

8. IRRIGAÇÃO

**Regina Célia de Matos Pires, Emílio Sakai,
Luís Henrique Bassoi e Mamor Fujiwara**

8.1 Introdução

A irrigação é uma prática agrícola que visa principalmente a atender as necessidades hídricas das culturas no momento adequado. Por ser uma prática cara, além da simples aplicação de água, a irrigação deve ser utilizada em todo seu potencial, como para a aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas, para prevenção de geadas e controle de temperatura.

A racionalização do uso da água tem sido motivo de várias investigações na área agrícola, visando a diminuição nos custos da mão-de-obra e energia, além de evitar a ocorrência de problemas fitossanitários ligados à aplicação excessiva de água. No manejo das irrigações, o conhecimento do quando e quanto irrigar são fundamentais.

No Brasil, dependendo da região de cultivo, a irrigação em videiras constitui-se em prática essencial ou de caráter suplementar às chuvas para garantia da qualidade e produtividade. Quando a irrigação é implantada em videiras adultas, na primeira estação de crescimento, o efeito benéfico da aplicação de água poderá não se verificar, devido ao período de adaptação da cultura à condição irrigada.

8.2 Métodos de irrigação

8.2.1 Generalidades

A irrigação pode ser realizada por diferentes métodos: aspersão, localizada, superfície e subterrânea. Com relação à escolha do método de irrigação, não existe um melhor que o outro, e sim o que mais se adapta a cada situação em particular. Existem vantagens e limitações no emprego de cada um deles.

Para escolha do método adequado de irrigação, alguns aspectos devem ser considerados, como a disponibilidade e qualidade da água, a energia e a mão-de-obra despendidas, a topografia e o tipo de solo, o custo de implantação, o clima e a cultivar.

Historicamente, o método de irrigação mais utilizado em videiras no mundo é por sulcos, porém, o uso da aspersão tem aumentado. Em algumas regiões específicas, o sistema de irrigação por aspersão auxilia na proteção de geadas. A aspersão quando realizada acima da copa das plantas pode favorecer a ocorrência da podridão dos frutos na fase de maturação, sendo necessária, portanto, a proteção dos cachos.

O efeito de diferentes sistemas de irrigação em videiras foi investigado por Peacock et al. (1977), em experimento na Califórnia, Estados Unidos da América. Os autores observaram que o gotejamento proporcionou aumento na eficiência do uso da água, quando comparado à aspersão e à irrigação por superfície. Não foram observadas diferenças entre os métodos de irrigação com relação ao desenvolvimento das plantas e produção.

Conforme descrito por Williams & Mattheus (1990), em regiões vinícolas dos Estados Unidos, as videiras são irrigadas por sulcos, inundação, aspersão e gotejamento. A escolha do método é baseada no custo, disponibilidade de água e no tipo de solo. Na produção de uva passa, a maior parte das videiras é irrigada por sulcos ou inundação, somente uma pequena parte por gotejamento. Na década de 80, a irrigação localizada começou a ser adotada por alguns produtores de uva na Califórnia. Em alguns casos, isto ocorreu devido à ampliação da área de produção de uva em regiões onde a irrigação por superfície é impraticável, devido a escassez de água. Muitos produtores também estão adotando este método pela facilidade no controle e automação da irrigação.

Na região noroeste do Estado de São Paulo, observa-se a substituição gradativa do método de aspersão sob copa pela microaspersão invertida, também sob copa, sendo a tubulação tutorada na estrutura do parreiral na linha de plantio, evitando o

contato da água com os frutos. Em menor proporção, utiliza-se também a aspersão convencional com os cachos protegidos. Apesar do custo de implantação mais elevado do que a aspersão convencional, a microaspersão adaptou-se bem à região, devido à vantagem da economia de água. No polo de fruticultura irrigada de Petrolina/Juazeiro, situada na região semi-árida do nordeste brasileiro, a irrigação localizada é a mais utilizada, sendo que a área cultivada com microaspersão também tem apresentado aumento significativo nos últimos anos.

8.2.2 Irrigação por aspersão

A água é aplicada ao solo na forma de chuva artificial, através do fracionamento do jato de água em gotas. Esse fracionamento é obtido pela passagem do fluxo de água sob pressão pelos bocais dos aspersores. Vários fatores alteram as características de aplicação de água dos aspersores: o tipo, a pressão de serviço, o diâmetro, o número e o ângulo de inclinação dos bocais. Para cada combinação entre pressão de serviço e diâmetro do bocal, obtêm-se diferentes vazões e diâmetros molhados. A escolha do aspersor é baseada na lâmina de água fornecida, a qual é função da pressão de serviço, diâmetro do bocal e espaçamento entre eles. Aspersores, trabalhando em pressões acima da especificação, acarretam pulverização excessiva da água, produzindo gotas de tamanho reduzido, com excesso de precipitação próximo ao aspersor e perda no alcance do jato. Por outro lado, quando a pressão está abaixo dos limites recomendados, ocorrerá maior precipitação na extremidade da área molhada, prejudicando, assim, a uniformidade de aplicação e produzindo gotas de tamanho maior.

Em relação à pressão de serviço, os aspersores podem ser classificados em aspersores de baixa, média e alta pressão. As características destes aspersores são descritas por Gomes (1994). Os de baixa pressão trabalham com pressões inferiores a 20 mca, e as vazões não superam 1 m³/h; normalmente, são empregados em espaçamentos inferiores a 15 m. Os aspersores

de média pressão trabalham a pressões que variam de 20 a 40 mca, a vazão aplicada situa-se na faixa de 1 a 6 m³/h, em espaçamento de 12 a 36 m. Já os aspersores de alta pressão trabalham com pressões superiores a 40 mca (podendo chegar até 100 mca), com vazões acima de 6 m³/h (até 120 m³/h, como os canhões hidráulicos), com alcance acima de 30 m.

A aspersão é um método que não exige sistematização do terreno, é de fácil instalação em culturas já estabelecidas, podendo ser utilizada em diferentes tipos de solo. Permite aplicação de fertilizantes e defensivos, e um bom controle da lâmina de irrigação e da salinidade do solo, eleva a umidade do ar e possibilita irrigações noturnas, proteção contra geadas ou altas temperaturas. Além disso, é eficiente, de rápida instalação e fácil operação, e não causa erosão desde que a taxa de aplicação de água do aspersor esteja de acordo com a capacidade de infiltração da água no solo.

Como desvantagens, os sistemas de irrigação por aspersão tem custo inicial relativamente elevado, quando comparado à irrigação por superfície; a distribuição da água é afetada pelo vento, facilita a disseminação de patógenos e, dependendo do tamanho da gota, pode causar problemas de compactação do solo ao longo do tempo. As irrigações devem ser programadas para não promover lavagem de defensivos e exige mão-de-obra qualificada.

8.2.3 Irrigação localizada

Na irrigação localizada, a água é aplicada ao solo diretamente na região das raízes, molhando apenas parte do volume do solo, com baixa vazão e pressão, permitindo alta frequência de irrigação e, conseqüentemente, mantendo o solo com umidade elevada (próxima à capacidade de campo). Dentre as modalidades de irrigação localizada, o gotejamento e a microaspersão são os mais utilizados (Figs. 8.1 e 8.2). Existem ainda outros sistemas de menor expressão, como potejamento, tubos perfurados ou porosos, jato pulsante e cápsulas porosas.



FIG. 9.1.14 – Podridão-negra - frutos mumificados.



FIG. 9.1.15 - Mofo acinzentado - massa de esporos recobrendo as bagas.

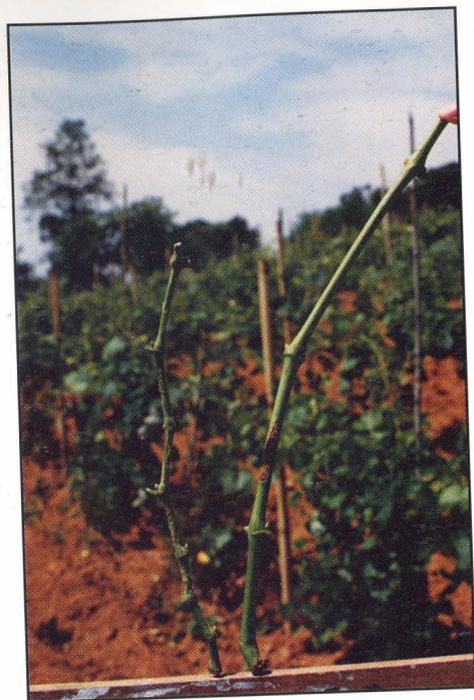


FIG. 9.1.16 - Declínio da videira - encurtamento de internódios.



