

## **CAPÍTULO 2**

# **IRRIGAÇÃO**

*José Monteiro Soares*  
*Francisco Fernandes da Costa*

# IRRIGAÇÃO

José Monteiro Soares<sup>1</sup>  
Francisco Fernandes da Costa<sup>2</sup>

## INTRODUÇÃO

Embora a mangueira seja considerada uma planta bastante resistente à seca, alguns estudos têm mostrado que ela apresenta um maior crescimento vegetativo, maior retenção de frutos e, conseqüentemente, maior produtividade sob condições de irrigação (Azzous & El-Nokrashyand Dashan, 1977).

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

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.

Constatações similares às citadas por esses autores, também têm sido registradas na cultura da mangueira, na região do Submédio São Francisco.

---

<sup>1</sup> Engo. Agro. M.Sc. em Irrigação e Drenagem; EMBRAPA-CPATSA; Caixa Postal 23, 56300-000 Petrolina, PE.

<sup>2</sup> Engo. Agro. M.Sc. em Irrigação e Drenagem; DSF - Irrigação do Vale, Fone (081)961.1775, 56300-000 Petrolina, PE.

## SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO

### Escolha do Sistema de Irrigação

Segundo Scaloppi (1986), a escolha de cada um dos sistemas de irrigação depende de uma série de fatores técnicos, econômicos e culturais, concernentes a cada condição específica. Dentre os fatores técnicos, destacam-se os seguintes: 1) recursos hídricos (potencial hídrico, situação topográfica, qualidade e custo da água); 2) topografia; 3) solos (características pedológicas, retenção de água, infiltração, características químicas, forma das manchas do solo e profundidade); 4) clima (precipitação, vento e umidade relativa); 5) cultura (altura das plantas, exigências agrônômicas e valor econômico); 6) aspectos econômicos (custos iniciais, operacionais e de manutenção); 7) fatores humanos (nível educacional, poder aquisitivo, tradição e outros).

De um modo geral, a cultura da mangueira pode ser explorada sob os sistemas de irrigação por gotejamento, microaspersão, aspersão, sulcos e por microbacias, sendo que os sistemas de irrigação por gotejamento, sulcos e por microbacias são indicados para solos argilo-arenosos e argilosos, enquanto que os sistemas por aspersão e por microaspersão são mais adequados para solos arenosos e areno-argilosos.

Na região do Submédio São Francisco, existe atualmente instalada nas áreas irrigadas, uma série de modelos de gotejadores e de microaspersores de fabricação nacional e importados, cujas características hidráulicas são bastante distintas. Tem-se constatado o uso de gotejadores com vazão variando entre 2,0 e 4,0 l/h, arranjados com uma ou duas linhas laterais por fileira de planta, tanto em solos arenosos quanto em solos argilosos. Tem-se constatado, também, o uso de microaspersores autocompensantes e não compensantes, com vazões que variam de 20 a 120 l/h, com raios de alcance bastante distintos. Dentre estas variações de concepção de projetos, tem-se verificado muitos acertos, mas, também, erros grosseiros.

A seguir, faz-se a discussão de uma série de características específicas de cada sistema de irrigação.

## 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. 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).

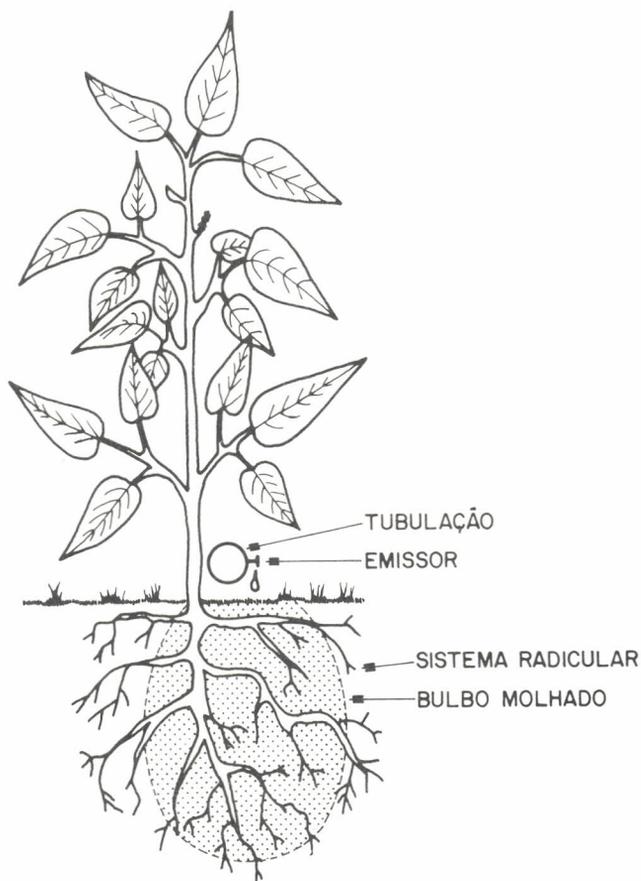


FIG. 1. Comportamento do bulbo molhado e a distribuição do sistema radicular da planta sob irrigação por gotejamento.

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.

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%.

Em estudos realizados por Soares et al (1992), nas áreas cultivadas com mangueira na região do Submédio São Francisco, tem-se constatado que a percentagem de área molhada por planta tem variado de 14 a 30% (Tabela 1), com uma percentagem de área molhada por planta da ordem de 30% sob irrigação por gotejamento. A Fazenda Nova Fronteira, em Curaçá-BA, bem obtendo aumento de produtividade, à medida que a planta se torna mais adulta. A produtividade média obtida no ano de 1993 foi da ordem de 35 t/ha, para uma cultura com idade de seis anos. Enquanto isso, nas Fazendas Frutiner, em Curaçá-BA e DAN, em Petrolina-PE, o dimensionamento de sistemas de irrigação por gotejamento, com percentagens de área molhada da ordem de 15 e de 8%, respectivamente, resultou na paralisação do crescimento das plantas e, conseqüentemente, na redução da produtividade da

mangueira, quando a planta atingiu a idade média de três a quatro anos. A ocorrência de problemas desse tipo é decorrente de projetos mal concebidos. Ou seja, na fazenda Frutitor, o sistema de irrigação por gotejamento foi dimensionado com apenas uma linha lateral de gotejadores com vazão de 4,0 l/h, espaçados entre si de 1,25 m, enquanto que na fazenda DAN, o sistema de irrigação foi dimensionado com duas linhas laterais por fileira de plantas, mas foram utilizados

Tabela 1. Percentagem de área molhada por planta na cultura da mangueira sob irrigação por gotejamento, na região do Submédio São Francisco.

