

Irrigação de Fruteiras por Microaspersão

Bento Gonçalves, RS
Setembro, 2004

Autor

**Marcos Antônio
Fonseca
Conceição,**
Eng. Civil,
Embrapa Uva e
Vinho,
Estação
Experimental de
Viticultura Tropical,
Caixa Postal 241,
CEP 15700-000
Jales, SP

Introdução

Nos sistemas de irrigação localizada a água é aplicada próxima à região radicular da cultura, reduzindo as perdas por evaporação devido à diminuição do volume de solo umedecido. Esses sistemas são fixos e necessitam de equipamentos de filtragem da água para evitar o entupimento dos emissores, fazendo com que o seu uso seja economicamente viável somente em culturas de maior valor comercial. Os principais sistemas de irrigação localizada são os por gotejamento e por microaspersão. Na irrigação por gotejamento a água é aplicada diretamente no solo, enquanto que na microaspersão ela é aplicada através do ar por meio de microaspersores, que podem ser fixados ao solo ou ficar suspensos em arames operando de forma inadvertida, como na irrigação em parreiras ou viveiros (Fig. 1).



Fig. 1. Microaspersores fixados ao solo (esquerda) e operando de forma invertida (direita).

As áreas de fruteiras irrigadas por microaspersão têm aumentado de forma acentuada em diversos países. Somente na Flórida (EUA), a irrigação de citros por microaspersores abrange cerca de 210.000 ha (BOMAN; PARSONS, 1999).

No Brasil essa área também tem-se expandido, principalmente na irrigação de bananeiras, citros, coqueiros, mangueiras e videiras, entre outras espécies. Alguns microaspersores possuem rotores, também

denominados asas giratórias ou "bailarinas", que permitem um maior alcance do jato, enquanto outros trabalham com difusores que proporcionam jatos de menor alcance (Fig. 2).



Fig. 2. Microaspersores com rotor (esquerda) e com difusor (direita).

Os sistemas de microaspersão necessitam, normalmente, de filtros para evitar o entupimento dos emissores, sendo que os mais empregados são os de tela e os de discos (Fig. 3). Os filtros de tela são mais simples e mais baratos, mas têm menor eficiência de filtragem por permitirem uma única possibilidade de reter a sujeira, sendo denominados de filtros de superfície (BETTINI,

1999). Já os filtros de discos são classificados como de semi-profundidade, por possuírem uma certa profundidade de elemento filtrante, apresentando uma boa eficiência de filtragem (BETTINI, 1999). Por essa razão, há uma tendência em se empregar mais os filtros de discos do que os de tela (GOMES, 1994).



Fig. 3. Filtro de discos (esquerda) e de tela (direita).

O entupimento por partículas externas ou os danos provocados por insetos e aranhas podem reduzir ou impedir a saída do jato de

água e, ou, prender o rotor, impedindo o seu giro e direcionando o jato para um único ponto. Por essa razão, alguns

microaspersores utilizam sistemas de proteção antinsetos nos quais o rotor fica recolhido quando o microaspersor não está em operação (Fig. 4). Alguns modelos utilizam membranas reguladoras de pressão, que

permitem que a vazão ao longo da linha de irrigação se mantenha uniforme, apesar da variação de pressão que ocorre devido às perdas de carga (Fig. 4).



Fig. 4. Microaspersor com dispositivo antinseto (esquerda) e com membrana autocompensante (direita).

Pode-se, também, empregar microaspersores dotados de rotores com anteparos. Quando as plantas estão pouco desenvolvidas, o anteparo direciona a aplicação para a área

próxima ao emissor (Fig. 5). Quando a planta cresce, esse anteparo pode ser quebrado, permitindo que o jato alcance seu raio normal.



Fig. 5. Rotor com anteparo (esquerda) e sem anteparo (direita).

Deve-se observar, contudo, que o uso do anteparo faz com que a intensidade de precipitação aumente drasticamente, pois a mesma vazão será aplicada em uma área de solo bem menor. Por essa razão, o manejo da irrigação deverá se adequar a essa condição para evitar que ocorram perdas de água e nutrientes por percolação.

2. Hidráulica dos microaspersores

Os microaspersores operam, normalmente, com pressão de serviço entre 100 kPa e 300 kPa, aplicando vazões de 20 L h⁻¹ a 140 L h⁻¹, com diâmetros de bocais variando,

normalmente, entre 0,7 mm a 1,8 mm (GOMES, 1994; BOMAN; PARSONS, 1999). Para microaspersores que não operam com membrana reguladora de pressão, a vazão apresenta-se, normalmente, como sendo uma função potencial da pressão de serviço, com expoente próximo a 0,50, representando um regime de fluxo turbulento (Fig. 6). Quando o

microaspersor opera com membrana reguladora de pressão, a vazão mantém-se praticamente constante e independente da pressão utilizada. Nesses casos, a equação característica do emissor apresenta expoente próximo a zero (Fig. 6).