FIG. 9.1.17 - Declínio da videira - folhas deformadas.



FIG. 9.1.18 - Declínio da videira - podridão em forma da letra V no ramo.

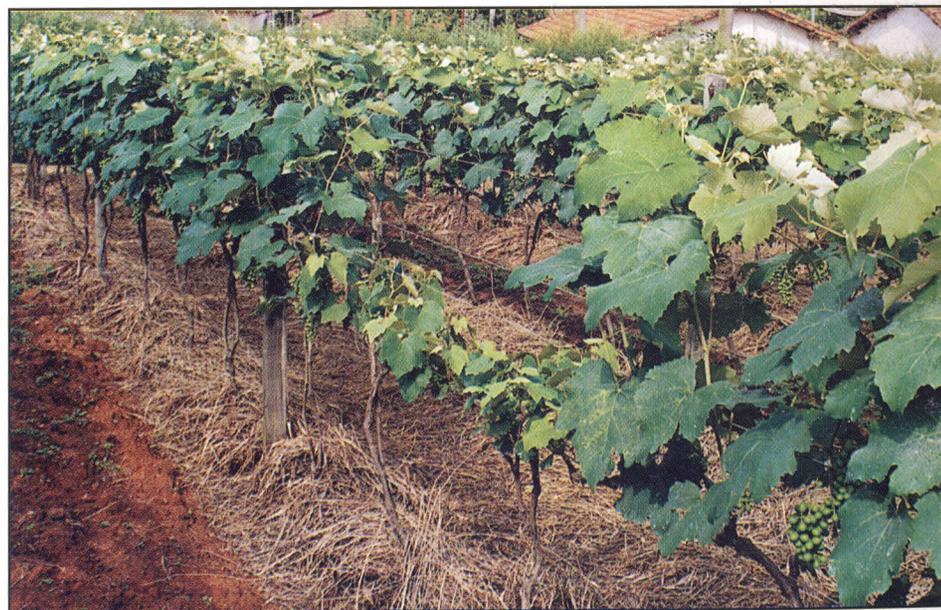


FIG. 9.1.19 - Declínio da videira - brotação reduzida das plantas.



FIG. 9.1.20 - Fusariose - vasos descoloridos.

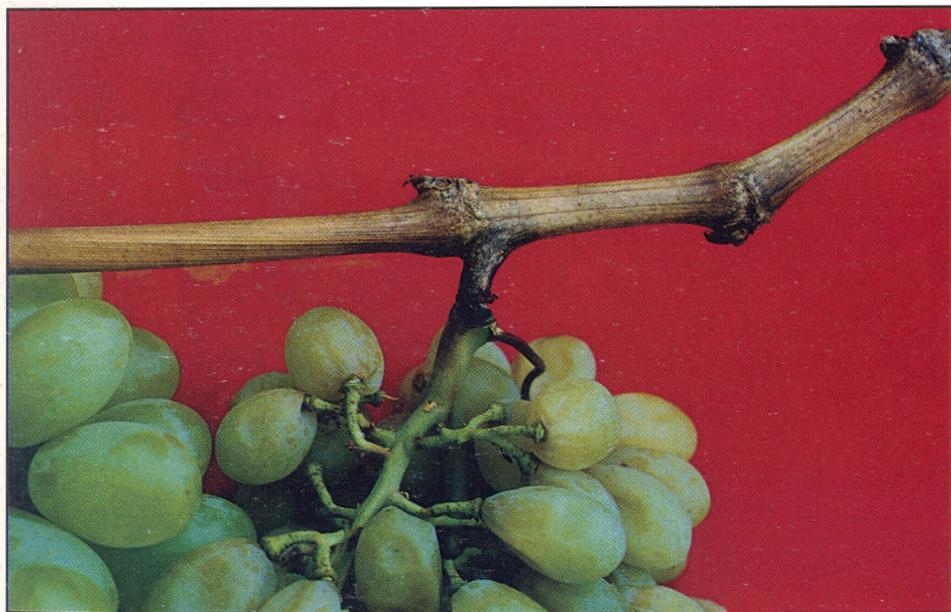


FIG. 9.1.21 - Escoriose - lesão necrótica na ráquis do cacho.



FIG. 9.1.22 - Podridão das raízes- textura esponjosa de raiz.



FIG. 9.1.23 - Podridão das raízes - emaranhado de hifas sob a casca da raiz.



FIG. 9.1.24 - Podridão bacteriana - manchas angulares nas folhas e nervuras.



FIG. 9.1.25 - Podridão bacteriana - cancrios ovalados nos ramos.



FIG. 9.1.26 - Podridão bacteriana - detalhe dos sintomas nos cachos.



FIG. 9.1.27 - Podridão bacteriana - detalhe dos sintomas nos cachos.

FIG. 9.1.2.1 - Raízes de videira Cabernet Sauvignon deformadas por *Meloidogyne* em Lockeford, EUA. (Raski, 1986).

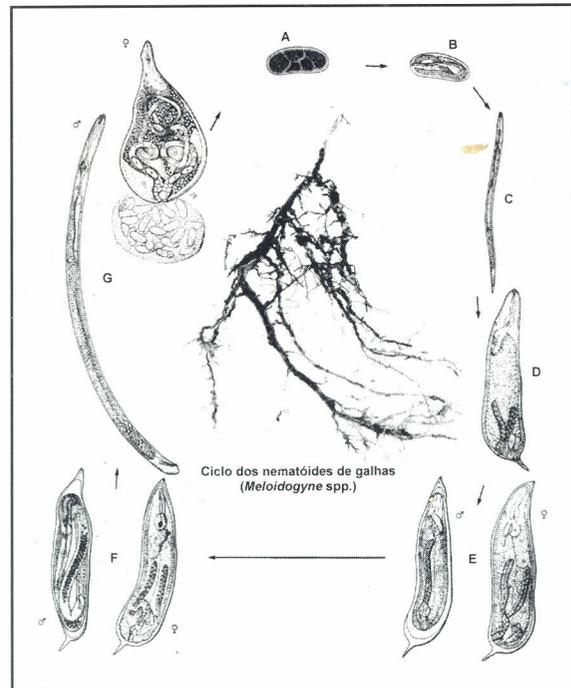
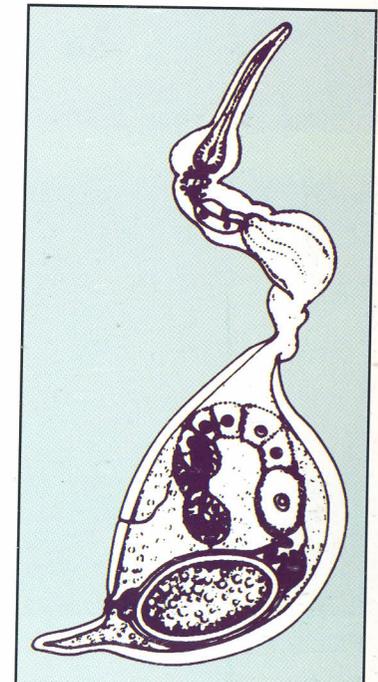


FIG. 9.1.2.2 - Ciclo de vida:
A) Estádio de ovo;
B, C, D) Juvenis de 1º e 2º estádios; E, F) 3º e 4º estádios, macho e fêmea; G) Adultos.



FIG. 9.1.2.3 - Danos causados por *Xiphinema index*. Raízes da direita não parasitadas.

FIG. 9.1.2.4 - Fêmea de *Tylenchulus Semipenetrans* com detalhes da Morfologia e um ovo no útero.