Tipo de solos	Espaçamento entre emissores (m)	N <sup>o</sup> de linhas laterais	Percentagem de área molhada por planta em relação à profundidade		
			20 cm	40 cm	60 cm
PV1	1,25	2	30	100	100
PV1	1,25	2	25	33	100
PV1	1,25	1	14	24	32
PV2	1,25	1	18	23	60

quatro gotejadores por linha, cuja vazão era de 2,30 l/h. Para solução desse problema, o sistema de irrigação por gotejamento foi substituído pelo sistema de irrigação por microaspersão, na fazenda Frutitor, enquanto que na Fazenda DAN, manteve-se o sistema de irrigação como foi concebido, optando-se pela redução do porte da planta.

### 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).

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. Normalmente, os emissores de fabricação nacional apresentam vazões superiores a 60 l/h, tais como, Dantas (MA 070 e MA 120); Asbrasil (com bailarina, com difusores circular e setorial), Jatíssimo (com defletor com ranhuras), Irriplast tipo vortex, dentre outros.

b) Raio 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 - 180 cm e MA 120 - 285 cm), sob uma pressão de serviço de 1,50 atm; Asbrasil (com difusor circular de

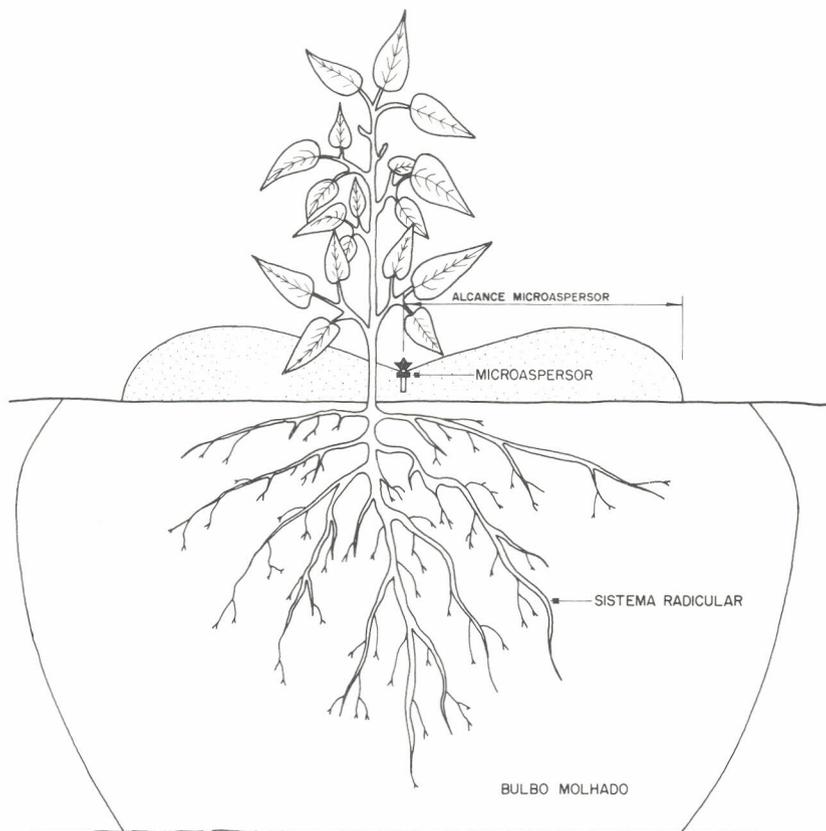


FIG. 2. Comportamento do bulbo molhado e a distribuição do sistema radicular da planta sob irrigação por microaspersão.

165cm, sob pressão de serviço de 1,75 atm e com difusor setorial de 90cm, sob pressão de serviço de 1,0 atm); Soif com 180cm sob uma pressão de serviço de 1,0 atm.

- 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.

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%.

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, proporcionando um coeficiente de uniformidade de 85%; Microaspersor Dantas MA 120 - a intensidade de aplicação variou de 1 a 22 mm/h, sob pressão de 1,50 atm, proporcionando um coeficiente de uniformidade de 72%; Jatíssimo - a intensidade de aplicação variou de 1 a 13 mm/h, sob pressão de 1,0 atm, proporcionando um coeficiente de uniformidade de 79%; Asbrasil com difusor circular - a intensidade de aplicação variou de 1 a 41 mm/h, sob pressão de 1,75 atm, proporcionando um coeficiente de uniformidade de 60%; Asbrasil com difusor setorial - a intensidade de aplicação variou de 1 a 40 mm/h, sob pressão de 1,0 atm, proporcionando um coeficiente de uniformidade de 84%; Soif - a intensidade de aplicação variou de 1 a 76 mm/h, sob pressão de 1,0 atm, proporcionando um coeficiente de uniformidade de 26%.

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 dois primeiros anos de desenvolvimento da planta.

Atualmente, os microaspersores (difusores) mais recomendados para manga apresentam duas opções de uso, sendo uma na posição invertida, utilizada da fase de plantio até um ano de idade, o que condiciona a redução do raio de alcance do microaspersor, concentrando a área molhada em torno da planta, inclusive a cova e a outra na posição normal, utilizada a partir de um ano de idade da planta, o que proporciona o aumento do raio de alcance do microaspersor e, conseqüentemente, a área molhada por planta.

### **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 o diâmetro dos bocais.

O sistema de irrigação por aspersão convencional do tipo sobrecopa pode ser usado apenas durante os dois primeiros anos de idade da planta, quando, então, deve ser modificado para o sistema de irrigação por aspersão do tipo sobcopa, substituindo apenas os aspersores convencionais por aspersores com ângulo zero.

