

## Capítulo 12

# Sistemas de irrigação e manejo da água

Marco Antônio Fonseca Conceição

## Introdução

As regiões de clima tropical, produtoras de 'Niágara Rosada', como Jales, SP, Tupi Paulista, SP, e Pirapora, MG, apresentam um período seco bem definido durante o ano, que coincide com o ciclo de produção da cultura, havendo, assim, a necessidade do uso da irrigação.

Neste capítulo, serão apresentadas informações sobre os principais sistemas utilizados e as estratégias de manejo da água para a cultura.

## Sistemas de irrigação

Os principais sistemas de irrigação para a videira, utilizados no Brasil, são a aspersão, a microaspersão e o gotejamento.

### Irrigação por aspersão

Os sistemas de irrigação por aspersão podem ser fixos ou móveis. Os fixos apresentam um alto custo de aquisição, pelo grande número de tubulações e aspersores que necessitam ser adquiridos. Esses sistemas podem apresentar um custo inicial superior aos de irrigação por microaspersão ou gotejamento, uma vez que as tubulações são de maior diâmetro e o conjunto motobomba é, normalmente, de maior potência.

Já nos sistemas móveis, as tubulações e os aspersores são mudados após cada irrigação, tornando-os relativamente mais baratos, em comparação à microaspersão, ao gotejamento e aos sistemas fixos de aspersão. Contudo, requerem mais mão de obra do que os fixos, o que pode encarecer os custos de produção.

Em relação à forma de aplicação, a irrigação de videiras por aspersão pode ser subdividida em duas categorias: subcopa e sobrecopa. Na aspersão subcopa, os aspersores ficam próximos ao solo e apresentam ângulo de inclinação pequeno, a fim de se evitar o molhamento das folhas (Figura 1a). Já os aspersores sobrecopa apresentam maiores ângulos de inclinação, permitindo um raio de alcance maior (Figura 1b).

A irrigação subcopa não é indicada para vinhedos conduzidos em espaldeira, uma vez que as plantas irão interferir na distribuição de água. Mesmos na condução por latada, há uma interferência dos troncos das plantas na distribuição de água. Já a

aspersão sobrecopa não apresenta esse inconveniente, mas permite a ocorrência de perdas de água por ação do vento e o molhamento foliar, o que facilita a ocorrência de doenças na cultura.

Os sistemas de aspersão não requerem a filtragem da água e apresentam menor necessidade de manutenção, em relação à microaspersão e ao gotejamento. Como nesses sistemas, na irrigação por aspersão também é possível o uso da fertirrigação, ou seja, a aplicação dos fertilizantes via água de irrigação.

Fotos: Marco A. F. Conceição



Figura 1. Irrigação por aspersão subcopa (A) e sobrecopa (B) em videiras.

## Irrigação por microaspersão

Os sistemas por microaspersão têm sido os mais adotados em novas áreas cultivadas com 'Niágara Rosada'. São bastante propícios para serem utilizados em vinhedos conduzidos em latada, uma vez que as linhas de irrigação ficam suspensas no arameado e os microaspersores operam de forma invertida, a cerca de 1,5 m do solo (Figura 2).

Costuma-se utilizar um microaspersor para cada duas plantas. Para se reduzir os custos do sistema, emprega-se, muitas vezes, uma linha lateral para cada duas fileiras de plantas, quando o espaçamento entre elas for igual ou inferior ao raio de alcance do microaspersor.

A microaspersão também pode ser empregada em vinhedos conduzidos em espaldeira, com a linha lateral presa ao arame de sustentação e os microaspersores ope-



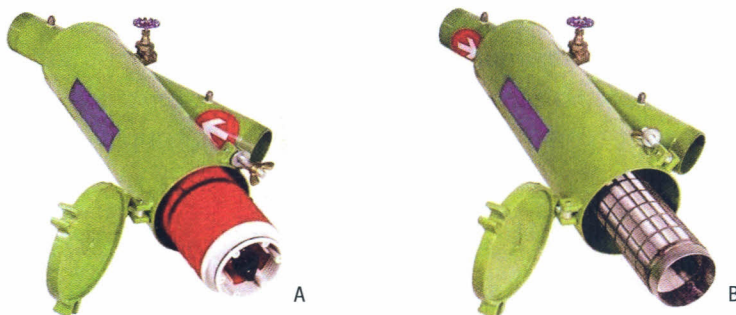
Fotos: Marco A. F. Conceição

Figura 2. Irrigação em videira com microaspersor operando de forma invertida (A e B).

rando de forma invertida. Se os microaspersores ficarem no solo, a linha lateral deverá ficar suspensa ou enterrada, e as mangueiras de conexão deverão ser protegidas (com tubos de polietileno, por exemplo), a fim de se evitar cortes com enxadas. Nos vinhedos em espaldeira, a distribuição de água poderá ser afetada pela interferência das folhas.

Os principais problemas observados em sistemas de microaspersão são devidos à instalação de insetos e aranhas nos microaspersores, fazendo com que seja necessário um acompanhamento frequente para sua desobstrução. Esse problema ocorre principalmente com microaspersores que apresentam asas giratórias (rotores ou “bailarinas”) escamoteáveis, havendo, muitas vezes, a necessidade de se utilizar mecanismos anti-insetos, o que encarece o sistema.

A água de irrigação deve ser filtrada, para isso, normalmente, são utilizados filtros de discos ou de tela (Figura 3). Os sistemas de microaspersão também permitem o uso da fertirrigação.



Imagens: Carborundum.

Figura 3. Filtros de discos (A) e tela (B).

## Irrigação por gotejamento

Os sistemas por gotejamento são utilizados na irrigação da videira em diferentes regiões do mundo. Eles são mais indicados para plantas conduzidas no sistema do tipo espaldeira ou semelhantes (GDC, por exemplo), mas podem ser usados, também, no sistema latada. As mangueiras devem ficar presas em um arame, a certa altura do solo, para se evitar o corte por enxadas ou roçadeiras manuais (Figura 4).