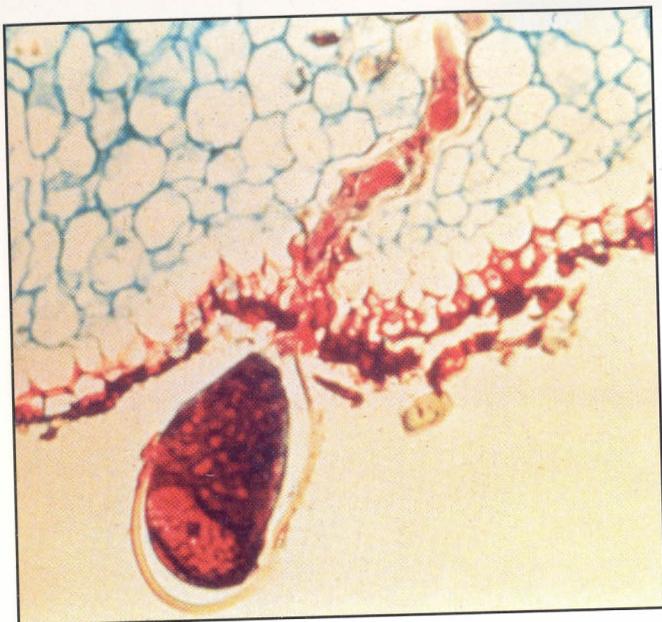


FIG. 9.1.2.5 - Corte de raiz de citros, mostrando o parasitismo de fêmea de *Tylenchulus semipenetrans*.



FIG. 9.1.3.1 - Enrolamento da folha da videira na variedade Cabernet Franc.



FIG. 9.1.3.2 - Mosaico das nervuras da videira em folha do porta-enxerto Rupestris du Lot.



FIG. 9.1.3.3 - Mosaico da videira Traviú em folha do porta-enxerto Riparia do Traviú.

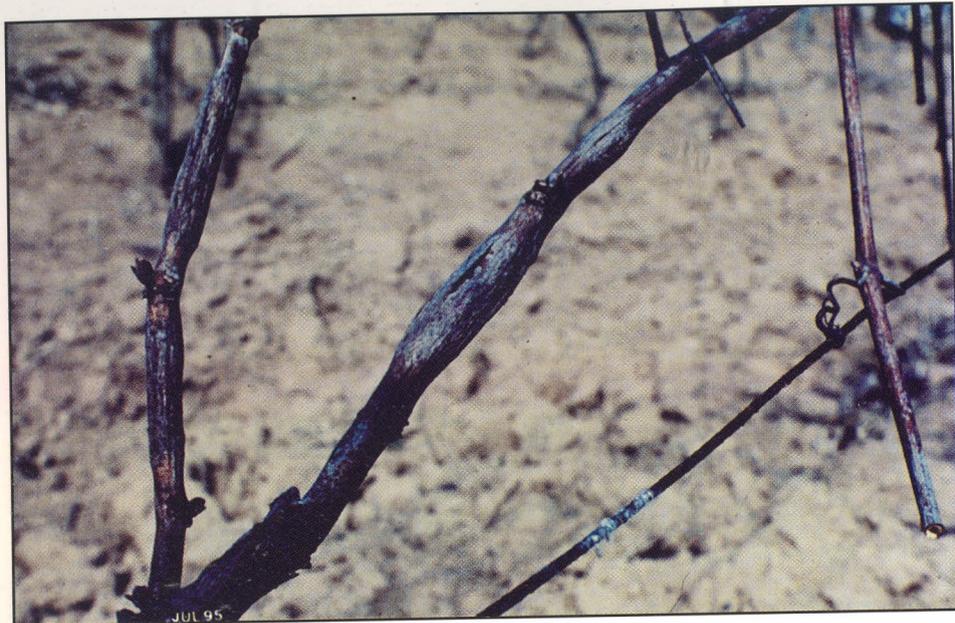


FIG. 9.1.3.4 - Fendilhamento cortical da videira em ramos da variedade Niagara Rosada.



FIG. 9.1.3.5 - Cascudo ou lenho estriado da videira no tronco de planta da variedade Itália.



FIG. 9.1.3.6 - Necrose das nervuras da videira em folha do porta-enxerto 110R.



FIG. 9.2.1 - Raiz de videira infestada com pérola-da-terra (*Eurhizococcus brasiliensis*). Louveira, SP, 1986.



FIG. 9.2.2 - Cistos de pérola-da-terra (*Eurhizococcus brasiliensis*).



FIG. 9.2.3 - Fêmeas de pérola-da-terra recém-emergidas dos cistos. Louveira, SP, 1996.



FIG. 9.2.5 - Interior de galhas de filoxera com ovos. Jundiaí, SP, 1996.

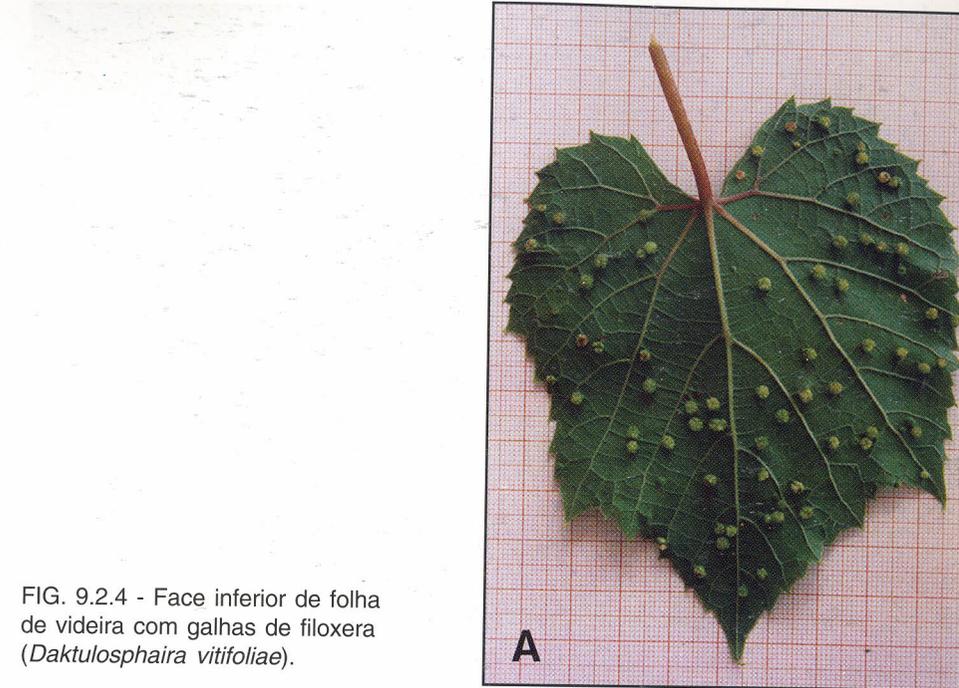


FIG. 9.2.4 - Face inferior de folha de videira com galhas de filoxera (*Daktulosphaira vitifoliae*).



FIG. 9.2.6 - Ramo de videira infestado pela cochonilha *Parassaissetia nigra*.

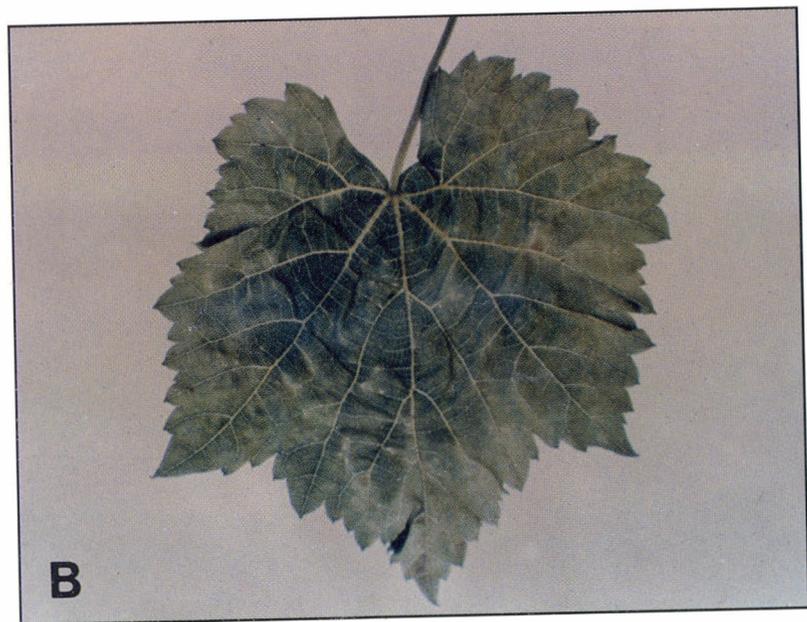


FIG. 9.2.7 - Folha da mesma planta com sintoma da toxemia pseudo-mosaico-das-nervuras, causada por essa cochonilha. Campinas, 1980. (Fotos de H. Kuniyuki).