Porém, na utilização do sistema de irrigação por aspersão em culturas perenes como a mangueira, um dos fatores que pode trazer transtornos para o manejo de água, principalmente quando a cultura estiver com idade superior a dois anos, é o coeficiente de uniformidade de distribuição de água.

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%.

Soares et al. (1992), em estudo realizado na Fazenda Fruitfort, em Petrolina-PE, na cultura da mangueira sob irrigação por aspersão

sobcopa, constataram que o coeficiente de uniformidade de Christiansen foi de apenas 53%, para uma eficiência média de aplicação de 47,78%. Isto decorreu da interceptação do jato de água do aspersor com os ramos das plantas (Figura 3), que distorceu o seu alcance e da variação da pressão de serviço entre o primeiro e o último aspersor, da ordem de 44,44%. Esse sistema de irrigação foi substituído por miniaspersores fixos e localizados ao longo das fileiras de plantas.

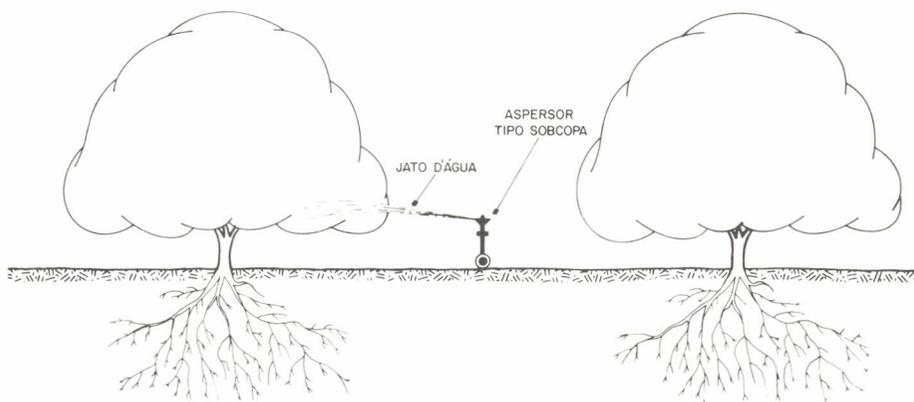


FIG.. 3. Sistema de irrigação por aspersão sobcopa na cultura da mangueira.

Quando se utiliza o sistema de irrigação por aspersão para a exploração da cultura da mangueira, deve-se consorciá-la durante os dois primeiros anos, com culturas anuais ou com culturas perenes de pequeno porte e/ou de ciclo curto, para se reduzir ao mínimo as perdas de água por percolação profunda, uma vez que a percentagem de área molhada por planta é de 100%.

### 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 sulcos e do tempo de irrigação. Desse modo, a porcentagem de área molhada por planta pode ser aumentada à medida que a planta for crescendo, ampliando-se o número de sulcos por fileira de plantas. Porém, esse procedimento pode acelerar as perdas de água por percolação, a lixiviação de nutrientes e de partículas de solo, principalmente quando se trata de solos arenosos.

Em estudos realizados no Perímetro Irrigado de Bebedouro, cuja irrigação é feita por sulcos utilizando sifões, Carvallo & Soares (1988) e Valdivieso Salazar & Cordeiro (1985) constataram que as eficiências de aplicação variaram de 25 a 53%. De um modo geral, essas baixas eficiências de aplicação têm proporcionado a elevação do lençol freático até 50 cm em relação à superfície do terreno. Como consequência disso, tem-se constatado o aumento dos níveis de salinidade e a concentração excessiva de raízes nas camadas superficiais desses solos, o que implica na redução da produtividade e na qualidade dos frutos da mangueira.

### **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 4).

Esse sistema de irrigação pode 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 esterilização dos solos podem ser bem mais acentuados, devido à lixiviação de partículas de solo e de nutrientes. 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.

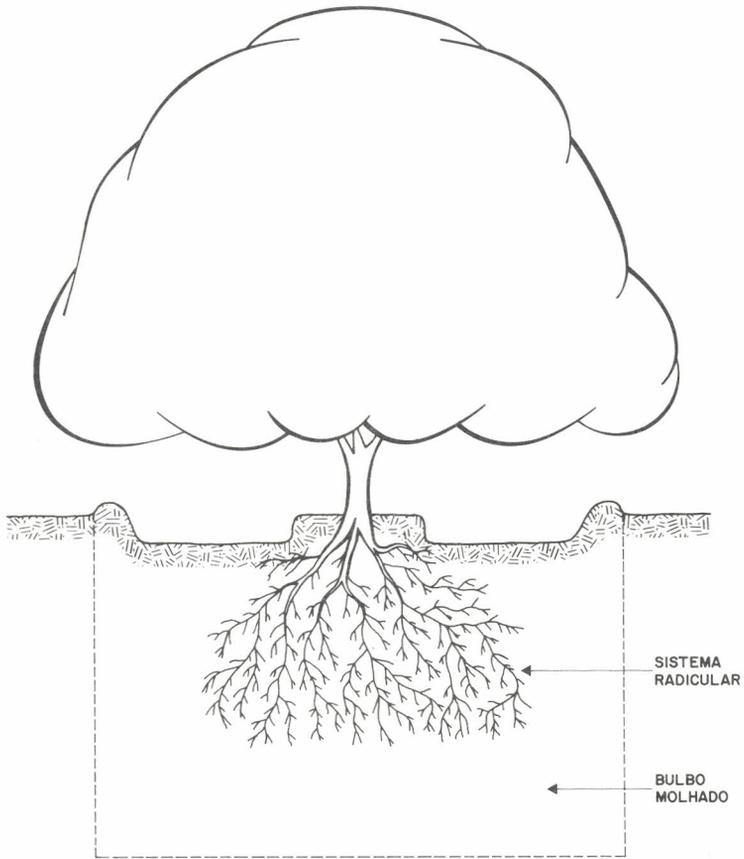


FIG. 4. Comportamento do bulbo molhado e a distribuição do sistema radicular da planta sob irrigação por microbacia, utilizando mangueiras.