Os gotejadores devem ser espaçados de tal forma que formem uma faixa molhada contínua ao longo da fileira de plantas. A área molhada pelos gotejadores depende do tipo de solo, da vazão dos gotejadores e do volume total aplicado (Tabela 1).

Deve-se tomar cuidado para que as mangueiras não apresentem uma flexão ou “barriga” (Figura 5). Isso faz com que a água escorra e se concentre no ponto mais baixo da “barriga”, deixando sem molhar outras áreas sob a linha de irrigação.

Foto: Marco A. F. Conceição



Figura 4. Irrigação por gotejamento.

**Tabela 1.** Diâmetros molhados por gotejadores com diferentes vazões e texturas de solo.

Vazão (L h <sup>-1</sup> )	Textura arenosa (m)	Textura média (m)	Textura argilosa (m)
< 1,5	0,2	0,5	0,9
2,0	0,3	0,7	1,0
4,0	0,6	1,0	1,3
8,0	1,0	1,3	1,7
12,0	1,3	1,6	2,0

Fonte: adaptado de Keller e Karmelli (1975).



Foto: Marco A. F. Conceição

**Figura 5.** Linha de gotejamento com flexão ou "barriga".

Em regiões áridas e semiáridas, onde a viticultura depende exclusivamente da irrigação, o sistema radicular das plantas se desenvolve quase que inteiramente no volume de solo molhado pelos gotejadores. Em solos mais arenosos, esse volume molhado é menor do que em solos com maior capacidade de retenção de água.

Em locais com ocorrência regular de chuvas, as raízes de plantas irrigadas por gotejamento, embora se desenvolvam por toda a área de solo cultivada, tendem a se concentrar nas regiões irrigadas. Por isso, faz-se necessário utilizar a fertirrigação

sempre que se adotar esse sistema de irrigação, para que os fertilizantes possam ser aplicados na mesma região que está sendo molhada.

A irrigação por gotejamento apresenta uma alta suscetibilidade ao entupimento. As principais empresas de equipamentos, contudo, têm desenvolvido gotejadores com capacidade autolimpante e com menor possibilidade de entupimento. De qualquer forma, a qualidade da água de irrigação assume uma maior importância nesses sistemas. Por isso, além de filtros de tela ou discos, é comum a utilização de filtros de areia (Figura 6) na irrigação por gotejamento, o que encarece o sistema.

Deve-se evitar, na irrigação por gotejamento, o uso de águas com elevado teor de ferro dissolvido. Para solucionar esse problema, deve-se utilizar um sistema de aeração antes dos filtros, permitindo a precipitação do ferro, prática essa, entretanto, que encarece o sistema. Também podem ser empregados tratamentos químicos, utilizando-se ácido fosfórico ou hipoclorito de sódio (VIEIRA et al., 2004).

Foto: Marco A. F. Conceição



Figura 6. Filtros de areia.

Os siste  
do uso da ág  
gotejadores u  
disponível pa  
com que essa

Para se  
as linhas de  
atenção redo  
não será poss  
disso, deve-s  
a repelir a int  
doses de herl

## Necessi

O uso c  
de desenvolv  
da fase de cr  
maiores perd  
de alta dema  
do consumo  
das folhas m  
média diária

O siste  
da cultura, u  
parreira. Siste  
a um maior c  
como a espal

A carga  
cachos são ab  
durante o dia  
comuns em a  
demanda híd  
radiação sola

Os sistemas de gotejamento foram desenvolvidos para aumentar a eficiência do uso da água e reduzir as perdas por evaporação do solo. Mas, pelo fato dos gotejadores umedecerem apenas parte do volume total de solo, reduzindo a água disponível para a cultura, a frequência de irrigação é normalmente alta, o que faz com que essas perdas sejam, muitas vezes, significativas (YANUSA et al., 1997).

Para se evitar essas perdas, em muitas regiões do mundo, costuma-se enterrar as linhas de gotejadores sob as fileiras de plantas. Nesses casos, deve-se ter uma atenção redobrada em relação ao sistema de filtragem e à qualidade da água, porque não será possível detectar visualmente os entupimentos que venham a ocorrer. Além disso, deve-se utilizar mangueiras que são fabricadas com substâncias que ajudam a repelir a intrusão radicular nos gotejadores, podendo-se, ainda, aplicar pequenas doses de herbicidas para evitar essa intrusão.

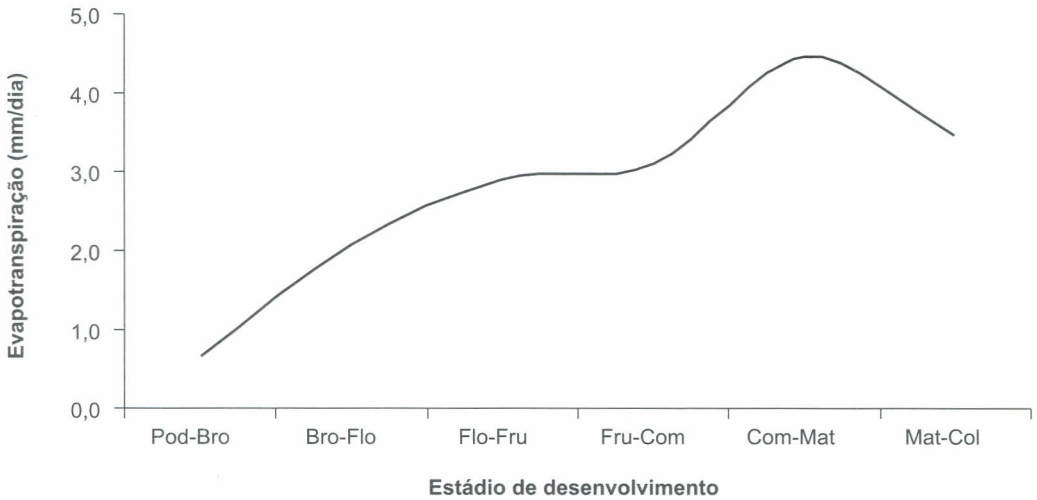
## Necessidade de água da videira

O uso da água ou evapotranspiração de um vinhedo varia conforme o estágio de desenvolvimento da cultura. Há, normalmente, uma baixa demanda no início da fase de crescimento, devido à menor área foliar das plantas. Nesse período, as maiores perdas de água devem-se à evaporação dela no solo. Segue-se um período de alta demanda, quando o dossel está plenamente desenvolvido. Há uma redução do consumo após a colheita, devido à queda de folhas e à menor taxa de transpiração das folhas mais velhas. Na Figura 7, é apresentada a variação da evapotranspiração média diária durante o ciclo da cv. Niágara Rosada, em Jales.