O gotejamento foi originalmente desenvolvido para a aplicação de água em cultivos em casa de vegetação e em plantas que se encontravam relativamente distantes umas das outras, como no caso de pomares e parreirais. A água é aplicada pontualmente em gotas através dos gotejadores, que possuem orifícios de diâmetro muito reduzido, diretamente sobre a zona radicular da planta. Os gotejadores trabalham a baixas pressões, em torno de 10 mca, com vazões de 2 a 20 l/h.

Na microaspersão, a água é aspergida pelos emissores, em círculos de 1 a 3 m de raio, podendo atingir até 5m. Trabalha com pressões um pouco maiores do que o gotejamento, de 10 a 20 mca, e fornecem vazões de 20 a 120 l/h. Tradicionalmente, os orifícios de saída dos microaspersores eram um pouco maiores do que os dos gotejadores, e, por isso, o sistema de filtragem poderia ser mais simples. Atualmente, alguns microaspersores têm orifícios de saída semelhantes ou ainda menores do que os dos gotejadores. Nesse caso, o sistema de filtragem deverá ser projetado cuidadosamente. A microaspersão proporciona visualização do funcionamento do equipamento. Quando se utiliza a microaspersão, a distribuição de umidade lateralmente ao emissor é maior, quando comparada ao gotejamento, o que permite melhor ajuste da área úmida à do sistema radicular. Para solos de textura arenosa, a microaspersão proporciona área molhada bem maior, quando comparada ao bulbo molhado formado pelo gotejador.

Devido às características de aplicação de água, as irrigações no gotejamento podem caracterizar-se por intervalo entre irrigações menor do que na microaspersão, em função da evapotranspiração, armazenamento de água no solo, sistema radicular e presença ou não de lençol freático.

A forma e o tamanho do bulbo úmido formado pelo gotejador depende das características do solo, da vazão do gotejador e do tempo de aplicação. O tamanho e a forma do bulbo molhado são parâmetros importantes para projetos e manejo de sistemas de irrigação localizada. Considerando-se um gotejador com a mesma vazão, em solos argilosos o bulbo molhado tende a ser

mais raso e largo; já em solos arenosos ocorre o inverso: o movimento vertical da água predomina, e o bulbo fica mais alongado; em solos de textura média, o formato do bulbo é intermediário.

A vazão do gotejador também influencia o formato do bulbo molhado. O aumento da vazão favorece o movimento horizontal da água, sem acréscimo na profundidade atingida. Já para uma mesma vazão do gotejador, quanto maior o tempo de irrigação, mais alongada se torna a forma do bulbo.

Vários autores consideram que o valor mínimo da área molhada pelos emissores, em relação ao espaçamento da cultura, deve ser de 33%, em condições onde a irrigação é prática essencial; e de 20% para condições de irrigação complementar. Soares & Costa (1998) relatam que no cultivo de videiras na região do Submédio São Francisco melhores resultados em qualidade e produtividade dos frutos foram observados com áreas molhadas a partir de 40%. Nos últimos anos, em regiões em que as irrigações são complementares às chuvas, tem-se observado que irrigar apenas cerca de 20% da área tem sido prejudicial e, com isso, também há tendência de aumento da área molhada. Convém salientar que a área molhada pelo bulbo corresponde a uma área maior do que a visualizada na superfície do solo. A área molhada pelo emissor deve ser medida um dia após o teste de campo e na faixa de 10 a 20 cm de profundidade, onde normalmente situa-se o maior diâmetro molhado.

A irrigação localizada tem como vantagens: alta eficiência de aplicação, redução de escoamento superficial e percolação profunda, economia de água, energia e mão-de-obra, além de permitir automatização, fertirrigação e de não interferir nos tratos fitossanitários.

As principais desvantagens do método são a sensibilidade ao entupimento, o alto custo de implantação, não permitir o controle eficaz do microclima e o fato de poder condicionar limitações ao sistema radicular. Em regiões com problema de salinidade, ocorre o acúmulo gradual de sais na extremidade do bulbo molhado, necessitando de lavagem periódica do solo.

8.2.4 Irrigação por superfície

Na irrigação por superfície, a água é aplicada diretamente sobre a superfície do solo. Os sistemas de irrigação por superfície predominam nas principais regiões irrigadas do mundo. Dentre as modalidades de aplicação superficial, destacam-se a irrigação por sulcos, por inundação, em faixas e em taças.

Para viabilização deste sistema de irrigação, é fundamental grande disponibilidade de água, terreno plano e solos com baixa capacidade de infiltração. A baixa taxa de infiltração dos solos é um parâmetro desejável para a utilização deste método. Caso contrário, ter-se-á uma grande rede de sulcos curtos, que dificultam ou até inviabilizam o manejo e a operação do sistema de irrigação no campo, além de reduzir drasticamente a eficiência de aplicação de água do sistema. Uma das razões da pouca utilização deste sistema no Estado de São Paulo é devido às características dos solos, pois os sulcos teriam comprimento reduzido e dificultariam sua operacionalização.

A irrigação por superfície é de baixo custo inicial, de fácil operação após a implantação, não é afetada pelo vento, com baixo consumo de energia e não interfere no controle fitossanitário.

A uniformidade de aplicação do sistema é baixa, quando comparada com os métodos de irrigação pressurizados; a demanda de água é alta e é exigente quanto a topografia do terreno; não se adapta bem a solos permeáveis e, algumas vezes. Necessita de sistematização da área e controle das perdas por percolação profunda.

8.2.5 Irrigação subterrânea

Na irrigação subterrânea, a água é aplicada diretamente sob a superfície do solo. Esta aplicação é realizada pela manutenção e controle do lençol freático a uma profundidade favorável ao desenvolvimento da cultura, ou pela aplicação de água através

de tubos ou manilhas perfuradas ou porosas. A irrigação sub-terrânea pode ser opção viável em áreas de várzeas e em solos com horizonte subsuperficial impermeável, com presença de lençol freático (Pires et al., 1998). Nos últimos anos, a irrigação subterrânea aplicada por gotejamento vem-se expandindo em algumas regiões no mundo, devido às vantagens oferecidas, dentre as quais destacam-se: aplicação fracionada de nutrientes na zona radicular, principalmente fósforo e potássio, diminuição das perdas de água e nutrientes, facilidade de adaptação dos nutrientes; de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura, mantém seca a superfície do solo diminuindo a incidência de plantas invasoras, pragas e doenças. Após a instalação, a tubulação não interfere nos tratos culturais e fica menos sujeita a vandalismo (Pires et al., 2000). Por outro lado, a adoção dessa tecnologia requer cuidados especiais na condução das irrigações, pois não há visualização da água no solo e sua interação com o sistema radicular da planta; há susceptibilidade ao entupimento dos emissores pelas raízes, se o sistema não for manejado adequadamente; necessita descarga e lavagem das tubulações e pode haver danos no equipamento por roedores e passagem de implementos, como, por exemplo, subsoladores.

8.2.6 Cuidados no planejamento de sistemas de irrigação

O dimensionamento correto dos equipamentos é fundamental para o sucesso da irrigação, pois afeta diretamente a capacidade de aplicação de água, bem como sua uniformidade de distribuição. Para elaboração de projetos de irrigação, são necessários levantamentos topográficos, estudo da disponibilidade e qualidade da água, determinações de parâmetros de solo e de planta, além da estimativa do consumo de água.

Após a instalação, periodicamente com o uso do equipamento, é importante que seja realizada avaliação da uniformidade de distribuição da água no campo, para evitar a desuniformidade na qualidade e na produção.