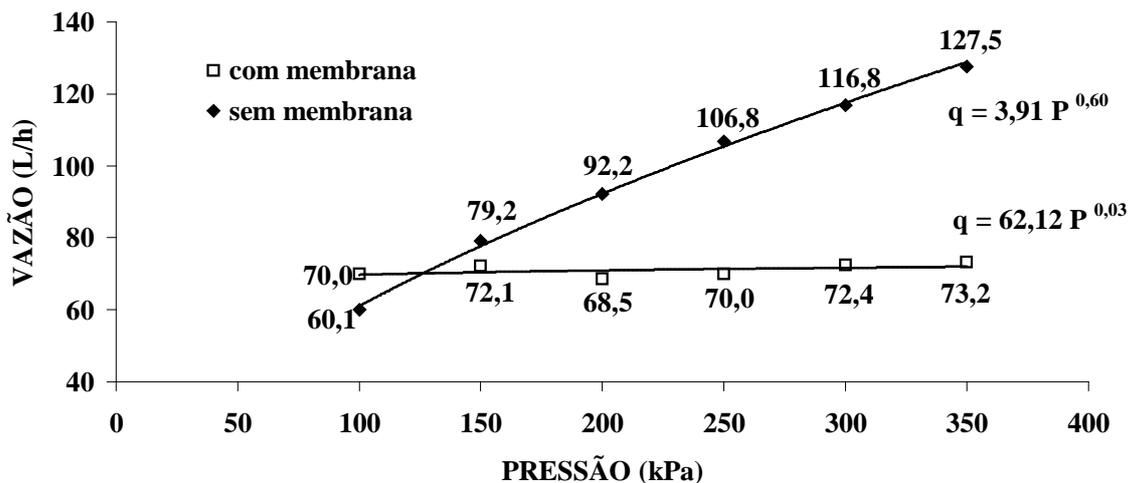


Fig. 6. Relações entre vazão (q) e pressão (P) para microaspersores com e sem a membrana autocompensante.

Na Fig. 6 pode-se verificar que a membrana autocompensante mantém a vazão próxima à nominal, que é igual a 70,0 L h⁻¹, independentemente da pressão de serviço empregada. O uso da membrana permite, assim, o emprego de linhas laterais com menores diâmetros ou maiores comprimentos, uma vez que o aumento das perdas de carga terá pouca influência na vazão dos emissores ao longo da linha. Deve-se ressaltar, entretanto, que a redução dos custos com as tubulações poderá, muitas vezes, ser contrabalançada pelo aumento dos custos com o sistema de bombeamento e com a energia, devido aos maiores valores de pressão e das perdas no sistema.

Além disso, ao se utilizar modelos autocompensantes as membranas reguladoras de pressão não poderão ser retiradas dos microaspersores em hipótese alguma, pois isso alteraria as condições hidráulicas do projeto. Se um microaspersor autocompensante operando a uma pressão de 250 kPa aplica uma vazão de 70,0 L h⁻¹, ao se retirar a membrana autocompensante a vazão poderá subir para 106,8 L h⁻¹ (Fig. 6). Alguns produtores, às vezes, retiram todas as membranas autocompensantes para reduzir problemas de entupimento ou de paralisação do rotor, que pode ocorrer devido à presença de insetos ou aranhas, conforme mencionado anteriormente. Apesar da pressão aumentar

ao se retirar a membrana, facilitando a desobstrução dos emissores ou o giro do rotor, o sistema poderá ficar comprometido, pois aumentarão a vazão total e as perdas de carga, afetando a uniformidade de aplicação e o desempenho do conjunto motobomba (CONCEIÇÃO; COELHO, 2003).

Observa-se na Fig. 7 que para um microaspersor com membrana cuja vazão nominal é de 55,0 L h⁻¹, pode-se considerar que a vazão vai permanecer praticamente a

mesma ao longo de uma linha lateral de 16 mm de diâmetro e 100 m de comprimento. Entretanto, ao se retirar a membrana, a vazão no início da linha chega a alcançar quase 90,0 L h⁻¹ e vai reduzindo-se aos poucos, até se aproximar da vazão nominal de 55,0 L h⁻¹ no final da linha. A vazão média ao longo da linha passa a ser de 63,0 L h⁻¹, o que representa um acréscimo de 14,5% em relação à vazão prevista em projeto.

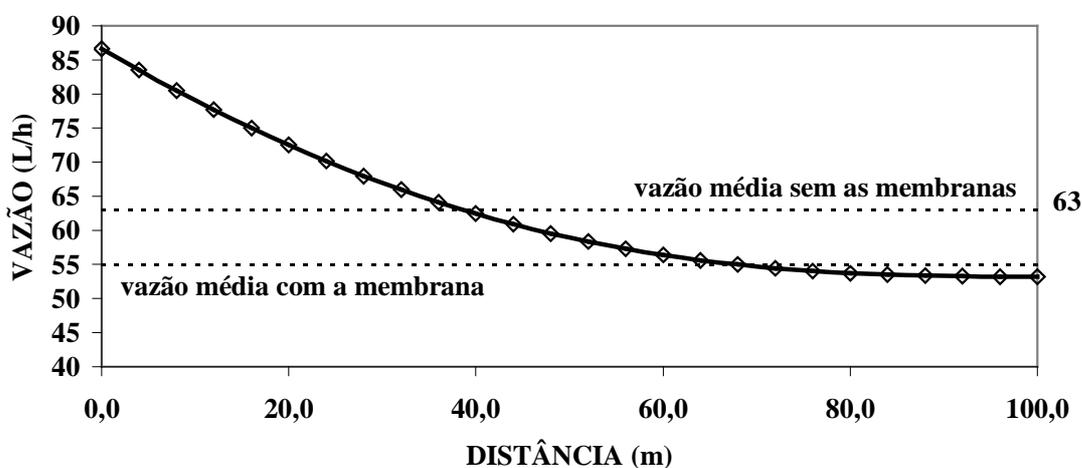


Fig. 7. Variação da vazão dos microaspersores sem a membrana ao longo de uma linha de irrigação de 16 mm de diâmetro e 100 m de comprimento.

3. Distribuição de água pelos microaspersores

Os perfis de distribuição da água aplicada por microaspersores variam de acordo com o tipo de emissor empregado. Além da intensidade de aplicação deve-se considerar, também, a distribuição do volume total aplicado ao longo do raio de alcance. Pode-se observar na Fig. 8 que os maiores valores de intensidade de precipitação se encontram na região mais próxima ao microaspersor, enquanto que, aproximadamente, 70% do volume aplicado

incide a partir de 1,0 m a 3,0 m de distância do emissor (Fig. 9).