O sistema de condução exerce um papel preponderante no consumo hídrico da cultura, uma vez que ele afeta diretamente a área e a distribuição das folhas na parreira. Sistemas que permitem uma maior expansão foliar, como a latada, induzem a um maior consumo de água, em relação àqueles em que a área foliar é menor, como a espaldeira, por exemplo.

A carga de frutos também afeta a demanda hídrica da videira, uma vez que os cachos são abastecidos durante a noite e fornecem água para as folhas e outros tecidos durante o dia (VAN ZYL, 1987). No caso de uso de cobertura de telas plásticas, que são comuns em algumas regiões para a proteção contra pássaros, morcegos e granizo, a demanda hídrica da cultura diminui, devido, principalmente, à menor incidência de radiação solar sobre a cultura (CONCEIÇÃO; MARIN, 2009; GONÇALVES, 2007).





**Figura 7.** Evapotranspiração da videira Niágara Rosada ( $ET_c$ ) em função do estágio de desenvolvimento da cultura, sendo: poda (Pod), brotação (Bro), florescimento (Flo), início da frutificação (Fru), início da compactação dos cachos (Com), início da maturação (Mat), e colheita (Col), em Jales, SP.

Fonte: adaptado de Conceição e Maia (2001).

## Estimativa da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ )

O consumo hídrico ou evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) representa a soma da evaporação da água do solo com a transpiração das plantas. A  $ET_c$  de um vinhedo depende das condições meteorológicas locais, do estágio de desenvolvimento da cultura, da cobertura do solo, do sistema de irrigação empregado, da frequência de irrigação ou precipitação, do tipo de solo, do sistema de condução adotado e da cultivar utilizada.

A estimativa diária da  $ET_c$ , durante o ciclo da cultura, é feita, normalmente, empregando-se a expressão:

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad (1)$$

em que,

$ET_o$  = É a evapotranspiração de referência (mm).

$K_c$  = Coeficiente da cultura (adimensional).

## Evapotranspiração de referência ( $ET_o$ )

A evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) remete ao consumo de água de uma cultura padrão, que serviria de referência para as demais. Normalmente, considera-

se como cultura padrão de referência, a grama (*Paspalum* sp.). Assim, a  $ET_o$  pode ser definida como sendo o consumo de água de uma área com grama, com altura uniforme, em fase de crescimento ativo, que cobre totalmente a superfície do solo e sem restrições hídricas (VILLA-NOVA; PEREIRA, 2006).

A  $ET_o$  representa a demanda hídrica, considerando-se as condições atmosféricas locais. Quanto mais altas forem a radiação solar, a temperatura do ar e a velocidade do vento, e quanto menor for a umidade relativa do ar, maior será a  $ET_o$ . Sua estimativa é feita empregando-se modelos matemáticos desenvolvidos com base nas variáveis meteorológicas da região.

Nas regiões tropicais produtoras de 'Niágara Rosada', como Jales, Tupi Paulista e Pirapora, o período entre setembro e novembro é, normalmente, a época do ano que apresenta a maior demanda hídrica atmosférica, devido à alta incidência de radiação solar e ventos, e a valores de umidade relativa do ar mais baixos. Durante o verão (de dezembro a março), embora sejam altos os valores da temperatura do ar, a demanda hídrica costuma ser reduzida, pela maior ocorrência de nebulosidade e maiores valores da umidade relativa do ar.

Vários modelos existem para a estimativa da  $ET_o$ . O de Penman-Monteith-FAO (ALLEN et al., 1998) é considerado, atualmente, o padrão (ORTEGA-FARIAS et al., 2009). Para uso desse método, são necessários dados de radiação solar, temperatura do ar, velocidade do vento e umidade relativa do ar. Quando as estações meteorológicas automáticas possuem sensores para a determinação dessas variáveis, pode-se programar o coletor de dados (*datalogger*) para fornecer diretamente os valores de  $ET_o$ .

Conceição (2006) descreve o roteiro de cálculo de  $ET_o$  pelo método de Penman-Monteith-FAO ( $ET_oPMF$ ), baseado no trabalho de Allen et al. (1998). Para facilitar os cálculos, também podem ser empregadas planilhas eletrônicas, como a apresentada por Conceição (2009a).

Outros métodos de estimativa de  $ET_o$  podem ser usados quando não se dispõe de todas as variáveis necessárias para uso do Penman-Monteith. Entre eles, destaca-se o Hargreaves (HARGREAVES; ALLEN, 2003), que apresenta um bom desempenho, quando comparado ao Penman-Monteith-FAO, para as condições do noroeste paulista (CONCEIÇÃO, 2003) e Serra Gaúcha (CONCEIÇÃO; MANDELLI, 2005b). A maior vantagem desse método é que ele depende unicamente dos valores da temperatura do ar.

O procedimento de cálculo de  $ET_o$  pelo método de Hargreaves é descrito por Conceição e Mandelli (2005a) podendo, também, ser empregada planilha eletrônica para sua utilização (CONCEIÇÃO, 2009b).

## Coeficiente da cultura ( $K_c$ )

Os valores de coeficiente de cultura ( $K_c$ ) dependem de vários fatores, como cultivar, porta-enxerto, sistema de condução, tipo de solo, frequência de irrigação e condições meteorológicas.

No início do desenvolvimento vegetativo (após a poda), a área foliar é pequena e o valor de  $K_c$  ( $K_{ci}$ ) será função, principalmente, da evaporação da água do solo. Essa, por sua vez, está diretamente relacionada à frequência de irrigação e à evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) do local, e quanto maiores forem a frequência e a  $ET_o$ , maior será o valor de  $K_{ci}$ . Por essa razão, não se recomendam irrigações muito frequentes em sistemas de aspersão e microaspersão.