## NECESSIDADE DE ÁGUA PARA A CULTURA DA MANGUEIRA PARA A ELABORAÇÃO DE PROJETOS

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 3. Essa metodologia apresenta uma correlação de 86% em relação à evapotranspiração potencial medida, portanto, superior à correlação obtida com a fórmula de Hargreaves.

Tem-se observado muitos problemas em cultivos irrigados de mangueira, em face de os sistemas de irrigação estarem sendo subdimensionados, em relação ao período de máxima demanda hídrica.

Por ocasião da elaboração de projetos de irrigação para essa cultura, particularmente para regiões semi-áridas, sugere-se que a necessidade de irrigação para efeito de dimensionamento de projetos, seja calculada de acordo com a metodologia indicada a seguir:

### a.1) 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 2);

T = temperatura média mensal (°C);

UR = Umidade relativa média do ar (%).

### a.2) Cálculo da evapotranspiração de referência, pela fórmula de Benavides & López (1970)

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

Tabela 3. Cálculo da evapotranspiração de referência (mm/dia) para informações distintas de temperatura T (°C) e de umidade relativa do ar (%).

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

Fonte: Benevides & López (1970)

em que:

Eto = Evapotranspiração de referência (mm/mês);

T = temperatura média do ar (°C);

UR = Umidade relativa média do ar (%).

## b) Cálculo da precipitação efetiva

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

$$Pe = f \times P$$

em que:

Pe = Precipitação efetiva (mm);

f = Fator de correção (Tabela 4);

P = Precipitação real diária (mm).

Tabela 2. 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

Tabela 4. Fator de correção da precipitação (f)

Precipitação mensal (mm)	Coef.de aproveitamento decrescente	Precipitação incremento (mm)	efetiva acumulada (mm)
25	0,95	24	24
50	0,90	23	47
75	0,82	21	68
100	0,65	16	84
125	0,45	11	95
150	0,25	6	101
175	0,05	1	102

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

Tabela 5. Valores de Kc para a cultura da mangueira (cultivada em zonas predominantemente secas, com ventos de 2,02 a 4,92 m/s).

	Jan	Feb	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.

## MANEJO DE ÁGUA

A necessidade de água da mangueira 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, entre outros.

### **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.

#### **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 molhados 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 molhados. 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 transplante 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 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 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 1<sup>a</sup> 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);

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:

Lb = Lâmina de irrigação (mm);

Kp = Fator de tanque (Tabela 6);

Kc = Coeficiente de cultura (Tabela 5);

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 (%);

Kl = 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.

Tabela 6. 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(*)	Velocidade do vento (m/s)	Umidade relativa do ar (%)		
		< 40	40 a 70	> 70
1	< 2,03	0,70	0,80	0,85
10	2,03 a 4,92	0,60	0,70	0,80
100	4,93 a 8,10	0,55	0,65	0,75
1000	> 8,10	8,50	0,60	0,70
1	< 2,03	0,65	0,75	0,80
10	2,03 a 4,92	0,55	0,65	0,70
100	4,93 a 8,10	0,50	0,60	0,65
1000	> 8,10	0,45	0,55	0,60
1	< 2,03	0,60	0,65	0,70
10	2,03 a 4,92	0,50	0,55	0,65
100	4,92 a 8,10	0,45	0,50	0,60
1000	> 8,10	0,40	0,45	0,55
1	< 2,03	0,50	0,60	0,65
10	2,03 a 4,92	0,45	0,50	0,55
100	4,93 a 8,10	0,40	0,45	0,50
1000	> 8,10	0,35	0,40	0,45

Fonte: Doorenbos e Kassam (1979)

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

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.

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, deve-se obedecer às seguintes instruções de instalação e de operação.

- **Localização** - 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. O tanque deve ser instalado nas circunvizinhanças das áreas irrigadas.

- **Proteção** - O tanque deve ser protegido com cercas, para evitar que animais tenham acesso ao mesmo para beber, evitando, assim, leituras erradas.

- **Instalação** - O tanque deve ser colocado sobre um estrado de madeira com 15 a 20cm de altura, conforme Figura 5. 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.

- **Operação** - 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 capacidade de retenção de água do solo, o coeficiente de uniformidade de vazão dos emissores e a pressão de serviço do sistema de irrigação.

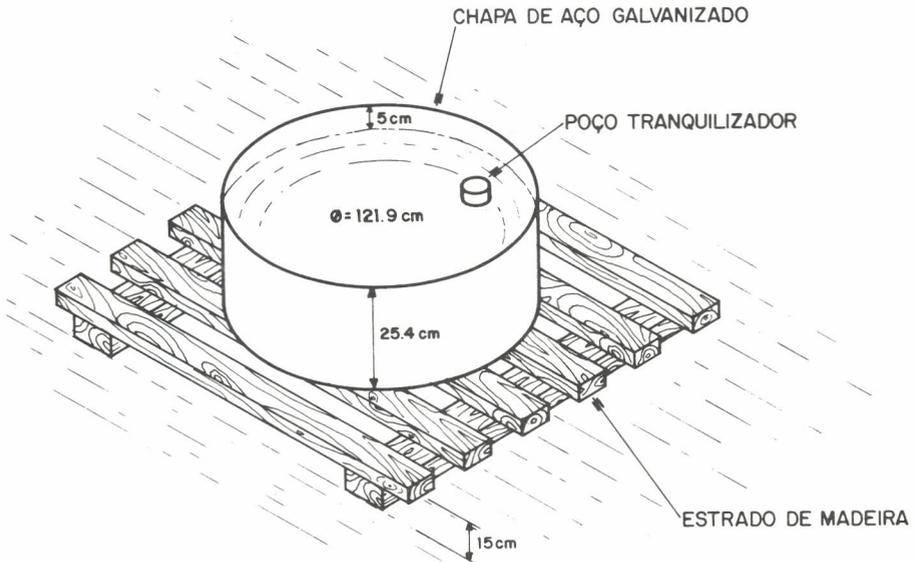


FIG. 5. Esquema de instalação de um tanque de evaporação Classe A.