Isso ocorre porque as maiores distâncias radiais representam áreas circulares maiores, em comparação às encontradas próximas ao microaspersor. Além disso, nas maiores distâncias há uma incidência maior de gotas de diâmetros superiores, correspondendo a volumes maiores de água aplicados. Pela Figura 9 pode-se saber a que distância está sendo aplicada a maior parte do volume de água e de fertilizantes, em caso de fertirrigação.

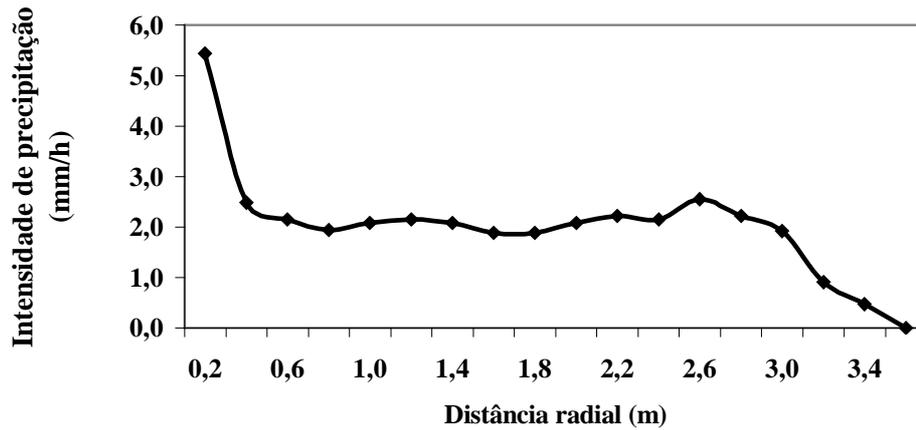


Fig. 8. Perfil de distribuição de água de um microaspersor com rotor.

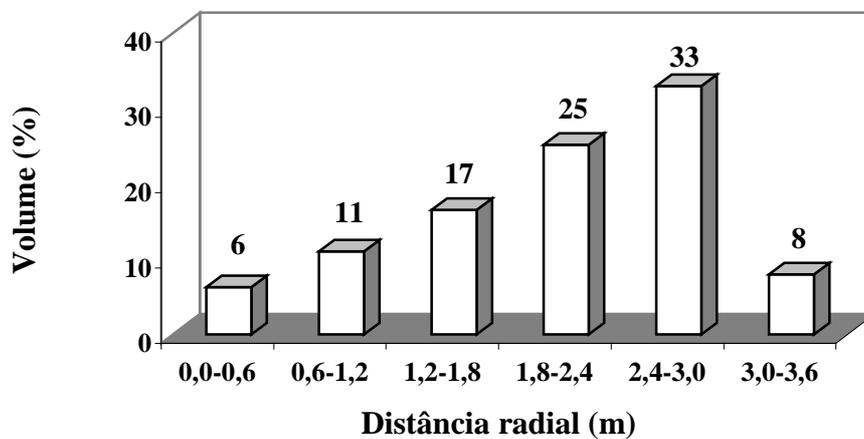


Fig. 9. Distribuição percentual do volume de água aplicado por um microaspersor.

Para uma planta nova cuja copa apresenta um raio igual a 1,2 m, por exemplo, verifica-se pela Figura 9 que somente cerca de 17% do volume total aplicado ficará dentro da área de abrangência da planta, enquanto que 83% serão perdidos, reduzindo drasticamente a eficiência de aplicação do sistema. Por essa razão, plantas de pequeno porte ou nos primeiros períodos de desenvolvimento devem utilizar, respectivamente, microaspersores de menor raio de alcance ou que apresentem anteparo redutor do jato (Fig. 5). A distribuição radial de água dependerá, entre outros

fatores, da altura do microaspersor em relação ao solo. Isso é especialmente importante para emissores invertidos, como os utilizados em estufas e parreirais. Em geral, há um aumento no raio de alcance com a altura do microaspersor (Fig. 10), fazendo com que a maior parte do volume aplicado se concentre a uma distância maior do microaspersor (Fig. 11). Observa-se que para a altura de 43 cm a maior parte do volume cai entre 0,9 m e 1,6 m do microaspersor, enquanto que para uma altura de 128 cm a maior parte cai entre 1,7 m e 3,2 m (Fig. 11).

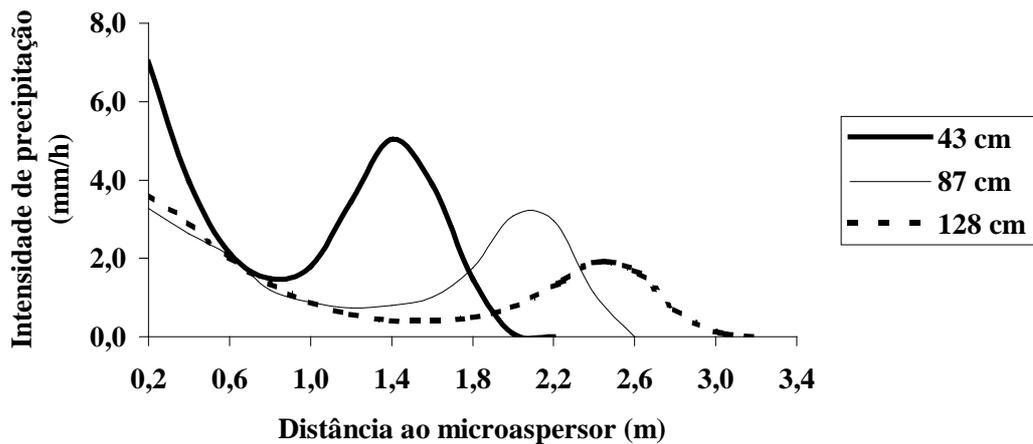


Fig. 10. Perfis de intensidade de precipitação de microaspersores operando invertidos a diferentes alturas em relação ao solo (43 cm, 87 cm e 128 cm).