No gotejamento, a maior frequência é normalmente necessária pelo fato de o sistema umedecer apenas parte do volume do solo, o que reduz a água disponível para a cultura.

Com o crescimento dos ramos, o  $K_c$  aumenta ( $K_{cm}$ ), pois aumenta a transpiração das plantas, atingindo um valor máximo no período de maior desenvolvimento vegetativo. No final do ciclo ( $K_{cf}$ ), ele diminui por causa do envelhecimento e queda das folhas. Allen e Pereira (2009) apresentam valores de  $K_c$  para videiras em diferentes condições de plantio (Tabela 2).

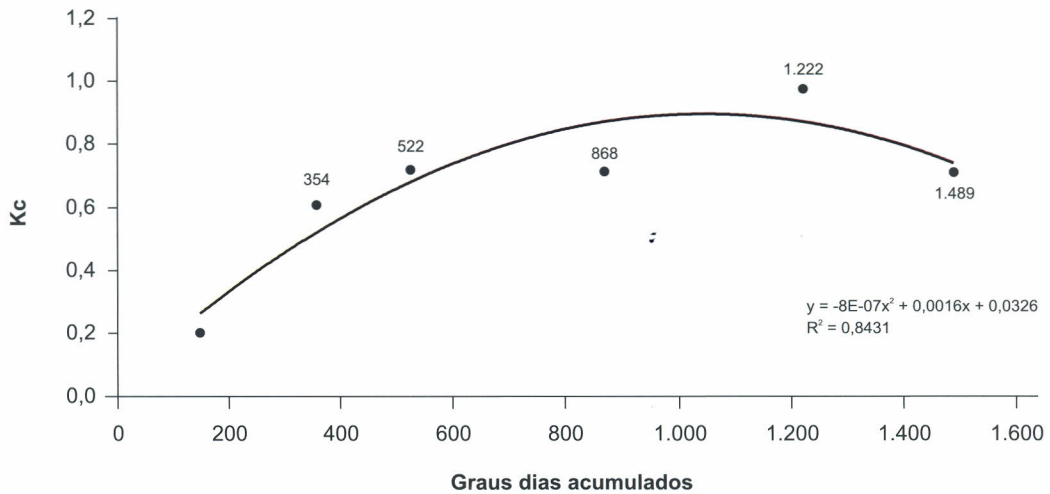
Conceição e Maia (2001) estimaram a evapotranspiração ( $ET_c$ ) da variedade Niágara Rosada (*Vitis labrusca* L.), na região noroeste do Estado de São Paulo, conduzida em latada, coberta com plástico de polietileno e irrigada por microaspersão. Os valores médios de  $ET_c$  variaram entre 0,7 e 4,5 mm por dia (Figura 7), com uma média igual a 3,1 mm por dia. Os valores de  $K_c$  podem ser calculados com base na soma térmica (graus-dia), utilizando-se a equação apresentada na Figura 8.

**Tabela 2.** Valores do coeficiente de cultura ( $K_c$ ) nos estádios inicial ( $K_{ci}$ ), intermediário ( $K_{cm}$ ) e final ( $K_{cf}$ ) para videiras de mesa e suco, sem cobertura vegetal.

Densidade de Plantio	$K_{ci}$	$K_{cm}$	$K_{cf}$
Densidade alta (70%) <sup>(1)</sup>	0,30	1,10	0,85 <sup>(2)</sup>
Densidade média (50%) <sup>(1)</sup>	0,30	0,95	0,75 <sup>(2)</sup>
Densidade baixa ou planta jovem (25%) <sup>(1)</sup>	0,30	0,60	0,50 <sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Percentual da área coberta pelo dossel da planta.

<sup>(2)</sup> Valores até a queda das folhas. Após a queda,  $K_{cf} = 0,20$ , sem cobertura vegetal; e variará de 0,50 a 0,80 com cobertura. Fonte: Allen e Pereira (2009).



**Figura 8.** Variação coeficiente da cultura ( $K_c$ ) com a soma térmica (graus-dia) para a videira 'Niágara Rosada', cultivada em Jales, SP.

Fonte: adaptado de Conceição e Maia (2001).

## Manejo da irrigação

A irrigação da cultivar Niágara deve ser feita de forma a manter uma disponibilidade adequada de água no solo, durante todo o ciclo da cultura. Deve-se evitar, contudo, uma aplicação excessiva de água, uma vez que um alto teor de umidade pode favorecer o crescimento vegetativo em detrimento da produção. Quando esse excesso ocorre durante o período de maturação, pode haver redução no teor de açúcar nos frutos (SILVA et al., 2009).

## Água disponível no solo

Para se evitar a ocorrência de excedente hídrico, deve-se conhecer a capacidade de água disponível no solo (*CAD*), que representa o intervalo de umidade do solo entre a capacidade de campo (*CC*) e o ponto de murcha permanente (*PMP*). Teores de umidade abaixo do *PMP* não podem ser utilizados pelas plantas, devido à força com que estão retidos no solo.

Mas quando a umidade atinge valores superiores à *CC*, há um excedente hídrico, drenado para a região abaixo da profundidade efetiva das raízes, que é onde se concentra a maior parte do sistema radicular da cultura. Apesar do sistema radicular

da videira poder atingir vários metros de profundidade, para fins de irrigação, deve-se considerar apenas a profundidade efetiva ( $Pe$ ). Para a videira, a  $Pe$  se situa, de um modo geral, entre 40 cm e 60 cm de profundidade (PIRES et al., 1997; BASSOI et al., 2002, 2003).

Cada solo apresenta uma  $CAD$ , que pode, em geral, ir de 50 mm  $m^{-1}$ , para os solos de menor capacidade de retenção, até 200 mm  $m^{-1}$ , nos de maior capacidade (ALLEN et al., 1998). De modo geral, pode-se considerar 60, 120 e 180 mm  $m^{-1}$ , como valores médios da  $CAD$  para solos com baixa, média e alta capacidade de retenção de água, respectivamente.