No manejo de água em 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.

Soares et al (s.d.), avaliando o desempenho de sistemas de irrigação localizada ao nível de campo experimental, constataram que o coeficiente de uniformidade de distribuição de vazão e de entupimento de gotejadores e de microaspersores pode variar bastante ao longo do tempo. Constataram, ainda, que os emissores de fluxo turbulento foram os que apresentaram coeficientes de uniformidade superiores a 90% e percentagens de entupimento em torno de 1%, enquanto que os

emissores do tipo autocompensantes não apresentaram comportamento compatível com o seu desenho hidráulico.

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.

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.

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 impõem períodos de estresse hídrico superiores a dois meses em solos arenosos sob irrigação por gotejamento, mas 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, até atingir 110% ou mais da evapotranspiração real, visando a demanda evapotranspirométrica da planta e a recomposição do bulbo, taça ou faixa molhados.

### **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. (Vide maiores detalhes sobre o sistema radicular da mangueira no item 5).

Os tensiômetros devem ser colocados por mancha de solo e por setor, em que as plantas apresentem a mesma fase fenológica.

A Figura 6 ilustra o esquema de instalação e de leitura dos tensiômetros.

As tensões de água no solo aceitáveis para o manejo das irrigações dependem do tipo de solo. Para solos arenosos, as tensões podem variar entre 15 e 25 centibares e para solos argilosos essas tensões podem alcançar de 40 a 60 centibares (Gurovich e Steiner, 1986). As leituras desses tensiômetros servem para ajustar a lâmina ou o volume de água aplicados ao longo de uma semana. Por exemplo, para a condição em que a tensão de água no solo pode variar entre 15 e 25 centibares, deve-se reduzir em 10% o tempo de irrigação quando a tensão de água no solo permanecer abaixo de 15 centibares durante uma semana de irrigação. Por outro lado, quando as tensões forem superiores a 25 centibares, deve-se aumentar o tempo de irrigação em 10%. Diariamente, num horário pré-determinado, as leituras dos tensiômetros instalados nas áreas devem ser feitas. O potencial de água no solo é obtido pela seguinte equação:

$$m = - (13,6h - h - h_1 - h_2)/10$$

em que:

$m$  = Potencial de água no solo (cb);

$h$  = Altura da coluna de mercúrio (cm de Hg);

$h_1$  = Altura do nível de mercúrio na cuba em relação à superfície do solo (cm);

$h_2$  = Profundidade da cápsula porosa em relação à superfície do solo (cm).

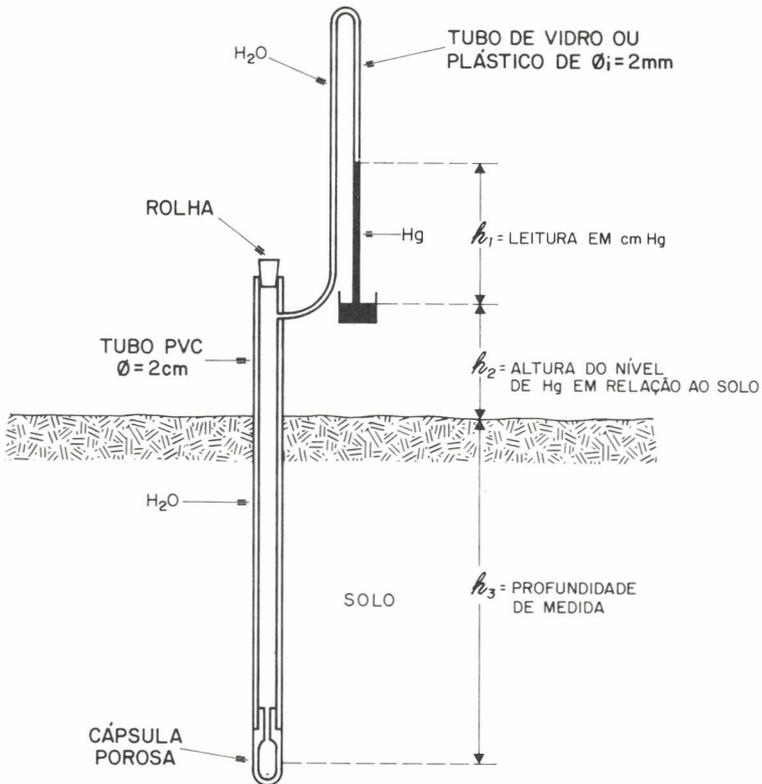


FIG. 6. Esquema de instalação e de leitura de um tensiômetro de mercúrio.

Os dados obtidos deverão ser transformados em centibares e colocados num mesmo gráfico, para cada área piloto. A Figura 7 mostra o comportamento do nível de água num solo do tipo Latossolo, sob

irrigação por gotejamento. Com base no comportamento desse gráfico, serão feitos os ajustes dos fatores utilizados no cálculo dos parâmetros de irrigação.