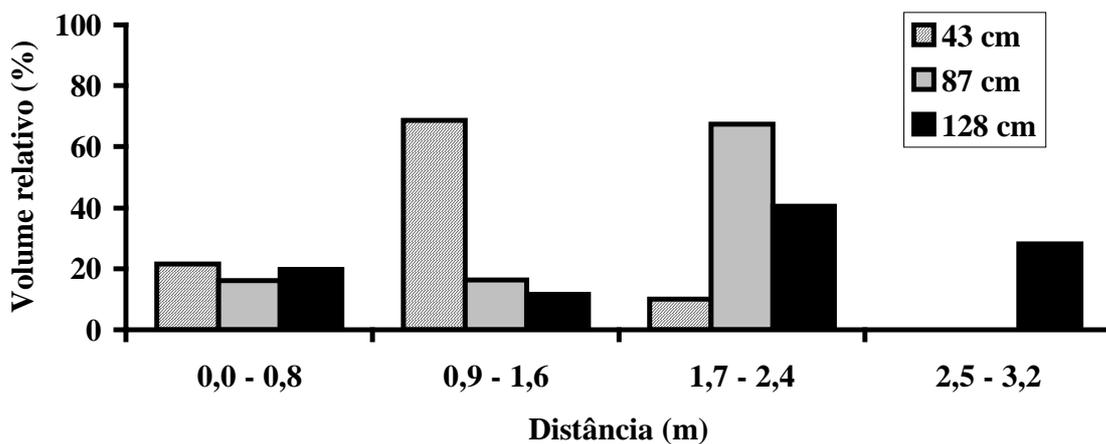


Fig. 11. Volumes percentuais de água aplicada em função da distância ao microaspersor operando invertido com diferentes alturas em relação ao solo (43 cm, 87 cm e 128 cm).

4. Uniformidade das vazões e de precipitação

A uniformidade das vazões de um sistema de microaspersão reflete as diferenças entre os volumes aplicados pelos emissores na parcela durante a irrigação. Baixos valores de uniformidade das vazões representam falhas no dimensionamento do sistema de irrigação

ou problemas de manutenção dos emissores, como entupimentos e desgastes, por exemplo. Para se avaliar a uniformidade das vazões periodicamente no campo, pode-se empregar a metodologia apresentada por Bralts et al (1987). Nesse caso, amostra-se aleatoriamente 18 emissores em cada parcela, determinando-se suas vazões. Com esses valores, obtém-se o coeficiente de

uniformidade das vazões (CUV) empregando-se a seguinte expressão:

$$CUV = 100 [1 - 0,67 (Q_s - Q_i)/(Q_s + Q_i)] \quad (1)$$

em que CUV é obtido em (%), Q_s é a soma das três maiores vazões ($L h^{-1}$), e Q_i é a soma das três menores vazões ($L h^{-1}$). Os valores de CUV devem ser superiores a 80% para que o sistema apresente um bom desempenho.

Para se determinar a uniformidade de precipitação de um emissor deve-se implantar uma malha de coletores dentro da área de abrangência do microaspersor, com espaçamentos variando de 0,5 x 0,5 m a 1,0 m x 1,0 m, conforme o diâmetro molhado e o grau de precisão desejado. Se um microaspersor, por exemplo, apresentar um diâmetro molhado igual a 6,0 m, a área correspondente para avaliação será de 36,0 m² (6,0 m x 6,0 m), sendo necessários de 36 coletores (1,0 m x 1,0 m) a 144 coletores (0,5 m x 0,5 m) para avaliar a uniformidade de precipitação. Um dos índices mais utilizados para a avaliar essa uniformidade é o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), que pode ser calculado pela seguinte expressão:

$$CUC = 100 (1 - \sum |X_i - X_m|)/(n X_m) \quad (2)$$

em que CUC é obtido em (%), X_i é o volume de cada coletor (mL), X_m é o volume médio dos coletores (mL) e n é o número de coletores.

Além da uniformidade de precipitação, determinada acima da superfície do solo, deve-se considerar, também, a distribuição da umidade abaixo da superfície, obtida por meio

de amostragens de solo. Conceição (2003b) observou que os valores de CUC obtidos em uma parreira irrigada por microaspersão foram iguais a 62% e 91% quando avaliou-se a uniformidade acima e abaixo da superfície, respectivamente, mostrando que a água se redistribui no solo após a sua infiltração, aumentando a uniformidade. Em culturas com maior espaçamento entre plantas a uniformidade de precipitação acaba não sendo um valor muito importante, uma vez que o sistema radicular da cultura adapta-se às condições de umidade proporcionadas pelo microaspersor.

5. Eficiência de Aplicação

A eficiência de aplicação refere-se à relação entre o volume de água absorvido pela cultura e o volume aplicado pelo emissor (FRIZZONE, 1992). Pode-se obter altos índices de eficiência empregando-se um dimensionamento correto do sistema, equipamentos adequados e um manejo racional da água. Entre os fatores que afetam a eficiência de aplicação em sistemas de microaspersão estão a uniformidade das vazões, a evaporação e deriva da água durante a aplicação e a percolação abaixo da região radicular da cultura. A frequência de irrigação pode, também, afetar a eficiência de aplicação devido às perdas por evaporação, sendo que quanto mais frequente for a irrigação maior será o percentual a ser perdido por evaporação do solo.

A ocorrência de ventos, além de causar perdas por evaporação e deriva, pode comprometer a eficiência do sistema, uma vez

que parte do volume aplicado poderá cair em uma área fora da abrangência do sistema radicular da cultura, ficando indisponível para as plantas (Fig. 12).