Para se obter o total de água disponível para a cultura ( $ADC$ ), os valores da  $CAD$  devem ser multiplicados pela  $Pe$  das raízes. Assim, por exemplo, para uma  $CAD$  igual a 120 mm  $m^{-1}$  e uma  $Pe$  igual a 0,50 m, a  $ADC$  será igual 60 mm (120 mm  $m^{-1}$  x 0,50 m = 60 mm).

Quando o sistema de irrigação umedecer apenas parte da superfície do solo, como no caso do gotejamento, o valor da  $ADC$  será reduzido de forma proporcional à área molhada. Por exemplo, para um vinhedo irrigado por gotejamento com apenas 50% da superfície molhada e uma  $ADC$  igual a 60 mm, a  $ADC$  corrigida ( $ADC_{cor}$ ) será igual a 30 mm (60 mm x 0,50 = 30 mm).

Entretanto, apenas uma fração da  $ADC$  ( $FADC$ ) deve ser consumida pelas plantas, para que não seja afetado o desempenho da cultura. Esse valor depende, entre outros fatores, da evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ), para a videira, ele fica, em geral, entre 0,30 (30%) e 0,50 (50%) da  $ADC$ . Quanto maior a  $ET_c$ , menor será essa fração, conforme a expressão (ALLEN et al., 1998):

$$FADC = 0,35 + 0,04 \times (5,0 - ET_c) \quad (2)$$

em que,

$FADC$  = fração da  $ADC$  que pode ser utilizada pela cultura sem comprometer o seu desempenho (adimensional).

$ET_c$  = evapotranspiração da cultura (mm/dia).

Na equação 2, o valor de "0,35" é tabelado para cultivares de mesa e suco (ALLEN et al., 1998); o coeficiente "0,04" é empírico; e o valor "5,0" refere-se a uma evapotranspiração de 5,0 mm por dia. Isso significa que se a  $ET_c$  for igual a 5,0 mm por dia, o segundo termo da equação 2 se torna nulo e a  $FADC$  será igual a 0,35. Para valores de  $ET_c$  maiores do que 5,0 mm por dia, o segundo termo da equação 2 se torna negativo

e a  $FADC$  será menor do que 0,35. O inverso ocorre para valores de  $ET_c$  inferiores a 5,0 mm por dia.

A multiplicação da  $FADC$  pela  $ADC$  resulta no total de água facilmente disponível para a cultura ( $AFD$ ). Assim, por exemplo, para uma  $ADC$  igual a 60 mm e um valor de  $FADC$  igual 0,40, o valor da  $AFD$  será de 24 mm ( $60 \text{ mm} \times 0,40 = 24 \text{ mm}$ ).

Se o consumo da cultura for superior ao correspondente à  $AFD$ , a transpiração das plantas deixa de ser máxima e passa a apresentar uma redução. Observa-se na Figura 9 que a transpiração relativa ( $TR$ ) da cultura é igual a 1,0 (100%), dentro do intervalo correspondente à  $AFD$ . Já para valores de umidade inferiores à  $AFD$ , os valores de  $TR$  passam a ser menores do que 1,0, representando a ocorrência de deficit hídrico. Essa redução da  $TR$  pode afetar a fotossíntese, a qualidade e a produção de frutos.

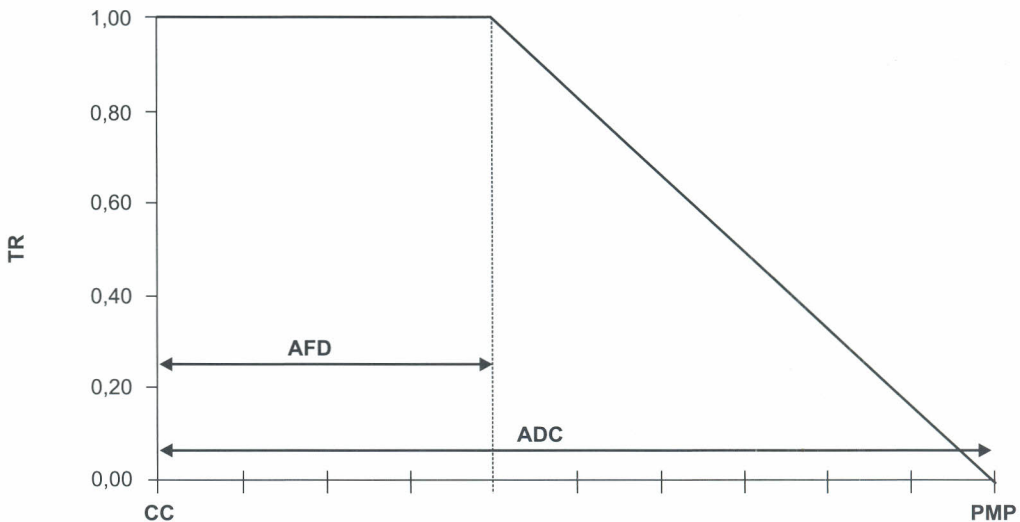


Figura 9. Transpiração relativa ( $TR$ ) da cultura em função da umidade do solo.

Fonte: adaptado de Allen et al. (1998).

## Intervalo entre irrigações

O intervalo máximo entre irrigações, sem que haja deficit hídrico, é calculado dividindo-se a água facilmente disponível ( $AFD$ ) pela evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ). Nas áreas irrigadas por gotejamento, os menores valores da  $AFD$  fazem com que os intervalos entre irrigações também sejam menores.

Por exemplo, para uma  $ET_c$  igual a 4,0 mm por dia, o intervalo máximo entre irrigações será de 6 dias, se a  $AFD$  for igual a 24 mm ( $24 \text{ mm}/4 \text{ mm dia}^{-1} = 6 \text{ dias}$ ); considerando-se um umedecimento de 50% da área do solo, a  $AFD$  será igual a 12 mm e o intervalo máximo será igual a 3 dias ( $12 \text{ mm}/4,0 \text{ mm dia}^{-1} = 3 \text{ dias}$ ).