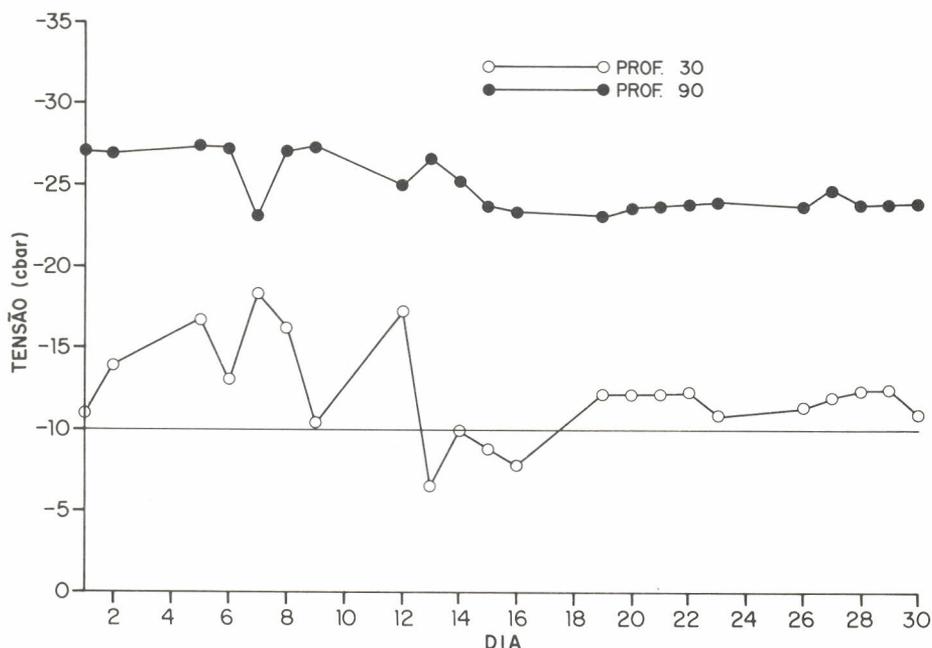


FIG. 7. Comportamento do nível de água no solo ao longo do tempo, medido através de tensiômetro de mercúrio, sob irrigação por gotejamento.

Além do uso de tensiômetros, informações obtidas através de poços de observação e do funcionamento dos drenos devem ser utilizadas. Estes procedimentos orientam o manejo de água, quando as irrigações são feitas em excesso. Caso contrário, estes procedimentos são contraindicados.

### Manejo de água sob irrigação por aspersão

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, apresenta-se uma discussão sobre cada uma dessas fases:

### 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:

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

em que:

Lb = Lâmina bruta (mm);

CC= Capacidade de campo (%);

PM= Ponto de murcha (%);

Da= Densidade aparente (g/cm<sup>3</sup>);

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

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

- b) **Período de plantio** - Para o pegamento das mudas, durante o primeiro mês após o transplante, 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.
- c) **Período de desenvolvimento** - A lâmina de irrigação deve ser calculada com base na evaporação acumulada do tanque classe A instalado na fazenda e nos 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 6);

Kc = Coeficiente de cultura (Tabela 5);

Et = Evaporação do tanque classe A (mm);

Ei = Eficiência de irrigação obtido 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<sup>3</sup>);

Pr = Profundidade do solo (mm);

Y = Nível de água disponível no solo (%). Sugere-se Y = 0,5;

Ei = Eficiência de irrigação (%), obtido através de teste de campo.

Com base nesse parâmetro e na intensidade de aplicação, determina-se o tempo de irrigação por posição.

Quando a cultura da mangueira 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 anual.

Dentre os fatores que influem de maneira significativa no manejo de água, destacam-se a capacidade de retenção de água do solo, o coeficiente de uniformidade, a eficiência de irrigação e a pressão de serviço do aspersor.

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.

d) **Período de repouso fenológico** - Recomenda-se proceder como descrito no item 1.d.

e) **Período de estresse hídrico** - Sob irrigação por aspersão, recomenda-se que o fornecimento de água seja paralisado bruscamente, uma vez que o volume de solo molhado é bastante grande, quando comparado à irrigação localizada. Deve-se levar em consideração, que em solos arenosos, o período em que a planta deve passar sob regime de estresse hídrico é bem menor do que em solos argilosos.

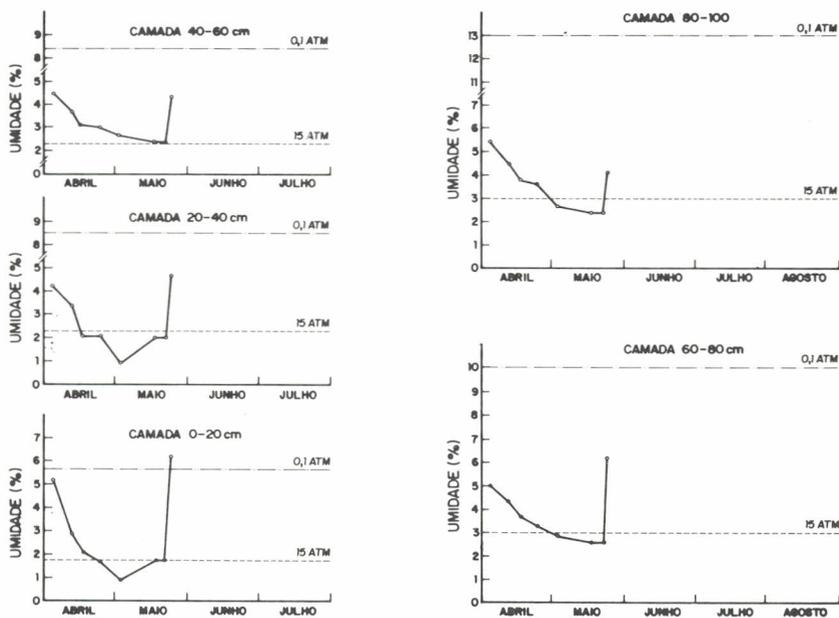


FIG. 8. Flutuação do nível de água ao longo do perfil de um solo arenoso, durante o período de estresse hídrico da cultura da mangueira sob irrigação por aspersão sobcopa. (Fazenda Fruitfort).

Choudhury et al. (s.d.), estudando o nível de estresse hídrico em mangueira irrigada por aspersão sobcopa, em solo arenoso na região do Submédio São Francisco, constataram que o nível de umidade no solo alcançou o ponto de murcha permanente nas camadas de 0 - 30 e de 30 - 60cm de profundidade, condição esta em que permaneceu durante 20 dias (Figura 8). Durante esse período, observou-se uma queda bastante acentuada de folhas, o que pode ter prejudicado, sensivelmente, a capacidade fotossintética da planta.

f) **Período de reinício da irrigação** - O reinício da irrigação também deve ser de maneira brusca, visando elevar o nível de umidade atual até o nível de capacidade de campo, na profundidade efetiva da raiz.

## 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. Desse modo, é de extrema importância o conhecimento do comportamento do sistema radicular da cultura em cada local específico. (Maiores detalhes no item comportamento do sistema radicular da mangueira).