6. Evapotranspiração em Áreas Irrigadas por Microaspersão

Para se determinar a evapotranspiração da cultura (ET_c), normalmente se determina, antes, a evapotranspiração de referência (ET_o) do local, multiplicando-se

posteriormente o seu valor por um coeficiente específico da cultura (K_c). O valor de ET_o representa o consumo de água de uma cultura de baixo porte (grama, geralmente) sem restrições de água no solo e será função da radiação solar, da temperatura do ar, da velocidade do vento e da umidade relativa do ar. A ET_o pode ser estimada por meio de diferentes métodos climatológicos, sendo que o padrão, atualmente, é o método de Penman-Monteith, descrito por Pereira et al (2002).

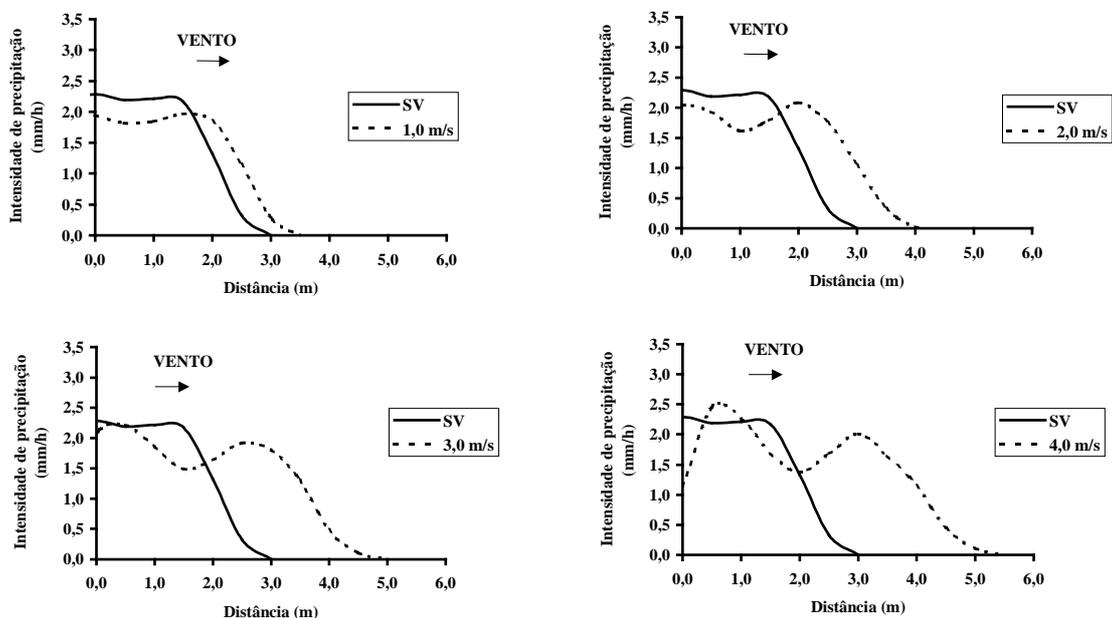


Fig. 12. Perfis de distribuição de água para microaspersores na ausência de vento (sem vento) e sob diferentes velocidades do vento.

Esse método envolve variáveis climáticas que nem sempre estão disponíveis aos produtores. Por essa razão, pode-se empregar um outro método para a estimativa de ET_o , sendo que um dos mais adotados em áreas irrigadas é o método do Tanque Classe A, que consiste em se medir diariamente a evaporação de um

tanque metálico padronizado e, a partir desse valor, se estimar a ET_o .

Para converter-se a evaporação do Tanque Classe A (ECA) em evapotranspiração de referência (ET_o) é utilizado um coeficiente (K_p) que depende da bordadura ao redor do tanque (F), da velocidade do vento (V_v) e da

umidade relativa do ar (UR). Para a determinação de Kp pode-se empregar a equação desenvolvida por Snyder (1992), que pode ser escrita da seguinte forma:

$$Kp = 0,482 + 0,024 \ln (F) - 0,000376 Vv + 0,0045 UR \quad (3)$$

em que Ln é o logaritmo neperiano; F é a largura da bordadura ao redor do tanque (em m); Vv é a velocidade média do vento (em km dia⁻¹); e UR é a umidade relativa do ar média (em %).

A evapotranspiração da cultura (ETc) pode ser obtida utilizando-se a seguinte expressão (Keller & Bliesner, 1990):

$$ETc = 0,1 \times ETo \times Kc \times (Pc)^{0,5} \quad (4)$$

sendo ETc a evapotranspiração da cultura (mm dia⁻¹); ETo a evapotranspiração de referência (mm dia⁻¹); Kc o coeficiente da cultura para plantas adultas em condições de máxima área foliar; Pc a porcentagem da área sombreada pela copa da cultura ao meio dia (%).

Os valores de Kc variam de acordo com a espécie, a variedade, o manejo da irrigação, o estágio de desenvolvimento das plantas, as condições climáticas e a região de cultivo, entre outros fatores. Por essa razão, os valores de Kc devem ser determinados a partir de pesquisas desenvolvidas no local desejado. Na Tabela 1 são apresentados alguns valores médios que podem ser empregados em fruteiras, caso não haja disponibilidade de dados locais.

Tabela 1. Valores médios do coeficiente de cultura (Kc) para diferentes fruteiras.

Cultura	Kc	Cultura	Kc
Abacateiro	0,75 – 0,95	Macieira	0,95 – 1,20
Abacaxizeiro	0,40 – 0,60	Mangueira	0,75 – 0,95
Bananeira	0,70 – 1,15	Maracujazeiro	0,75 – 0,85
Citros	0,65 - 0,90	Pessegueiro	0,85 – 1,15
Coqueiro	0,80 – 1,00	Videira	0,60 – 0,80

Fontes: Doorenbos & Kassam (1979); Doorenbos & Pruitt (1997); Nogueira et al. (1997); Pereira (1997); Coelho et al. (2000); Conceição (2003a).