## Balanço hídrico no solo

Um dos métodos que pode ser empregado no manejo da irrigação é o do balanço hídrico diário. Nesse método, procura-se estabelecer um acompanhamento do armazenamento da água no solo ( $ARM$ ), com base na demanda hídrica da cultura ( $ET_c$ ), precipitação pluvial ( $P$ ) e lâmina de irrigação ( $LI$ ).

O  $ARM$ , em determinado dia, é igual ao valor de  $ARM$  no dia anterior ( $ARM_a$ ), somado à  $LI$  e à  $P$ , e subtraído da  $ET_c$ . O cálculo do valor de  $ARM$  pode ser expresso pela equação:

$$ARM = ARM_a + LI + P - ET_c \quad (3)$$

em que,

$ARM$  = Armazenamento da água no solo (mm).

$ARM_a$  = Armazenamento da água no solo no dia anterior (mm).

$LI$  = Lâmina de irrigação (mm).

$P$  = Precipitação pluvial (mm).

$ET_c$  = Evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ).

Um exemplo de balanço hídrico é apresentado na Tabela 3, em que o valor da água disponível para a cultura ( $ADC$ ) é igual a 60 mm.

A lâmina de irrigação utilizada no exemplo anterior (19,7 mm) representa cerca de 33% do valor da  $ADC$ . Como mencionado, o consumo de água da cultura deverá ficar entre 30% e 50% da  $ADC$ , representando a água facilmente disponível para a cultura ( $AFD$ ).

Deve-se ressaltar, ainda, que o valor de  $ARM$  pode ser, no máximo, igual à  $ADC$ . Quando  $ARM$  ultrapassar a  $ADC$  (depois de uma alta precipitação, por exemplo), o excesso será drenado para baixo da região radicular.

**Tabela 3.** Exemplo de planilha para cálculo do balanço hídrico. Considerou-se a água disponível para a cultura (ADC) igual a 60 mm.

Dia	ET <sub>o</sub> (mm)	K <sub>c</sub>	ET <sub>c</sub> (mm) [= ET <sub>o</sub> . K <sub>c</sub> ]	P (mm)	LI (mm)	ARM (mm) [= ARMa <sup>(2)</sup> – ET <sub>c</sub> + P + LI]
1	4,8	0,80	3,8	0,0	0,0	56,2 <sup>(1)</sup>
2	5,0	0,80	4,0	0,0	0,0	52,2
3	3,0	0,80	2,4	6,0	0,0	55,8
4	4,6	0,80	3,7	0,0	0,0	52,1
5	4,8	0,80	3,8	0,0	0,0	48,3
6	4,5	0,80	3,6	0,0	0,0	44,7
7	4,2	0,80	3,4	0,0	0,0	41,3
8	4,0	0,80	3,2	0,0	19,7 <sup>(3)</sup>	57,8
...						

<sup>(1)</sup> O valor do ARM inicial é igual à ADC (60 mm) menos a ET<sub>c</sub> (3,8 mm).

<sup>(2)</sup> ARMa é o armazenamento da água no solo no dia anterior.

<sup>(3)</sup> O valor de LI (19,7 mm) é a diferença entre a ADC (60,0 mm) e o ARMa (41,3 mm).

## Cálculo do tempo de irrigação (TI)

Para se calcular o tempo de irrigação (*TI*) em horas (*h*), deve-se determinar, primeiramente, qual a intensidade de aplicação (*IA*), isto é, qual a lâmina horária (mm h<sup>-1</sup>) que o sistema de irrigação aplica. O valor de *IA* é determinado pela seguinte expressão:

$$IA = QE / (SE \times SL) \quad (4)$$

em que,

*QE* = Vazão dos emissores, ou seja, dos aspersores, microaspersores ou gotejadores (L h<sup>-1</sup>).

*SE* = Espaçamento entre emissores (m).

*SL* = Espaçamento entre linhas de irrigação (m).

Um microaspersor, por exemplo, cuja vazão (*QE*) é de 70 L h<sup>-1</sup>, e que apresenta espaçamentos entre emissores (*SE*) igual a 4,0 m e entre linhas (*SL*) de 5,0 m, terá a *IA* igual a:

$$IA = 70 \text{ L h}^{-1} / (4,0 \text{ m} \times 5,0 \text{ m}) = 70 \text{ L h}^{-1} / (20 \text{ m}^2) = 3,5 \text{ mm h}^{-1}$$

Deve-se salientar que 1,0 mm equivale a 1,0 L m<sup>-2</sup> ou 10.000 L ha<sup>-1</sup>.



O tempo de irrigação será calculado empregando-se a expressão:

$$TI = LI/IA \quad (5)$$

em que,

$TI$  = Tempo de irrigação (h).

$LI$  = Lâmina de irrigação (mm).

$IA$  = Intensidade de aplicação (mm h<sup>-1</sup>).

Tomando-se o exemplo da Tabela 2, com uma lâmina de irrigação ( $LI$ ) de 19,7 mm, o tempo de irrigação ( $TI$ ) necessário para se aplicar essa lâmina será:

$$TI = 19,7 \text{ mm} / 3,5 \text{ mm h}^{-1} = 5,6 \text{ h}$$

Esse tempo deverá ser corrigido, dividindo-se o valor de  $TI$  pela eficiência de aplicação do sistema de irrigação. Essa eficiência representa a fração do total de água aplicado que ficará disponível para a planta. O valor de  $TI$  corrigido será:

$$TIC = TI/EA \quad (6)$$

em que,

$TIC$  = Tempo de irrigação corrigido (h).

$EA$  = Eficiência de aplicação do sistema (decimal).

No exemplo anterior, se a eficiência de aplicação ( $EA$ ) for igual a 0,90 (90%), o valor de  $TIC$  será de:

$$TIC = 5,6 \text{ h} / 0,90 = 6,2 \text{ h}$$

Observa-se, assim, que quanto menor for a eficiência de aplicação, maior será a correção do tempo de irrigação, o que representa um maior gasto de água e energia.