Desse modo, recomenda-se acompanhar a flutuação do lençol freático no solo ao longo do tempo, através de poços de observação. Esses poços podem ser instalados na área irrigada, em malhas quadradas de 100m x 100m ou de 100m x 200m. As leituras do nível do lençol freático podem ser feitas quinzenal ou mensalmente, no sentido de se identificar, em tempo hábil, os pontos críticos da área cultivada. Sugere-se que o lençol freático seja mantido abaixo de 2,00m em relação à superfície do solo, para que não venha prejudicar o aprofundamento normal do sistema radicular da planta, bem como o nível e o período de estresse hídrico que antecede a indução floral. Esse procedimento também é válido para sistemas de irrigação localizada.

Além disso, deve-se acompanhar, através de observações visuais, o comportamento dos drenos parcelares na área como um todo.

## Manejo de Água sob Irrigação por Sulcos e por Microbacias

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, apresenta-se uma discussão referente a cada uma dessas fases:

## 1. Manejo da água aplicada ao solo

a) **Período de pré-plantio** - Recomenda-se proceder como descrito no item 1.a.

b) **Período de plantio** - Recomenda-se proceder como descrito no item 1.b.

c) **Período de desenvolvimento** - Após o pegamento das mudas, as irrigações devem ser feitas de acordo com a evaporação do tanque. A lâmina de irrigação deve ser calculada com base na evaporação acumulada do tanque classe A instalado na fazenda e nos parâmetros tabelados.

O procedimento para o cálculo da lâmina de irrigação para os sistemas de irrigação por sulcos e por microbacias é similar ao do método de irrigação por aspersão.

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 fechados no final, visando a redução das perdas de água por escoamento superficial no final dos sulcos.

Quando se trata do sistema de irrigação por microbacias, a água deve ser aplicada de modo a encher totalmente a microbacia.

O sistema de irrigação por sulcos presta-se para consorciar a mangueira com outras culturas anuais, no sentido de proporcionar maior eficiência de uso do solo. No caso do sistema de irrigação por microbacias, a mangueira pode ser consorciada com outras culturas perenes de menor porte, que devem ser eliminadas quando a mangueira alcançar a idade de dois anos ou mais.

Quando a mangueira for consorciada com outras culturas, as lâminas de água demandadas por cada uma das culturas utilizadas devem ser calculadas com base nos seus respectivos coeficientes de cultura, uma vez que os sulcos ou microbacias dispõem-se de maneira independente.

Dentre os fatores que influem de maneira significativa no manejo de água, destacam-se a capacidade de retenção de água no solo e a eficiência de irrigação.

- d) **Período de estresse hídrico** - Sob irrigação por sulcos, recomenda-se que o fornecimento de água seja paralisado bruscamente, uma vez que o volume de solo molhado é bastante grande, quando comparado à irrigação localizada, enquanto sob irrigação por microbacias, o fornecimento de água à planta deve ser feito gradualmente. Deve-se levar em consideração que em solos arenosos, o período em que a planta deve passar sob regime de estresse hídrico é bem menor do que em solos argilosos.
- f) **Período de reinício da irrigação** - O reinício da irrigação em ambos os sistemas deve ser de maneira brusca.

## 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 e por microbacias.

## COMPORTAMENTO DO SISTEMA RADICULAR

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. Em solos rasos, com areia subsuperficial a 0,60m de profundidade, a irrigação por gotejamento condiciona o desenvolvimento de raízes apenas na camada superficial, confinada a uma largura molhada de 0,80m. No entanto, quando esse mesmo solo foi irrigado com aspersão, as raízes também estavam confinadas na camada superficial, porém o desenvolvimento lateral era de 2,40m.

Soares et al. (s.d.), em trabalho realizado em diversas propriedades irrigadas por gotejamento, na região do Submédio São Francisco, constataram que a textura do solo, a profundidade de camadas endurecidas e o lençol freático influenciaram, de maneira marcante, no desenvolvimento do sistema radicular da cultura da mangueira. A Figura 9 mostra o comportamento do sistema radicular da mangueira, var. Tommy Atkins, com três anos de idade, em solos arenosos, na fazenda Nova Fronteira, Curaçá, BA. Pode-se verificar que 70% do sistema radicular estão confinados na profundidade de 60 a 120cm, uma vez que na camada 0 a 30cm, predomina a areia grossa, enquanto que na camada 30 a 60cm, predomina a areia franca. Como a capacidade de retenção tanto da areia grossa quanto da areia franca é baixa, o

desenvolvimento do sistema radicular ocorreu em maior densidade nas camadas de solo com maior teor de argila, graças à ausência de lençol freático. Caso contrário, o desenvolvimento dessa cultura poderia estar totalmente comprometido. Esse tipo de informação é importante para orientar o manejo de água e a localização de fertilizantes.

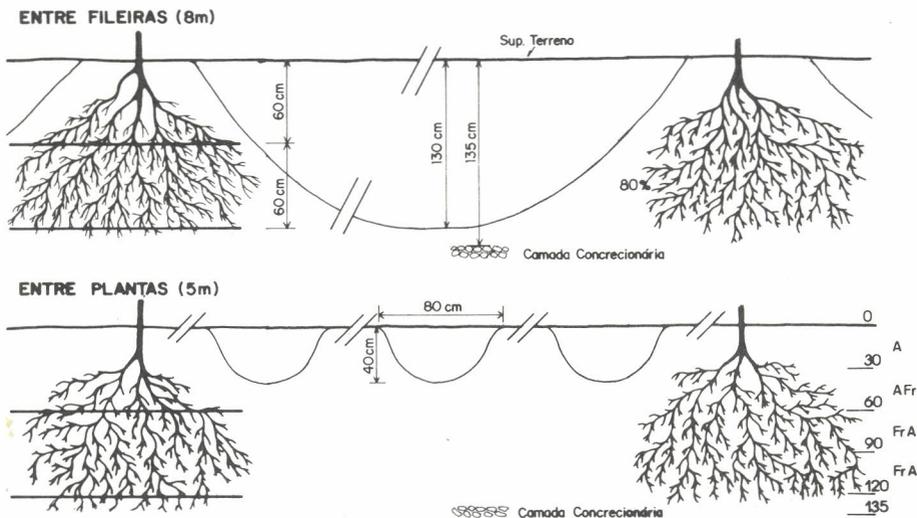


FIG. 9. Distribuição do sistema radicular da mangueira var. Tommy Atkins, em solos arenosos, sob irrigação por gotejamento (Fazenda Nova Fronteira).