Uma planta, por exemplo, com espaçamento de 6,0 m x 6,0 m (36,0 m²) cuja copa apresenta 3,0 m de raio, terá uma área sombreada igual a 28,3 m² ($\pi \times 3^2$) e um valor de Pc igual a 78,6% (100 x 28,3/36,0). Se a ETo for de 6,5 mm dia⁻¹ e o Kc for igual a 0,8 a ETc calculada pela equação 4 será igual a 4,6 mm dia⁻¹ (0,1 x 6,5 x 0,8 x 78,6^{0,5}). Para saber o volume diário necessário em litros de água por planta, deve-se multiplicar o valor de ETc pela sua área de abrangência. Para um valor

de ETc igual a 4,6 mm dia⁻¹, o consumo diário de cada planta será de 130,2 L dia⁻¹ (4,6 x 28,3). Para se calcular o volume de água diário a ser aplicado por planta, deve-se acrescentar de 10% a 25% a esse valor, correspondendo a uma eficiência de irrigação entre 90% e 80%, respectivamente. Usando um acréscimo de 20%, o total diário de água a ser aplicado por planta, será de 156,2 L dia⁻¹ (130,2 x 1,20). Empregando-se um microaspersor de 70,0 L h⁻¹ por planta, serão

necessárias 2,2 h de irrigação por dia (156,2 / 70,0).

Deve-se observar que para calcular o tempo de irrigação considerou-se que toda a vazão aplicada (70 L h^{-1}) foi aproveitada pela cultura. Entretanto, quando a área de abrangência da planta for menor do que a área molhada pelo microaspersor deve-se considerar apenas o percentual da vazão que de fato ficou disponível para a planta. Para se calcular esse percentual pode-se recorrer ao perfil de distribuição do volume aplicado pelo microaspersor (Fig. 9) ou dividir a área de abrangência da planta pela área molhada pelo emissor.

Um microaspersor de $55,0 \text{ L h}^{-1}$ que tenha um raio de alcance igual a 2,8 m, apresentará uma área molhada igual a $24,6 \text{ m}^2$ ($\pi \times 2,8^2$). Uma planta com uma copa de 1,5 m de raio terá uma área de abrangência de $7,1 \text{ m}^2$ ($\pi \times 1,5^2$), representando cerca de 29% da área molhada. A vazão disponível para a planta será igual a $16,0 \text{ L h}^{-1}$ ($0,29 \times 55,0$), que é o valor que a ser empregado no cálculo do tempo de irrigação. Se o volume a ser aplicado por planta fosse igual a $19,6 \text{ L dia}^{-1}$ o tempo de irrigação para uma vazão de $55,0 \text{ L h}^{-1}$ seria igual a $0,35 \text{ h dia}^{-1}$ ($19,6 / 55$) ou 21 minutos por dia ($0,35 \times 60$). Considerando-se, entretanto, a vazão igual a $16,0 \text{ L h}^{-1}$, o tempo de irrigação será de $1,2 \text{ h dia}^{-1}$ ($19,6 / 16,0$).

7. Monitoramento da Água no Solo

A água no solo deve ser monitorada constantemente para verificar se o critério adotado para o manejo da irrigação está

sendo eficaz. Esse monitoramento visa acompanhar a umidade do solo na região das raízes e abaixo delas, para verificar se está havendo déficit hídrico ou se estão ocorrendo perdas por drenagem profunda, respectivamente. Um dos equipamentos mais empregados em áreas comerciais para o monitoramento da água no solo é o tensiômetro (Fig. 13). Esses aparelhos medem a tensão com que a água está retida no solo, sendo que quanto mais seco o solo maior será o valor da tensão.

Os tensiômetros são instalados, normalmente, na fileira das culturas entre 1/4 a 1/3 da distância entre plantas. Assim, se essa distância for de 3,00 m, eles devem ser instalados de 0,75 m a 1,00 m de distância das plantas. Em caso de plantas de maior espaçamento, eles devem ser instalados na metade da distância representada pelo raio de cobertura da copa da árvore. Se uma planta possuir uma copa cujo raio seja de 4,00 m, por exemplo, os tensiômetros devem ser instalados a cerca de 2,00 m do tronco, dentro da região umedecida pelo microaspersor.

Em relação à profundidade de instalação, como já mencionado anteriormente, deve-se instalar tensiômetros na região radicular das culturas e imediatamente abaixo delas, para monitorar possíveis perdas por drenagem. Se a profundidade efetiva do sistema radicular for de 0,60 m, por exemplo, deve-se instalar tensiômetros a 0,30 m e a 0,70 m de profundidade. Deve-se sempre escolher plantas representativas da área, buscando-se instalar, pelo menos, três baterias de tensiômetros às profundidades mencionadas, em cada parcela cultivada.

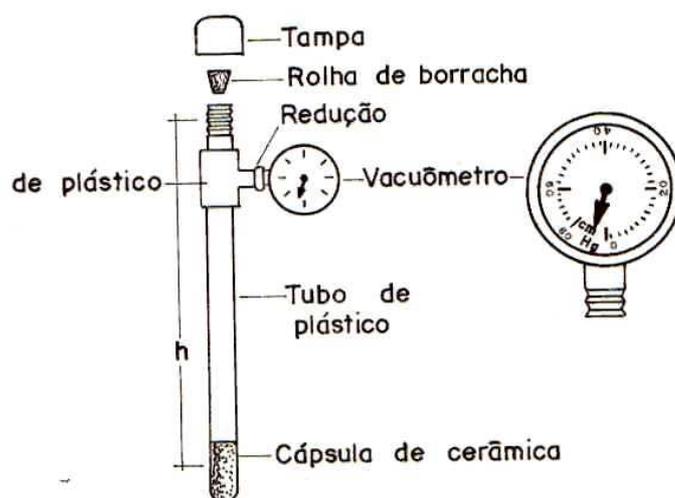


Fig. 13. Tensiômetro com vacuômetro para medir a tensão da água no solo.
Fonte: Silveira & Stone (1994).

Tabela 2. Valores recomendados da tensão da água no solo (kPa) para diferentes fruteiras.