## Monitoramento da água no solo

O monitoramento da água no solo é feito para se avaliar se os critérios utilizados no manejo da irrigação, como os valores de  $K_c$ , por exemplo, estão se adequando às condições da cultura. Para isso, pode-se empregar diferentes métodos, um dos mais utilizados é o controle do potencial matricial ou tensão da água no solo. Quanto mais seco estiver o solo, menor será o potencial com que a água ficará retida.

Para se determinar os valores do potencial da água no solo, utilizam-se equipamentos denominados tensiômetros, que conseguem registrar potenciais de até -80 kPa. Para valores menores (solos mais secos), pode-se empregar sensores granulares matriciais, que operam até -200 kPa.

Os tensiômetros devem ser instalados, de preferência, na fileira das culturas a 1/4 de distância entre plantas. Assim, se a distância entre elas for de 2 m, por exemplo, eles devem ser instalados a 0,50 m de distância das plantas. As plantas nas quais serão instalados os sensores devem ser representativas da área.

Em relação à profundidade, os sensores devem ser instalados no centro da região radicular e imediatamente abaixo dela, para verificar se há a ocorrência de possíveis perdas por drenagem. Se a profundidade efetiva do sistema radicular for, por exemplo, igual a 0,50 m, os sensores devem ser instalados a 0,25 m e a 0,60 m de profundidade. Deve-se procurar instalar, pelo menos, três pares de sensores às profundidades mencionadas, em cada parcela que for irrigada conjuntamente.

O limite do potencial da água no solo para a videira dependerá, principalmente, da cultivar empregada, do porta-enxerto e da capacidade de armazenamento de água no solo. Recomenda-se, de uma forma geral, que esse valor fique entre -15 kPa e -25 kPa. Alguns trabalhos conduzidos no exterior, em solos com maior capacidade de retenção de água, afirmam que esse valor pode alcançar -40 kPa (JOBILING et al., 2008; TERBLANCHE, 1981; VAN ZYL; VAN HUYSSTEEN, 1988). Valores mais negativos não devem ser permitidos, a menos que se queira induzir um déficit hídrico na cultura.

Conceição et al. (2010) avaliaram, em Jales, a relação entre a transpiração relativa e o potencial da água no solo para a cultivar Niágara Rosada sobre porta-enxertos IAC-572, cultivados em vasos. Verificou-se que a partir do potencial de aproximadamente -20 kPa, a transpiração relativa da cultura passou a apresentar uma tendência de redução, e a partir -45 kPa, observou-se um decréscimo mais acentuado.

Para se determinar os valores da umidade do solo correspondentes aos potenciais registrados pelos tensiômetros, necessita-se da curva de retenção da água. Essa curva pode ser obtida no local ou pela coleta de amostras e posterior envio a laboratórios especializados. Na Figura 10, é apresentado um exemplo de curva de retenção de água no solo.

Observa-se que os valores da umidade correspondentes aos potenciais de -10 kPa e -20 kPa são de, aproximadamente, 29% e 25%, respectivamente. Se, por exemplo, em determinado intervalo de tempo, a umidade do solo passou de 29%

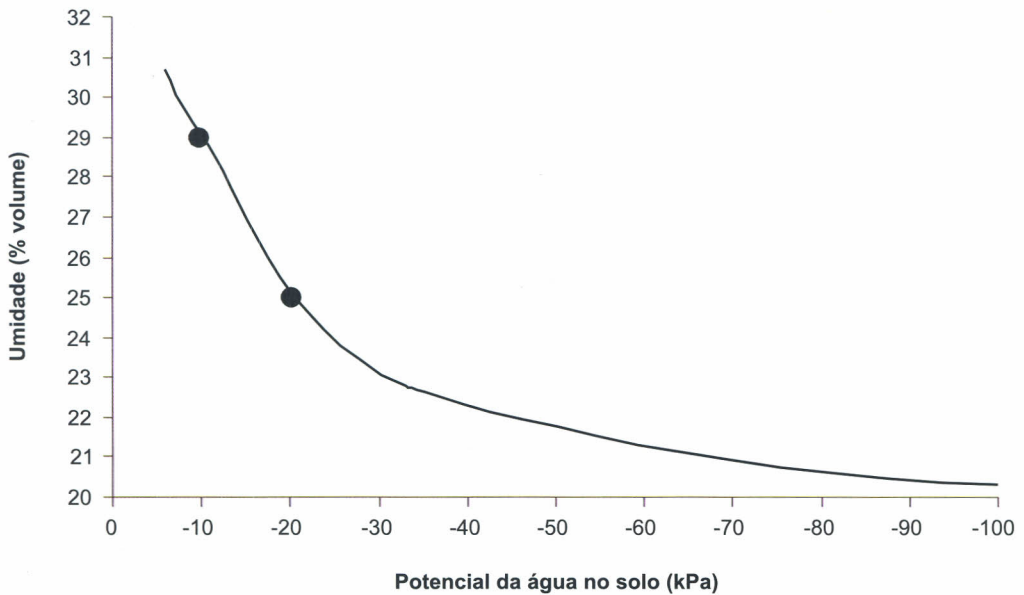


Figura 10. Exemplo de curva de retenção da água no solo.

para 25%, isso equivale a um consumo de 4% do volume do solo ou 40 mm de água por metro de profundidade de solo ( $40 \text{ mm m}^{-1}$ ). Considerando-se uma profundidade do sistema radicular igual a 0,50 m, o consumo de água pela planta, nesse exemplo, será de 20 mm ( $40 \text{ mm m}^{-1} \times 0,50 \text{ m} = 20 \text{ mm}$ ).

Equações também podem ser ajustadas com base nos valores da curva de retenção. Elas permitem uma determinação mais precisa dos valores de umidade, a partir dos dados de potencial da água no solo.

Além da tensão da água no solo, pode-se monitorar o seu teor de umidade, empregando-se diversos equipamentos, como as sondas de nêutrons, de capacitância e do tipo TDR.

## Monitoramento da água na planta

Assim como se monitora o potencial hídrico no solo, pode-se registrar o potencial da água nas plantas. Para isso, é utilizado um equipamento denominado câmara ou bomba de Scholander.