8.3 Parâmetros básicos para o planejamento e manejo das irrigações

8.3.1 Lâmina de irrigação

A lâmina de irrigação deve ser estimada, visando o umedecimento uniforme no solo até o limite superior de retenção de água na camada onde se concentram a maioria das raízes finas, absorventes. Em regiões onde o suprimento de água é limitado, e o custo é relativamente alto, a aplicação de água deve ser eficiente, com aperfeiçoamento das práticas de manejo.

O cálculo da lâmina de irrigação é fundamental para o planejamento e o manejo das irrigações, uma vez que delimita o armazenamento de água do solo para uma dada situação e cultura.

A lâmina de irrigação (h_i) pode ser calculada pelas seguintes equações:

$$h_i = [(U_{CC} - U_{PMP}) / 10] \cdot d_s \cdot p \cdot y \quad (1)$$

ou

$$h_i = [(U_{CC} - U_i) / 10] \cdot d_s \cdot p \quad (2)$$

onde:

h_i : lâmina de irrigação, em mm;

U_{CC} : umidade do solo, com base em peso seco, na capacidade de campo, em %;

U_{PMP} : umidade do solo, com base em peso seco no ponto de murcha permanente, em %;

U_i : umidade do solo, com base em peso seco no momento de irrigação, em %;

d_s : densidade do solo em $g \cdot cm^{-3}$;

p : profundidade efetiva das raízes em cm;

y : fator de consumo de água no solo, ou fator de depleção.

A umidade do solo na capacidade de campo (U_{CC}) corresponde à capacidade máxima de retenção da água do solo, ou seja, representa o limite superior de água que um solo pode reter. A U_{CC} , embora seja um conceito arbitrário, é útil para fins de irrigação.

Considera-se que após a saturação do solo, o movimento descendente de água no solo decresce com o tempo, até que se torna desprezível, ou mesmo cessa depois de alguns dias. A umidade do solo, na qual a drenagem interna praticamente cessa, equivale à umidade na capacidade de campo, que, normalmente, ocorre cerca de 2 a 3 dias após chuva ou irrigação intensa em solos permeáveis, com estrutura e textura uniformes. A capacidade de campo pode ser determinada por diferentes métodos (de campo, de laboratório e indireto).

A umidade no ponto de murcha permanente (U_{PMP}) equivale à umidade na qual o solo não pode mais suprir água às plantas em quantidade suficiente para manter a turgescência, e a planta entra em murcha permanente. Para fins de irrigação, a umidade do solo no ponto de murcha permanente representa o limite inferior de disponibilidade de água do solo. A U_{PMP} pode ser determinada pelo método fisiológico (direto), de laboratório ou indireto.

A U_i equivale à umidade do solo no potencial de água crítico para a cultura específica. O potencial de água crítico no solo determina o momento da irrigação. O fator de depleção ou de consumo de água no solo, "y", representa a porcentagem da água disponível no solo que pode ser consumida, sem que ocorram prejuízos ao desenvolvimento e à produção das plantas.

A densidade do solo (d_s) é a relação entre a massa de sólidos do solo e o volume total por ela ocupada, conforme a relação abaixo:

$$d_s = m_s / V \quad (3)$$

onde:

d_s : densidade do solo (g/cm^3);

m_s : massa seca de solo após secagem em estufa a 105-110°C por 24 horas (g);

V: volume do anel (cm^3).

A d_s deve ser determinada diretamente no campo, por meio de amostra indeformada, podendo se utilizar um anel

metálico de volume conhecido. A d_s é afetada pela textura, a estrutura e o grau de compactação do solo; quando o solo foi trabalhado recentemente, a d_s é baixa; à medida que o solo recebe água de chuva ou irrigação e é submetido a outras práticas culturais, esse valor tende a aumentar, influenciando na capacidade de retenção de água do solo.

A profundidade efetiva das raízes (z) compreende a camada desde a superfície do solo até onde se concentra a maior parte das raízes absorventes ou finas. Essa profundidade é fundamental, não somente para determinação da lâmina de irrigação, como também para a instalação de sensores para monitoramento da água do solo no controle das irrigações. Devido à sua importância, este parâmetro é discutido detalhadamente no item 3.4.

8.3.2 Estimativa do consumo de água

A estimativa do consumo de água é necessária para elaboração de projetos e para manejo das irrigações. Na elaboração de projetos, podem ser utilizadas séries históricas de dados de clima coletados pelos Postos Meteorológicos da rede oficial, do Estado ou da Federação, localizados próximo da região em estudo, ou por consultas a trabalhos de demanda hídrica já desenvolvidos para algumas regiões do País.

A evapotranspiração da cultura pode ser medida diretamente por lisímetros, balanço hídrico e/ou de energia. Esses métodos são normalmente utilizados para fins de pesquisa. Além de medir a evapotranspiração, também estimam valores de coeficiente de cultura (Kc) relativos a algumas equações, as quais estimam a evapotranspiração de referência (ET_o), fornecendo meios para que os usuários possam calcular a demanda de água.

Existem vários métodos para estimativa da evapotranspiração de referência, e sua escolha depende do clima local e dos dados existentes. Os diferentes métodos podem utilizar uma ou mais variáveis, e as estimativas podem ser feitas por meio de

equações simples a complexas. Jensen (1973) alerta que, para estimativa de necessidade de irrigações freqüentes, o uso de fórmulas mais simples, ou estimativas com base em médias mensais, podem resultar em dados imprecisos. Em regiões onde ocorrem precipitações elevadas, o uso de dados mensais de evapotranspiração pode levar ao subdimensionamento do equipamento, por considerar os dias nublados e chuvosos onde a evapotranspiração é baixa.

Alfonsi et al. (1990) descreveram as características gerais e o instrumental meteorológico necessário para a estimativa da evapotranspiração de referência através dos métodos: Penman, Penman simplificado, Camargo e tanque classe A.

O método de Penman é o mais preciso, porém ainda tem sido o menos utilizado pelos agricultores, pela necessidade da medida de muitas variáveis climáticas. Entretanto, com o advento das estações climatológicas automáticas (Fig. 8.3), o fator leitura e cálculo ficou facilitado pelo uso do microcomputador. Os dados de estações automáticas podem ser utilizados por vários agricultores nas proximidades da instalação, o que pode diluir o custo do investimento inicial.

O tanque classe A (Fig. 8.4) é um evaporímetro útil e eficiente, que tem sido utilizado para o manejo das irrigações em várias culturas em diferentes locais do mundo, com sucesso e custo reduzido. A partir da evaporação do tanque classe A (ECA), a evapotranspiração de referência é calculada pela seguinte relação:

$$ET_o = K_p \cdot ECA \quad (4)$$

onde:

ET_o: evapotranspiração de referência (mm/dia);

K_p: coeficiente do tanque classe A;

ECA: evaporação do tanque classe A (mm/dia).

Os valores de K_p variam com o tamanho e a característica de vegetação da bordadura onde está instalado o tanque, com a

velocidade do vento e com a umidade relativa do ar, conforme Doorenbos & Pruitt (1984). Para algumas regiões do Estado de São Paulo, tem-se observado que estes valores situam-se entre 0,75 a 0,80, quando o tanque é instalado em gramado com 10 m de bordadura.

8.3.3 Estimativa do consumo de água pela cultura

Para o cálculo do consumo de água pela cultura, relaciona-se a evapotranspiração de referência, estimada por métodos climatológicos à evapotranspiração da cultura, segundo a equação a seguir (Allen et al., 1998):

$$ET_c = ET_o \cdot K_c \quad (5)$$

onde:

ET_c: evapotranspiração da cultura (mm/dia);

ET_o: evapotranspiração de referência (mm/dia);

K_c: coeficiente de cultura.

O K_c varia com a planta, local, clima, práticas culturais, desenvolvimento vegetativo, disponibilidade de água no solo e condições de cultivo (com ou sem controle de ervas daninhas). Na realidade, o valor de K_c integra o efeito dos fatores acima mencionados.

Doorenbos & Kassam (1979) apresentam valores médios de K_c, baseados em informações obtidas em diferentes regiões climáticas, principalmente localizadas no hemisfério norte, com irrigações infreqüentes e superfície do solo seca durante a maior parte do tempo, para videiras adultas (Tabela 8.1).