Cultura	Tipo de Solo	
	Arenoso	Argiloso
Abacateiro	55	55
Abacaxizeiro	15	
Bananeira		25-45
Citros	10-20	30-45
Coqueiro	15-25	40-60
Mangueira	15-25	30-60
Maracujazeiro	6	20
Videira	6-10	10-20

Fontes: Nogueira et al. (1997); Coelho et al. (2000); Conceição (2003a).

8. Manejo da Irrigação

O manejo da irrigação pode ser realizado de diferentes maneiras, a saber:

1) Manejo com base na tensão da água no solo

Nesse tipo de manejo, deve-se coletar amostras de solo não deformadas e enviá-las a um laboratório especializado para que seja obtida a curva de retenção da água no solo. A partir dessa curva, estabelece-se a tensão máxima a ser permitida para a irrigação e o

valor de umidade referente a essa tensão, que subtraído da umidade correspondente à capacidade de campo fornecerá a lâmina a ser aplicada por irrigação.

Na Fig. 14 é apresentado um exemplo de curva de retenção de água no solo, cuja capacidade de campo correspondente a uma tensão de 10 kPa é igual a 29,1% do volume do solo. A tensão máxima é de 20 kPa, com uma umidade correspondente de 25,2% do volume do solo. A diferença entre os dois valores de umidade é igual a 3,9%, que é o volume a ser aplicado na irrigação. O volume

de solo para uma planta com espaçamento de 3,0 m x 2,0 m ($6,0 \text{ m}^2$) e profundidade do sistema radicular igual a 0,5 m é igual a $3,0 \text{ m}^3$ ($3,0 \times 2,0 \times 0,5$), o que equivale a 3.000 L. O

volume de água a ser aplicado por planta será, assim, igual a 117 L ($3.000 \times 3,9\%$) ou 19,5 mm, se o volume for dividido pela área de cada planta ($117 / 6,0$).

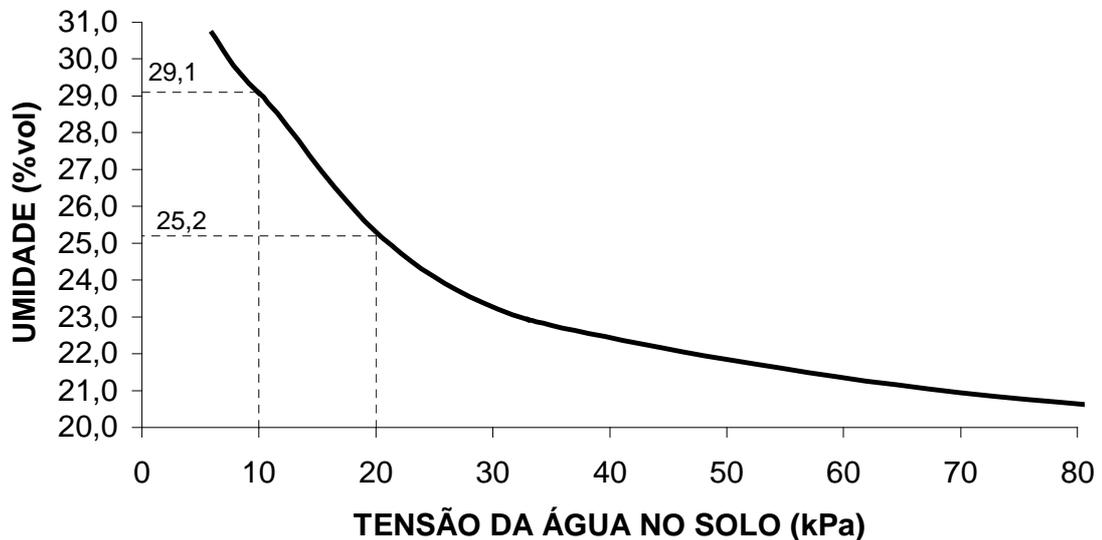


Fig. 14. Exemplo de curva de retenção da água no solo.

A principal vantagem desse tipo de manejo é que ele independe das informações meteorológicas locais, baseando-se apenas na dinâmica da água no solo. Por outro lado, pode-se cometer erros devido à imprecisão das leituras e à variabilidade espacial do solo.

2) Manejo com turno de rega fixo

Nesse tipo de manejo, para se estimar a lâmina a ser aplicada, estabelece-se um turno de rega fixo e calcula-se o valor da ET_c acumulada no período entre irrigações. Para uma ET_c acumulada de 18,0 mm, por exemplo, e uma eficiência de irrigação igual a 85% (0,85) a lâmina a ser aplicada por irrigação será igual a 21,2 mm ($18,0 / 0,85$). Se ocorrerem precipitações no período, o valor

deverá ser descontado da lâmina a ser aplicada.

Como já foi observado anteriormente, o turno de rega não deve ser muito pequeno (de um ou dois dias) devido às perdas por evaporação e ao menor umedecimento do perfil do solo, o que fará com que as raízes permaneçam muito superficiais. Nesse método de manejo necessita-se de informações meteorológicas locais devendo haver, ainda, o monitoramento da umidade do solo para averiguar a adequação dos critérios adotados no manejo, como o valor de K_c e o turno de rega estabelecido.

3) Manejo com base no balanço hídrico diário

O balanço hídrico diário (Tabela 3) estabelece as entradas e a saída de água de um

determinado volume de solo cultivado. As entradas referem-se à precipitação pluvial (P) e à irrigação (I) e a saída refere-se à evapotranspiração da cultura (ETc).

Tabela 3. Exemplo de uso de balanço hídrico diário.