Para que não haja déficit, os valores do potencial hídrico nas folhas (*PHF*) devem ser acima de -0,2 MPa, antes do amanhecer; ou acima de -0,8 MPa, ao meio-dia (OJEDA, 2007).

## Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. Estimating crop coefficients from fraction of ground cover and height. **Irrigation Science**, New York, v. 28, p. 17-34, 2009.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 56).
- BASSOI, L. H.; GRANGEIRO, L. C.; SILVA, J. A. M. e; SILVA, E. E. G. da. Root distribution of irrigated grapevine rootstocks in a coarse texture soil of the São Francisco Valley, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 35-38, 2002.
- BASSOI, L. H.; HOPMANS, J. W.; JORGE, L. A. de C.; ALENCAR, C. M. de; SILVA, J. A. M. Grapevine root distribution in drip and microsprinkler irrigation. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 377-387, 2003.
- CONCEIÇÃO, M. A. F. Estimativa da evapotranspiração de referência com base na temperatura do ar para as condições do Baixo Rio Grande, SP. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 11, n. 2, p. 229-236, 2003.
- CONCEIÇÃO, M. A. F. **Planilha para cálculo diário da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith parametrizado pela FAO**. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/tecnologias/>>. Acesso em: 13 mar. 2009a.
- CONCEIÇÃO, M. A. F. **Planilhas para estimativa diária da evapotranspiração das culturas (ETc) utilizando valores da temperatura do ar**. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br/tecnologias/>>. Acesso em: 13 Mar. 2009b.
- CONCEIÇÃO, M. A. F. **Roteiro de cálculo da evapotranspiração de referência pelo método de Penman-Monteith-FAO**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2006. 8 p. (Embrapa Uva e Vinho. Circular Técnica, 65).
- CONCEIÇÃO, M. A. F.; MAIA, J. D. G. Coeficiente da cultura (*Kc*) para a videira Niagara Rosada em Jales, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12., 2001, Fortaleza, CE. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia: Funceme, 2001. v. 2, p. 411-412.
- CONCEIÇÃO, M. A. F.; MANDELLI, F. **Cálculo da evapotranspiração de referência com base na temperatura do ar**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005a. 4 p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 61).
- CONCEIÇÃO, M. A. F.; MANDELLI, F. Comparação entre métodos de estimativa da evapotranspiração de referência em Bento Gonçalves, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 13, n. 2, p. 303-307, 2005b.
- CONCEIÇÃO, M. A. F.; MARIN, F. R. Condições microclimáticas em um parreiral irrigado coberto com tela plástica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 423-431, 2009.
- CONCEIÇÃO, M. A. F.; PAULA, M. V. B. de; ALTEMAR, A. M. S. Transpiração de videiras sob diferentes níveis de água no solo. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA IRRIGAÇÃO, 3., 2010, Fortaleza. **Anais...** Sobral: IFCE, 2010. 1 CD-ROM.

GONÇALVES, A. L. **Efeito do sombreamento artificial contínuo no microclima, crescimento e produção da videira 'Niágara Rosada'**. 2007. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical e Subtropical)–Instituto Agronômico de Pós-Graduação, Campinas.

HARGREAVES, G. H.; ALLEN, R. G. History and evaluation of Hargreaves evapotranspiration equation. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 129, n. 1, p. 53-63, 2003.

JOBLING, J.; ROGERS, G.; ANDERSON, A.; VICIC, A. **Managing water for yield and profit: a training guide for irrigators in the Australian vegetable industry**. Sidney: Applied Horticultural Research Training, 2008. 24 p.

KELLER, J.; KARMEILLI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133 p.

OJEDA, H. El riego de precisión de la vid en función de los requerimientos hídricos y sus objetivos productivos. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE VITICULTURA Y ENOLOGIA, 11., 2007, Mendoza. **Seduciendo al consumidor de hoy: anales...** [Mendoza: INV: Cleifra], 2007. 1 CD-ROM.

ORTEGA-FARIAS, S.; IRMAK, S.; CUENCA, R. H. Special issue on evapotranspiration measurement and modeling. **Irrigation Science**, New York, v. 28, p. 1-3, 2009.

PIRES, R. C. de M.; SAKAI, E.; FOLEGATTI, M. V.; PIMENTEL, M. H. L.; FUJIWARA, M. Distribuição e profundidade do sistema radicular da videira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26., 1997, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: SBEA: UFPB, 1997. 1 CD-ROM.

SILVA, R. J. L.; LIMA, L. C. de O.; CHALFUN, N. N. J. Efeito da poda antecipada e regime de irrigação nos teores de açúcares em uvas 'Niágara Rosada'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 844-847, 2009.

TERBLANCHE, J. H. The latest findings with regard to irrigation and fertilization of table grapes. **Deciduous Fruit Grower**, Cape Town, v. 31, n. 10, p. 396-401, 1981.

VAN ZYL, J. L. Diurnal variation in grapevine water stress as a function of changing soil water status and meteorological conditions. **South African Journal of Enology and Viticulture**, Dennesig, v. 8, n. 2, p. 45-52, 1987.

VAN ZYL, J. L.; VAN HUYSSTEEN, L. Irrigation systems: their role in water requirements and the performance of grapevines. **South African Journal of Enology and Viticulture**, Dennesig, v. 9, n. 1, p. 3-8, 1988.

VIEIRA G. H. S.; MANTOVANI, E. C.; SILVA, J. G. F da; RAMOS, M. M.; SILVA, C. M. Recuperação de gotejadores obstruídos devido à utilização de águas ferruginosas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 1-6, 2004.

VILLA NOVA, N. A.; PEREIRA, A. B. Ajuste do método de Priestley-Taylor às condições climáticas locais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26 n. 2, p. 395-405, 2006.

YANUSA, I. A. M.; WALKER, R. R.; BLACKMORE, D. H. Characterization of water use by Sultana grapevines (*Vitis vinifera* L.) on their own roots or on Ramsey rootstock drip-irrigated with water of different salinities. **Irrigation Science**, v. 17, p. 77-86. 1997.