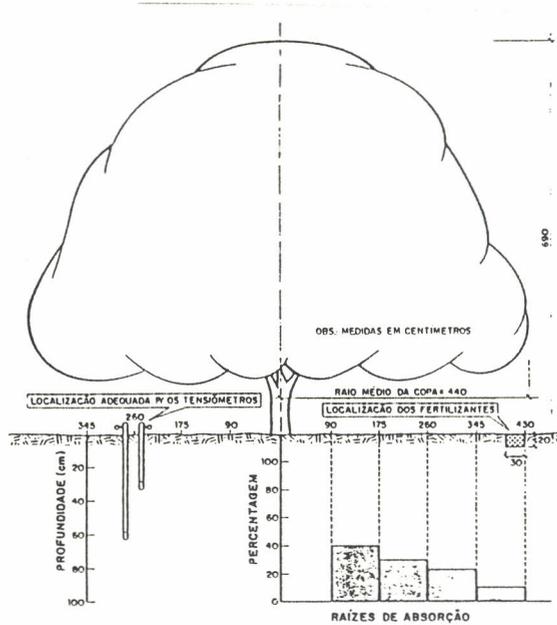


FIG. 5. Distribuição do sistema radicular da mangueira var. Tommy Atkins, em Latossolo, sob irrigação por aspersão sobcopa.

Um outro fator que pode afetar bastante o desenvolvimento da planta, sua produtividade e a qualidade dos frutos, é o seu nível de nutrição mineral. De um modo geral, o método de adubação deve estar relacionado com o método de irrigação, tipo de solo, estágio fenológico da planta e distribuição do sistema radicular.

Soares et al (1994a), avaliando a distribuição do sistema radicular da videira var. Itália, num solo Podzólico Bruno Amarelo a Amarelo Avermelhado Distrófico, sob irrigação por gotejamento, constataram que 54,10 e 87,40% das raízes estavam concentradas nos espaços compreendidos entre 0 e 35 e entre 0 e 105cm, em relação ao centro da fileira de plantas, quando se considerou a camada de 0 a 40cm (Tabela 11). Quando analisaram a distribuição das raízes entre plantas ao longo da fileira, nesta mesma camada, constataram que as concentrações de raízes diminuíram de 50,29 para 19,15%, a medida que se afastava da planta (Tabela 11). Constataram também, nas camadas de 40 a 80 e de 80 a 120cm, que 82,46 e 65,37% das raízes, respectivamente, estavam contidas no espaço de 0 a 105cm em relação ao centro da fileira de plantas (Tabelas 12 e 13). Constataram ainda, que a distribuição vertical de raízes, diminuem gradativamente com a profundidade das camadas do solo, quando se considera os espaçamentos entre fileiras de plantas ou o espaçamento entre

plantas ao longo da fileira (Tabelas 14 e 15). Esses autores, relacionando o perfil longitudinal do bulbo molhado com a distribuição vertical de raízes, verificaram que a localização dos fertilizantes no solo, em pequenas profundidades, poderia está afetando a nutrição da planta, uma vez que os fertilizantes ficavam quase que totalmente expostos na superfície do solo, onde a concentração de raízes era mínima.

TABELA 11. Distribuição horizontal de raízes de videira var. Itália na camada 0 a 40cm sob irrigação por gotejamento.

Semi-distância entre fileiras (cm)	Semi-distância entre plantas (cm)			Percent. de raízes entre fil.	Perc. acum. de raízes entre fileiras
	0 a 42	43 a 84	85 a 126		
0 a 35	30,61	14,78	8,71	54,10	54,10
35 a 70	9,59	7,44	6,31	23,34	77,44
71 a 105	4,29	3,79	1,88	9,96	87,40
106 a 140	3,42	2,76	1,37	7,55	94,95
141 a 175	2,38	1,79	0,88	5,05	100,00
Perc. de raízes entre plantas	50,29	30,56	19,15	100,00	

Fonte: Soares et al. (1994a).

TABELA 12. Distribuição horizontal de raízes de videira var. Itália na camada 40 a 80cm sob irrigação por gotejamento.