DIA	Valores Fornecidos				Valores Calculados		
	P (mm)	I (mm)	ETo (mm)	Kc	ETc (mm)	P+I-ETc (mm)	ARM (mm)
1	25,0	0,0	4,1	0,8	3,3	21,7	50,0
2	0,0	0,0	5,2	0,8	4,2	-4,2	45,8
3	0,0	0,0	5,1	0,8	4,1	-4,1	41,7
4	0,0	0,0	5,1	0,8	4,1	-4,1	37,6
5	2,2	0,0	4,8	0,8	3,8	-1,6	36,0
6	0,0	0,0	5,1	0,8	4,1	-4,1	31,9
7	0,0	20,0	4,3	0,8	3,4	16,6	48,5
8	0,0	0,0	4,7	0,8	3,8	-3,8	44,7
9	0,0	0,0	4,5	0,8	3,6	-3,6	41,1
10	0,0	0,0	4,5	0,8	3,6	-3,6	37,5

P = precipitação pluvial; I = irrigação; ETo = evapotranspiração de referência; Kc = coeficiente da cultura; ETc = evapotranspiração da cultura (ETc = ETo x Kc); ARM = armazenamento da água no solo.

Considerando-se um solo, por exemplo, com capacidade de armazenamento igual 100,0 mm m⁻¹ (100 mm de água para cada metro de profundidade) e uma cultura com profundidade efetiva do sistema radicular igual a 0,5 m, tem-se uma capacidade de armazenamento máximo para as plantas de 50,0 mm (100 x 0,5). Não se deve, contudo, permitir que toda essa água seja consumida no processo de evapotranspiração (ETc), pois seria prejudicial à cultura. Se a fração máxima a ser consumida for de 40% (0,4), a lâmina disponível para as plantas será de 20,0 mm (0,4 x 50). Dessa forma, a irrigação será feita sempre que o armazenamento de água no solo (ARM) alcançar um valor próximo a 30 mm (50 – 20), conforme pode ser observado na Tabela 3.

Ao contrário do método do turno de rega fixo, no método do balanço hídrico a lâmina a ser

aplicada por irrigação é que se torna praticamente fixa, bem como o tempo de cada irrigação, permitindo-se uma variação no turno de rega conforme a demanda hídrica da cultura, a ocorrência de chuvas e o nível de armazenamento de água no solo. A diferença em relação ao método do tensiômetro é que não é necessária a determinação da curva de retenção da água no solo, que é um procedimento o qual apenas alguns laboratórios estão equipados para realizar, além da variabilidade que os seus valores podem apresentar dentro de uma mesma parcela. O tensiômetro deve, também, ser empregado nesse método para avaliar se os critérios adotados no balanço hídrico estão mantendo as tensões da água no solo dentro dos limites adequados.

Referências Bibliográficas

BETTINI, M. de O. Equipamentos para irrigação localizada. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.) **Fertirrigação**: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. 460 p.

BOMAN, B. J.; PARSONS, L. R. Microsprinkler experiences in Florida citrus. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 15, n. 5, p. 465-475, 1999.

BRALTS, V. F.; EDWARDS, D. M.; WU, I. P. Drip irrigation design and evaluation based on the statistical uniformity concept. **Advances in Irrigation**, v. 4, p. 67-117, 1987.

COELHO, E. F.; SOUSA, V. F. A. de; AGUIAR NETTO, A. de O.; OLIVEIRA, A. S. de. **Manejo de irrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2001. 48 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Circular Técnica, 40).

CONCEIÇÃO, M. A. F. **Irrigação da videira em regiões tropicais do Brasil**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2003a. 14 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 43).

CONCEIÇÃO, M. A. F. Uniformidade de distribuição de água superficial e subsuperficial para microaspersores invertidos. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003, Juazeiro. **Anais...** Juazeiro: ABID, 2003b. 1 CD-ROM.

CONCEIÇÃO, M. A. F.; COELHO, R. D. Relação vazão x pressão em microaspersores Dan 2001 sob condição adversa de operação. **Irriga**, Botucatu, v. 8, n. 1, p. 63-68, 2003.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 193 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Necessidades hídricas das culturas**. Campina Grande: UFPB, 1997. 204 p.

FRIZZONE, J. A. **Irrigação por aspersão: uniformidade e eficiência**. Piracicaba: ESALQ, DER, 1992. 53 p. (Série didática, 003).

GOMES, H. P. **Engenharia de irrigação: hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento**. João Pessoa: UFPB, 1994. 344 p.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: Chapman & Hall, 1990. 477 p.

NOGUEIRA, L. C.; NOGUEIRA, L. R. Q.; MIRANDA, F. R. de. Irrigação do coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (Ed.). **A cultura do coqueiro no Brasil**. Brasília: Embrapa-SPI, 1997. p. 159-187.

PEREIRA, L. S. Novas aproximações aos coeficientes culturais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: SBEA/UFPB, 1997.

PEREIRA A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia**:

fundamentos e aplicações práticas. Guaíba:
Agropecuária, 2002. 478 p.

SILVEIRA, P. M. da; STONE, L. F. **Manejo da irrigação do feijoeiro**: uso do tensiômetro e avaliação do desempenho do pivô central. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 46 p. (EMBRAPA-CNPAF. Circular Técnica, 27).

SNYDER, R. L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversions. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 118, n. 6, 977-980, 1992.

**Circular
Técnica, 49**

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:
Embrapa Uva e Vinho
Rua Livramento, 515 – C. Postal 130
95700-000 Bento Gonçalves, RS
Fone: (0xx)54 455-8000
Fax: (0xx)54 451-2792
[http:// www.cnpuv.embrapa.br](http://www.cnpuv.embrapa.br)

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento



1ª edição
1ª impressão (2004): 1000 exemplares

**Comitê de
Publicações**

Presidente: Gilmar Barcelos Kuhn
Secretário-Executivo: Nêmora G. Turchet
Membros: Francisco Mandelli e Gildo A. da Silva

Expediente

Tratamento das ilustrações: Marco A. Fonseca
Conceição
Normatização bibliográfica: Katia Midori Hiwatashi