Os mesmos autores ainda apresentam valores médios de K_c para diferentes situações de cultivo para videiras, de acordo com as fases de desenvolvimento da cultura (Tabela 8.2). Na falta de dados de pesquisa adequados para as nossas condições de cultivo, pode-se utilizar esses valores para início do manejo das irrigações, com acompanhamento de sensores de umidade do solo para adequação da lâmina de irrigação.

TABELA 8.1 - Valores de Kc para videiras adultas, no decorrer do ano, para três regiões climáticas distintas (*). (Fonte: Doorenbos & Kassam, 1979).

Região	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov
"a"	-	-	0,45-0,50	0,65-0,75	0,75-0,90	0,80-0,95	0,75-0,90	0,65-0,75	-
"b"	-	0,45-0,50	0,55-0,65	0,60-0,75	0,60-0,75	0,60-0,75	0,60-0,75	0,50-0,65	0,35-0,40
"c"	0,25	0,45	0,60-0,65	0,70-0,75	0,70-0,75	0,65-0,70	0,55	0,45	0,35

* Região "a": com geadas fortes, primeiras folhas no início de maio, colheita em meados de setembro, cobertura do solo de 40 a 50% na fase intermediária. Região "b": com geadas leves, primeiras folhas no início de abril, colheita no final de agosto e início de setembro, cobertura do solo de 30 a 35% na fase intermediária. Região "c": zonas quentes e secas com inverno suave, primeiras folhas no final de fevereiro e início de março, colheita no final de julho, cobertura do solo de 30 a 35% na fase intermediária.

TABELA 8.2 - Coeficiente de cultura (Kc) para videiras nas diferentes fases de desenvolvimento da cultura. (Fonte: Doorenbos & Kassam, 1979).*

Fases de desenvolvimento da cultura					
Inicial	Desenvolvimento	Período intermediário	Final do ciclo	Colheita	Média do Período
0,35-0,55	0,60-0,80	0,70-0,90	0,60-0,80	0,55-0,70	0,55-0,75

* Utiliza-se o primeiro valor para condições de umidade relativa elevada (> 70%), e vento fraco (< 5m/s) e o segundo valor para condições de umidade relativa baixa (< 20%), e vento forte (> 5m/s).

A Tabela 8.3, apresenta valores de Kc em diferentes estádios de desenvolvimento e altura máxima das plantas, segundo Allen et al. (1998), para condições de cultivo sem estresse, com a cultura bem manejada em climas subúmidos, com umidade relativa mínima em torno de 45% e velocidade do vento de 2 m/s. Para essas estimativas a ETo foi estimada pelo método de Penman-Monteith.

TABELA 8.3 – Coeficiente de cultura (Kc) para videira e altura máxima das plantas (m). (Fonte: Allen et al., 1998).

Destino da produção	Fases de desenvolvimento da cultura			Altura máxima das plantas (m)
	Kc inicial	Kc média	Kc final	
Uva de mesa ou passa	0,3	0,85	0,45	2,0
Uva para vinho	0,3	0,70	0,45	1,5-2,0

Para regiões de clima árido e elevada velocidade do vento, os valores de Kc são maiores do que os apresentados na Tabela 8.3.

O estágio inicial (Kc inicial) é representado pelo início da ocorrência de folhas novas até a porcentagem da cobertura vegetal atingir 10%. Os autores salientam que os valores de Kc na fase inicial, apresentados na Tabela 8.3, são adequados para condições típicas de manejo da irrigação. O Kc na fase inicial é alto quando o solo é irrigado por aspersão ou por ocasião de chuvas, e assume valores baixos quando a superfície do solo não é totalmente molhada. Em condições de alta frequência de irrigação por aspersão ou chuvas diárias, esses valores na fase inicial podem atingir 1,0 a 1,2. Allen et al. (1998) sugerem a adoção de valores de Kc para a fase inicial, em função dos valores de evapotranspiração de referência e do intervalo adotado entre irrigações. Esses valores encontram-se na Tabela 8.4.

Ainda, segundo Allen et al. (1998), os valores de Kc inicial devem ser ajustados, quando ocorre molhamento parcial da superfície do solo, multiplicando-se o valor de Kc inicial por um fator de molhamento (fw). Quando adotada a irrigação localizada, seja por microaspersão ou por gotejamento, ou ainda irrigação por sulcos, essa correção deve ser feita. O valor dessa correção deve representar aproximadamente a porcentagem da superfície do solo molhada pela irrigação dividida por 100.

TABELA 8.4 – Valores de Kc para a fase inicial de desenvolvimento da cultura, quando utilizadas lâminas de irrigação de 10 a 40 mm em solos de textura média em função da evapotranspiração de referência (ETo) e do intervalo entre irrigações. Fonte: Allen et al. (1998).

Intervalo entre irrigações (dias)	ETo			
	1 a 3 mm/dia	3 a 5 mm/dia	5 a 7 mm/dia	> 7 mm/dia
Abaixo de 7 dias	1,2-0,8	1,1-0,6	1,0-0,4	0,9-0,3
Semanal	0,8	0,6	0,4	0,3
Acima sete dias	0,7-0,4	0,4-0,2*	0,3-0,2*	0,2*-0,1*

Os intervalos podem ser muito grandes para manter a transpiração potencial da cultura.

No sul da Itália, Caliandro et al. (1988), em experimentação com a cultivar Itália, adotaram coeficiente de cultura de 0,6 para junho e 0,75 para julho e agosto. Nessa

região, a irrigação é utilizada apenas no período que vai do pegamento dos frutos à mudança de coloração das bagas, uma vez que, nas demais fases, as precipitações são suficientes para manter a umidade do solo em condições favoráveis.

Na inexistência de pesquisa local para determinação de K_c , sendo este um coeficiente complexo, que integra diferentes fatores de produção, podem ser selecionados os coeficientes médios, recomendados pela FAO, apresentados nas Tabelas 8.1 a 8.4. Outra alternativa prática para o uso de K_c é adotar, no dia da irrigação, K_c igual a 1,0; e, nos demais dias, o valor da porcentagem de cobertura vegetal (%Cveg), dividido por 100. A adoção de K_c unitário no dia da irrigação deve ser aplicada somente quando a totalidade da superfície do solo é irrigada. A adoção desses valores de K_c não é a situação ideal, porém pode auxiliar o manejo das irrigações. A adequação da lâmina de irrigação poderá ser feita com a observação de leituras diárias de tensiômetros ou outros sensores de umidade do solo, realizadas no decorrer das primeiras irrigações, como mencionada no item 8.5.

8.3.4 Sistema radicular

O sistema radicular desempenha funções fisiológicas e bioquímicas na planta. A produção e a qualidade das uvas dependem de raízes sadias, portanto devem ser utilizadas técnicas agrônomicas apropriadas para cada tipo de solo (Morlat & Jacquet, 1993).

O crescimento das raízes da videira começa algumas semanas após o aparecimento das gemas, aumentando rapidamente, até o máximo no florescimento, declinando em seguida (Richards, 1983). Independentemente do regime de água no solo, o crescimento de novas raízes é muito pequeno antes e durante a brotação e entre a floração e a colheita. Entretanto, a videira apresenta um pequeno pico de crescimento de raiz no período final do ciclo, antes da colheita dos cachos, o que indica que a remoção dos frutos não é o único estímulo para tal, ou que as

uvas já não são o principal acumulador de produtos fotossintetizados nesse estágio da cultura (Van Zyl, 1988). Segundo Mullins et al. (1992), o pequeno pico de crescimento no final do ciclo tem a finalidade de aumentar as reservas para o ciclo seguinte, até que a planta possa realizar a fotossíntese, graças à presença da cobertura foliar e, conseqüentemente, suprir as necessidades de carboidratos da planta.

A temperatura do solo, o suprimento de nutrientes e de água, a resistência à penetração da raiz, a aeração e a textura do solo e suas interações influenciam o crescimento das raízes e o desempenho de suas funções. A distribuição das raízes no perfil do solo é afetada pela densidade de plantio, freqüência e profundidade de cultivo do solo, utilização de cobertura morta, adubação, irrigação entre outros (Richards, 1983).