Semi-distância entre fileiras (cm)	Semi-distância entre plantas (cm)			Percent. de raízes entre fil.	Perc. acum. de raízes entre fileiras
	0 a 42	43 a 84	85 a 126		
0 a 35	18,29	12,77	4,57	35,63	35,63
35 a 70	9,45	11,37	7,66	28,48	64,11
71 a 105	7,26	4,09	7,00	18,35	82,46
106 a 140	5,53	5,46	2,04	13,03	95,49
141 a 175	2,93	1,18	0,40	4,51	100,00
Perc. de raízes entre plantas	43,46	34,87	21,67	100,00	

Fonte: Soares et al. (1994a).

TABELA 13. Distribuição horizontal de raízes de videira var. Itália na camada 80 a 120cm sob irrigação por gotejamento.

Semi-distância entre fileiras (cm)	Semi-distância entre plantas (cm)			Percent. de raízes entre fil.	Perc. acum. de raízes entre fileiras
	0 a 42	43 a 84	85 a 126		
0 a 35	13,80	13,38	10,58	37,76	37,76
35 a 70	6,29	2,61	4,01	12,91	50,67
71 a 105	6,19	6,48	2,03	14,70	65,37
106 a 140	10,75	9,13	6,62	26,53	91,90
141 a 175	4,63	2,76	0,71	8,10	100,00
Perc. de raízes entre plantas	41,69	34,36	23,95	100,00	

Fonte: Soares et al. (1994a).

TABELA 14. Distribuição vertical de raízes de videira var. Itália entre plantas sob irrigação por gotejamento.

Profundidade da camada (cm)	Semi-distância entre plantas (cm)			Percentag. média de raízes	Perc. média acumulada
	0 a 42	43 a 84	85 a 126		
0 a 40	67,10	60,55	48,72	62,59	62,59
41 a 80	24,80	29,55	28,95	27,77	90,36
81 a 120	8,10	9,90	10,93	9,64	100,00
Percentag. acumulada	100,00	100,00	100,00	100,00	

Fonte: Soares et al. (1994a).

TABELA 15. Distribuição vertical de raízes de videira var. Itália entre fileiras de plantas sob irrigação por gotejamento.

Profundidade da camada (cm)	Semi-distância entre fileiras de plantas (cm)					Percent. média
	0 a 35	36 a 70	71 a 105	106 a 140	141 a 170	
0 a 40	72,92	64,02	49,95	44,47	61,90	58,65
41 a 80	19,65	30,83	39,33	32,80	23,63	29,25
81 a 120	7,43	5,15	10,72	22,73	14,45	12,10
Percentag. acumulada	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Fonte: Soares et al. (1994a).

Verifica-se portanto, que o conhecimento do sistema radicular das culturas podem fornecer subsídios tanto para o dimensionamento de sistemas de irrigação quanto para o manejo de água e de nutrientes.

LITERATURA CITADA

- AVILAN, R.L.; MENEZES, L. Effect of physical characteristic of the soil on the root distribution of mango trees (*Mangifera indica* L.). Turrialba, v.29, n.2, p.117-122, 1979.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. il. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29).
- ASSIS, J.S. de; BASSOI, L.H.; LIMA FILHO, J.M.P.; RIBEIRO, H.A.; SILVA, M.R. da **Suspensão da irrigação na pré-colheita da uva Itália e sua conservação pós-colheita**. Petrolina, PE. 1996. [s.t.n.]. 9p.
- BENAVIDES, J. G.; LOPEZ, D. Formula para el calculo de la evapotranspiracion potencial adaptada al trópico (15° N - 15° S). **Agronomia Tropical**, Maracay, Venezuela, v. 20, n. 5, p. 335-345, 1970.
- BLANEY, F.H.; CRIDDLE, W.D. **Determining consumptive use and irrigation water requirements**. [S.I.]; USDA, 1961. 93p. il.
- CHOUDHURY, E.N.; SOARES, J.M. Comportamento do sistema radicular de fruteiras irrigadas. I. Mangueira em solo arenoso sob irrigação por aspersão sobcoba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 12., 1993, Porto Alegre, RS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.14, n.3, p.169-176, 1992.
- CURSO INTERNACIONAL DE RIEGO LOCALIZADO: RELACIONES AGUA-SUELO-PLANTA-ATMOSFERA, 2., 1981, Madrid, España. **Curso...** Madrid: Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Centro Nacional de Canaria, DSR, 1981. Apêndice 14.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento dos cultivos**. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p.il. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 33).
- HARGREAVES, G.H. **Potential evapotranspiration and Irrigation requirements for Northeast Brazil**. Logan: Utah State University, 1974. 55p.
- HERNANDEZ ABREU, J.M.; RODRIGO LOPEZ, J. **El riego por goteo**. Madrid: Ministério de agricultura, 1977. 32p. il. (Espanha). Ministério de Agricultura. **Hojas divulgadoras 11-12/77 HD**).
- HANSEN, V.E.; ISRAELSEN, O.W.; STRINGHAM, G.E. **Irrigation principles and practices**, New York: J. Willey, 1979. 415p.
- KLIEWER, W.M. **Grapevine physiology: how does a grapevine make sugar?** Davis: University os California, Division of Agricultural Sciences. 1981, 14p.