Avilan & Menezes (1979) também 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 sobcopa, 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 10). Na distribuição vertical, 65% das raízes de absorção e 56% de sustentação ocorrem na profundidade do solo de 0 - 60cm.

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.

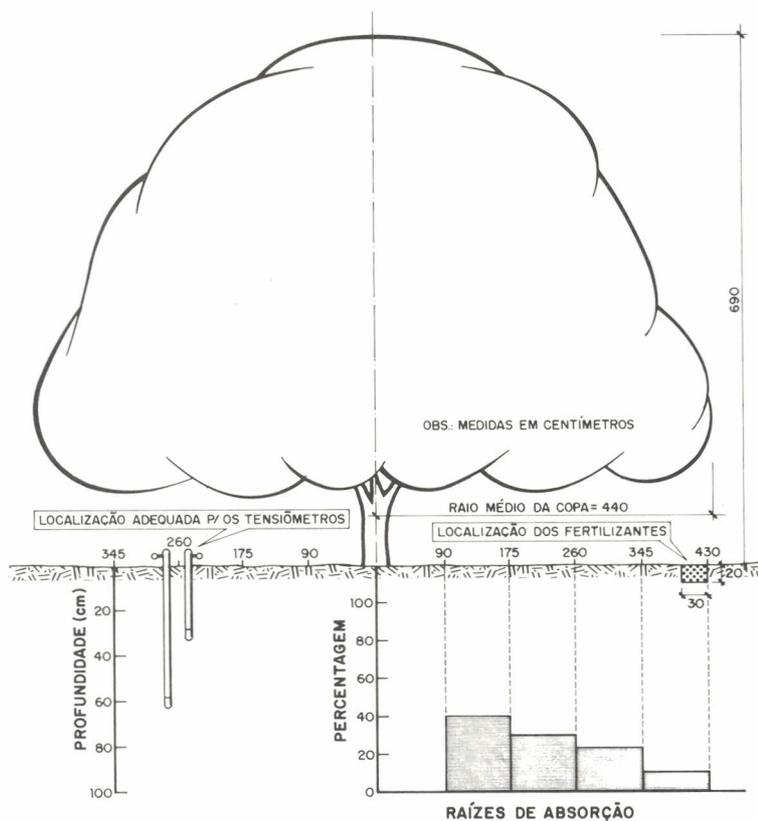


FIG. 10. Distribuição horizontal e vertical do sistema radicular da mangueira, var. Tommy Atkins, num Latossolo sob irrigação por aspersão sobcopa.

## 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.
- AZZOUS, S.; EI-NOKRASHYAND DAHSHAN, I. M. Effect of frequency of irrigation on tree production and fruit quality of mango. **Agricultural Research Review**. v. 55, n. 3, p 59-66, 1977.
- BENAVIDES, J. G.; LOPEZ, D. Formula para el calculo de la evapotranspiracion potencial adaptada al trópico (15o N - 15o 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.
- CARVALLO GUERRA, H.O.; SOARES, J.M. **Eficiência de irrigação por sulcos ao nível de parcela no sistema de irrigação de Bebedouro**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1986. 33p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 18).
- CHOUDHURY, E.N.; SOARES, J.M. Comportamento do sistema radicular de fruteiras irrigadas. I. Mangueira em solo arenoso sob irrigação por aspersão sobcopa. 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.
- CHOUDHURY, E.N.; SOARES, J.M.; CASTRO NETO, M.T. **Estresse hídrico em mangueira a nível de propriedade**. EMBRAPA-CPATSA. No prelo.
- 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. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193p.il. (FAO. Irrigation and Drainage. Paper, 33).

- GUROVICH, L.A.; STEINER, V. **Fertirrigation scheduling of trickle irrigated grapes in Chile**. In: CURSO: UVA DE MESA DE EXPORTACION - PROBLEMAS DE PRODUCCION Y CALIDAD, 2., 1986, Santiago, Chile. **Resumenes...** Santiago: Pontificia Universidad Catolica de Chile, Facultad de Agronomia - DCV, 1986. [n.p.].
- 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.
- MERRIAM, J.L.; KELLER, J.; ALFARO, J. **Irrigation system evaluation and improvement**. Logan: Utah State University, 1973. 172p.
- 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.
- SCALOPPI, E.J. Critérios básicos para seleção de sistemas de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.139, p.54-62, 1986.
- SOARES, J.M.; CHOUDHURY, E.N.; NASCIMENTO, T. **Monitoramento do manejo de água na cultura da mangueira (Mangifera indica) a nível de propriedade**. Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA, 1992. 2p. (EMBRAPA-CPATSA. Pesquisa em Andamento, 67).
- SOARES, J.M.; NASCIMENTO, T.; FARIA, P.C. **Avaliação do bulbo molhado e do sistema radicular de fruteiras nas áreas irrigadas**

**do Submédio São Francisco sob irrigação por gotejamento.**  
Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA. No prelo.

SOARES, J.M.; NASCIMENTO, T.; PINTO, J.M. **Avaliação técnica de sistemas de irrigação localizada.** Petrolina, PE: EMBRAPA-CPATSA. 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.

VALDIVIESO SALAZAR, C.R.; CORDEIRO, G.G. **Avaliação do manejo de água no perímetro irrigado de Bebedouro.** Petrolina, PE, EMBRAPA-CPATSA, 1985. 34p.il. (EMBRAPA-CPATSA. **Boletim de Pesquisa, 25**).

WINKLER, A.J.; COOK, J.A.; KLEWER, W.M.; LIDER, L.A. **General Viticulture.** Berkeley: University of California Press, 1974. 710p. il.