Em condições de déficit hídrico, a planta tende a promover maior aprofundamento da raiz em busca de água; entretanto, esse crescimento é limitado e ocorre em detrimento do desenvolvimento de outras partes da planta. Em condições satisfatórias de umidade do solo, ocorre maior ramificação das raízes, aumentando a capacidade de absorção de água e de nutrientes (Waisel et al., 1991).

Segundo Nagarajah (1987), em solos argilosos, as videiras tendem a apresentar raízes a uma profundidade menor, com distribuição menos homogênea; quando comparado a solos arenosos, onde a tendência é de as raízes apresentarem distribuição mais homogênea em profundidade.

O efeito da diminuição da aeração do solo, limitando o crescimento radicular de videiras em profundidade, foi verificado por Sawaf et al. (1985) e Amorim et al. (1997). A acidez do solo, pH baixo e alta concentração de alumínio podem inibir o crescimento de raízes das videiras (Morlat & Jacquet, 1993).

A absorção de água pelo sistema radicular é função da taxa de transpiração da planta, do comprimento das raízes, da taxa de absorção de água por unidade de comprimento de raiz e da diferença de potencial de água entre o solo, a planta e a atmosfera (Taylor & Klepper, 1978). A água é absorvida principalmente pelas raízes

jovens; entretanto, ocorre também absorção pelos tecidos radiculares mais velhos a uma taxa apreciável. Apenas uma pequena fração de água que entra pelas raízes é usada no metabolismo da planta, sendo quase a totalidade utilizada no processo de transpiração.

Os sistemas de irrigação também podem afetar a distribuição de raízes no solo. Na microaspersão, a distribuição horizontal do sistema radicular da videira tende a ser mais uniforme, enquanto que no gotejamento há tendência de as raízes se concentrarem em torno dos emissores de água, principalmente em regiões com período de seca prolongado ou com distribuição irregular de chuva, conforme verificado por Soares & Bassoi (1994) e Bassoi & Miranda (1997a, b).

Estudos do sistema radicular têm demonstrado que a maior parte das raízes da videira se encontram até 1m de profundidade, podendo ter maior ou menor desenvolvimento, de acordo com as condições locais, tratos culturais e a cultivar utilizada (Williams & Matthews, 1990). Para fins de manejo de irrigação em videiras, tem-se considerado a profundidade das raízes de 45 a 60 cm (Austin & Bondari, 1988 e Calame, 1988).

Para as condições da região noroeste do Estado de São Paulo, Pires et al. (1997) encontraram cerca de 80% das raízes finas (absorventes) até 55 cm de profundidade, em videiras Itália e Rubi em porta-enxerto IAC 572 'Jales', irrigadas por aspersão subcopa, com 4 anos de idade, cultivadas em cambissolo eutrófico de textura média (12% de argila, 9% de silte e 79% de areia). Com relação à distribuição lateral das raízes, a maior concentração delas, com base em peso seco, foi observada a 0,5 m da planta na entrelinha e a 1,0 m na linha de plantio.

Na região semi-árida nordestina, Soares & Bassoi (1995) encontraram 90% da massa seca das raízes de videira cultivar Itália até a profundidade de 30 cm, em vertissolo, sob os sistemas de irrigação por microaspersão e gotejamento. As raízes de diâmetro menor ou igual a 2 mm chegaram a atingir até a camada de 90-120 cm de profundidade.

Outro estudo realizado na mesma região, em solo latossolo vermelho amarelo, textura média (78% de areia, 8% de silte, 14% de argila), cultivado com videira Itália (enxertada sobre IAC-313 'Tropical'), as raízes de diâmetro menor do que 2 mm representaram entre 86,0 e 96,4% do comprimento total de raízes na microaspersão e no gotejamento respectivamente. No gotejamento, a maior porcentagem de massa seca e de comprimento total das raízes de diâmetro menor do que 5 mm foi encontrada na camada de 0-40 cm de profundidade, enquanto que, na microaspersão, os maiores valores percentuais foram observados nas camadas de solo de 60-100 cm. Foi observada uma grande concentração de raízes finas ao lado da linha de plantas e a 20 cm de profundidade, local onde o esterco foi depositado durante vários ciclos da cultura (Bassoi & Miranda, 1997 a, b). Entretanto, as raízes atingiram a profundidade de 1 m, e a distância perpendicular e longitudinal de 1 m ao tronco das videiras irrigadas por microaspersão, a cerca de 2 m de profundidade, pode ter contribuído para minimizar prováveis diferenças quanto à distribuição radicular, devido ao uso de diferentes sistemas de irrigação (Bassoi *et al.*, 1998).

8.4 Necessidade de água

O consumo de água pela videira varia com o estágio de desenvolvimento da cultura, a demanda atmosférica, a disponibilidade de água no solo e a cultivar utilizada. Pode ser caracterizado por uma pequena demanda no início do estágio de crescimento, após a colheita, e por um alto consumo, quando a cobertura foliar está desenvolvida (Mullins et al., 1992).

Williams & Matthews (1990) relatam que o consumo de água pelos vinhedos do sudoeste dos EUA, região de clima semi-árido, durante o período da formação do botão floral à colheita é de aproximadamente 500 mm para as cultivares de mesa. Considerando o ciclo completo, no Arizona e no centro da Califórnia, o consumo de água varia entre 660 a 800 mm. Na Austrália, foram observados

valores semelhantes de consumo de água pela cultura para evapotranspiração de referência (ET_o) de aproximadamente 1.250 mm (Prior & Grieve¹ citados por Williams & Matthews, 1990).

Doorenbos & Kassam (1979) relatam que a necessidade total de um ciclo de cultivo varia entre 500 a 1.200 mm, dependendo do clima e da duração do período de crescimento.

Na região centro-sul do Chile, Lavín & Sotomayor (1984) realizaram experimento de irrigação por cinco estações de crescimento e observaram que a necessidade suplementar de água em videira variou de 150 a 300 mm por ano.

Dessa forma, observa-se que a necessidade de irrigação depende muito do clima, da duração da estação de crescimento e das práticas culturais adotadas. Os sintomas de déficit hídrico dependem do estágio de desenvolvimento da videira e da taxa em que o mesmo se desenvolveu. Williams & Matthews (1990) descrevem que os sintomas iniciais levam a uma diminuição no ângulo formado pelo eixo do pecíolo e o plano do limbo foliar. A persistência do déficit afeta o crescimento dos internódios, e este sintoma é mais intenso para os internódios mais novos, que ainda estão em fase de alongação. Com a progressão do déficit, é comum observar-se necrose no desenvolvimento apical e das gavinhas. A perda do tecido necrosado pode ocorrer, quando o potencial de água da folha situa-se entre -1,0 a -1,2 MPa. Em situações extremas, e quando o estresse ocorre no final da estação de crescimento, induz a abscisão foliar, iniciada nas folhas mais velhas, progredindo apicalmente. Após o início da maturação dos frutos, aumenta a susceptibilidade para que o estresse induza abscisão foliar. Normalmente, antes que ocorra a queda das folhas, o potencial de água nas mesmas atinge valores mais negativos do que -1,3 MPa.