- MANICA, I.; ACCORSI, M.R.; BELLOTO, F.A.; FIORAVANÇO, J.C.; KIST, H.G.K.; MORALES, C.F.; PAIVA, M.C.; SCHWARZ, S.F. *Fruticultura - Cultivo da aonáceas*. Porto Alegre, Evangraf, 1994. 117p il.
- MERRIAM, J.L.; KELLER, J.; ALFARO, J. *Irrigation system evaluation and improvement*. Logan: Utah State University, 1973. 172p.
- NASCIMENTO, T.; SOARES, J.M. **Bulbo Infiltrômetro**. Petrolina. (EMBRAPA, comunicado Técnico 32). 1989. 6p.
- NASCIMENTO, T.; SOARES, J.M.; PINTO, J.M. **Caracterização hidráulica de microaspersores**. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 9., 1991, Natal, RN. *Anais...* Natal, ABID, 1991. v. 1, p.191-243.
- RICHARDS, D. The grape root system. *Horticultural Reviews*, v.5, p.127-168, 1983.
- SOARES, J.M.; NASCIMENTO, T.; CASTRO NETO, M.T. & SILVA, D. D da **Monitoramento do manejo de água na cultura da videira a nível de campo sob irrigação por gotejamento**. In: REDE DE COOPERAÇÃO TÉCNICA ENTRE A EMBRAPA-CPATSA/FAZENDA FRUTIVALE - Relatório Técnico de Atividades de Pesquisas Desenvolvidas nas Culturas da Videira e da Mangueira. Petrolina-PE. p 3-39. 1994a.
- SOARES, J.M.; NASCIMENTO, T.; CASTRO NETO, M.T. & SILVA, D. D da **Monitoramento do manejo de água na cultura da videira a nível de campo sob irrigação por sulco**. In: REDE DE COOPERAÇÃO TÉCNICA ENTRE A EMBRAPA-CPATSA/FAZENDA FRUTIVALE - Relatório Técnico de Atividades de Pesquisas Desenvolvidas nas Culturas da Videira e da Mangueira. Petrolina-PE. p 40-70. 1994b.
- SOARES, J.M.; CORDEIRO, G.G.; LIMA, M.I. de; SANTOS, C.R. dos; SILVA, J.D. da; PEREIRA, J.R.; **Monitoramento do manejo de água na cultura da videira a nível de campo sob irrigação por gotejamento**. In: REDE DE COOPERAÇÃO TÉCNICA ENTRE A EMBRAPA-CPATSA/FAZENDA BOA ESPERANÇA - Relatório Técnico de Atividades de Pesquisas Desenvolvidas na Cultura da Videira. Petrolina-PE, 1996.
- SOARES, J.M.; COSTA, F.F. da; CAMPELLO, G.B.; MOTA, C.A.; FARIA, D.S. de; CURSIER, R.; SANTOS, E.D.; VELOS, C.; AZEVEDO, H.M. de; SILVA, D.A. da; NOGUEIRA, F.C.; MARINHO, F.; BERNARDINO, J.; SUASSUNA, J. **Irrigação localizada: Conceitos e Definições**. Petrolina, PE: (EMBRAPA-CPATSA, Circular Técnica ...). 1995. 44p. No prelo.
- TINKER, F.B. Root distribution and nutrient uptake. In: SYMPOSIUM ON THE SOIL/ROOT SYSTEM, 1980, Londrina, PR. *Proceedings...* Londrina: IAPAR, 1981. p.115-136.