A sensibilidade ao estresse hídrico em videiras é variável nos diferentes estádios de desenvolvimento no ciclo fenológico

¹ Prior, L.D. & Grieve, A.M. Water use and irrigation requirements of grapevines. In: T. Lee (ed.) Proc. 6th Aust. Wine Ind. Tech. Conf. Adelaide, Aust., 14-17 July, 1986. Australian Industrial Publ., Adelaide, p.165-168.

das mesmas. Os estádios de desenvolvimento são: (1) desenvolvimento vegetativo, (2) floração, (3) formação dos frutos e (4) maturação. O período crítico ao déficit hídrico nas videiras ocorre na fase do desenvolvimento vegetativo e floração, seguido da fase de enchimento das bagas. Portanto, durante o desenvolvimento vegetativo (1), a umidade do solo deverá ficar próxima à capacidade de campo. Se ocorrer estresse hídrico abrupto, o crescimento diminui e ocorre murchamento e necrose. Se o estresse for gradativo, a planta se ajusta por meio da diminuição do crescimento da parte aérea, acarretando menores produções e maturação precoce dos frutos. Após o estabelecimento da área foliar pelo crescimento dos ramos emergentes, a fotossíntese é a principal fonte de carbono para o crescimento e reposição de reservas. Por isso é que, durante o período vegetativo, não deve haver déficit hídrico, pois é quando ocorre um rápido crescimento dos brotos laterais. O período de alongamento dos talos é muito sensível ao estresse hídrico. O aumento de massa seca nos ramos e folhas é crescente até o pegamento do fruto, quando a maior parte da matéria seca é direcionada para o crescimento dos cachos. A umidade do solo é um dos principais fatores que influenciam no florescimento (2). O número e o tamanho dos primórdios florais é reduzido com o estresse hídrico. Entretanto, existem evidências em que o estresse hídrico aumenta a frutificação das gemas, provavelmente pela redução da densidade foliar e maior iluminação no interior da folhagem, resultando em aumento da fertilidade das gemas. O estresse hídrico reduz a quantidade de matéria seca dos ramos e folhas e, portanto, a frutificação é indiretamente afetada pela redução da fotossíntese. Antes e durante a floração, é necessário haver um suprimento de água adequado para o desenvolvimento das flores. Qualquer déficit hídrico durante esse período atrasa o desenvolvimento das flores, enquanto que um estresse hídrico rigoroso reduz o pegamento dos frutos. Na formação dos frutos (3), o fornecimento de água deve ser regular e contínuo; nesse período a planta é menos sensível ao déficit, quando comparada à fase 1, porém pode diminuir o tamanho dos frutos. A irrigação posterior não transforma os frutos de tamanho

pequeno em frutos normais. Déficits hídricos antes ou imediatamente após o início da maturação afetam o tamanho dos frutos mais do que se ocorressem um pouco antes da colheita. Da formação dos frutos à maturação, o déficit hídrico severo provoca murchamento dos frutos, que pode desaparecer quando se irrigar. A maturação pode ser acelerada quando ocorre estresse hídrico moderado na fase 4. O déficit hídrico durante todo o ciclo produz vinho mais escuro. Por outro lado, déficit severo durante a formação dos frutos (3) e maturação (4), leva à ocorrência de frutos com coloração fraca (Doorenbos & Kassam, 1979 e Mullins et al., 1992).

Williams & Matthews (1990) descrevem que as videiras passam por grandes flutuações no potencial de água da folha Ψ_f durante o dia. Sob condições de boa disponibilidade hídrica, o Ψ_f diminui durante o dia, até valores em torno de -0,5 MPa, com o aumento da demanda evaporativa, e, ao final da tarde, recupera-se rapidamente, até o valor próximo do potencial observado no amanhecer. No início do ciclo fenológico, ao meio dia, o Ψ_f diminui, mesmo com as plantas bem supridas de água. O Ψ_f diminui desde -0,4 MPa, antes da abertura das flores, a -1,0 a -1,2 MPa, no início da maturação das bagas. Após esta fase, o Ψ_f é relativamente estável.

Por ser a videira uma planta perene, os déficits hídricos podem simultaneamente afetar os tecidos e os processos reprodutivos. Os déficits antes e após o início da maturação podem afetar diferentemente o desenvolvimento das bagas e dos primórdios florais, que originam as bagas no ciclo seguinte, sendo que, quando o déficit ocorre antes da maturação, o efeito é mais intenso (Matthews & Anderson, 1989).

Naylor et al. (1992) observaram que a produção de videiras diminuiu na medida em que se aplicou estresse hídrico no período de estabelecimento do fruto, na fase intermediária do crescimento da baga e no início da maturação. O teor de sólidos solúveis não apresentou diferenças, mas a acidez total aumentou e o pH diminuiu linearmente, com o atraso do déficit até o início

da maturação. Esse comportamento foi devido à queda de folhas basais em videiras estressadas, o que levou a um aumento da exposição do fruto e aceleração da maturação. As videiras mostraram indicações fisiológicas de estresse hídrico (redução da transpiração e do potencial de água nas folhas) dez dias após o déficit no pegamento dos frutos; indicações físicas (folhas senescentes) apareceram após vinte e um dias. A reposição de água após o déficit nesses três períodos não provocou o aumento do potencial de água na folha, da taxa de transpiração e da condutância estomatal. Reynolds & Naylor (1994) verificaram uma redução no comprimento dos ramos laterais e no peso das bagas na colheita, na medida em que se antecipou o período de estresse hídrico (no aparecimento da inflorescência, na fase intermediária do crescimento da baga e no início da maturação).

Após a maturação do fruto e a colheita, as videiras convivem bem com o fornecimento limitado de água. Uma importante aplicação desse tipo de informação para o manejo de irrigação é que, após o período de maturação das bagas de uvas, a necessidade de água da videira é reduzida, e a interrupção do fornecimento de água pode ser feita, desde que a umidade na camada, onde se encontra a maior parte das raízes, seja suficiente para suprir a quantidade de água que as videiras necessitam até o momento da colheita. A época de interrupção, entretanto, depende da capacidade de retenção de água pelo solo, dos tratos culturais, da profundidade do sistema radicular e da demanda evaporativa do local (Basso et al., 1999). Segundo Assis et al. (1997) a interrupção da irrigação no período de maturação da uva Itália não produziu alterações significativas nos valores de sólidos solúveis, com a vantagem de melhor conservação pós-colheita dos cachos de uva; houve menor perda de peso e número de bagas bronzeadas, murchas e infectadas por fungos. O manejo da água após a colheita deve ter por objetivo a manutenção da planta, evitando queda precoce de folhas e o desenvolvimento da brotação.

Na fase de estabelecimento de novas videiras, o fornecimento de água é essencial, uma vez que o sistema radicular ainda

é pouco desenvolvido. Segundo Kasimatis (1967), o estresse hídrico neste período pode retardar a maturação da videira por uma ou mais estações. Já para videiras maduras, o déficit hídrico pode afetar a estação de crescimento atual e as subseqüentes (Williams & Matthews, 1990).

8.5 Manejo das irrigações

As irrigações podem ser manejadas com lâminas constantes ou não, combinadas com intervalos fixos ou não. A adoção de um determinado critério está condicionada ao nível técnico do produtor, à rentabilidade, ao custo e disponibilidade da água, às condições edafoclimáticas do local e ao sistema de irrigação utilizado. A opção de lâminas constantes e intervalos fixos, não considera a variação da demanda de água pela atmosfera; este critério adapta-se bem a regiões de clima constante, e não a locais, nos quais dias de elevada evaporação são sucedidos ou precedidos por dias nublados ou chuvosos. Na utilização de intervalos variáveis e lâminas constantes, a disponibilidade de água no solo após a irrigação pode variar ou não, pois o intervalo de tempo, em que se aplica a água, pode não permitir que seja atingida a capacidade de armazenamento de água no solo, conforme discutido por Pires & Arruda (1995). Para essa situação, os autores sugerem o acréscimo de lâmina adicional à inicialmente projetada, para atender a demanda das plantas, completando o armazenamento de água no solo. Essa lâmina adicional torna-se mais importante quanto menor a lâmina de irrigação utilizada. Para que a disponibilidade de água no solo, após as irrigações, não varie com a demanda de água pelas plantas, as irrigações devem ser realizadas com lâminas e intervalos variáveis. As lâminas variáveis devem representar a capacidade de armazenamento de água no solo na profundidade das raízes (como apresentado nas equações 1 e 2), mais o ajuste para o valor da evapotranspiração da cultura, uma vez que tais valores não são previsíveis e nem assumem valores exatos na natureza.

O manejo das irrigações pode ser realizado via solo, clima ou planta, podendo ser diferenciado nos estádios de desenvolvimento, de acordo com a maior ou menor sensibilidade ao estresse hídrico. Frequentemente, o manejo da água é feito via solo ou clima. Seja qual for o manejo adotado, é importante a determinação da lâmina de irrigação, conforme apresentado no item 8.3.1.

Williams & Matthews (1990) descrevem o manejo das irrigações e práticas culturais para produção de vinho, uva passa e uva de mesa. Com relação à qualidade do vinho, os efeitos da irrigação são ora positivos, ora negativos. A maior dificuldade em se interpretar os resultados dos trabalhos é a falta de informações com relação à descrição do estado hídrico do solo e das plantas, dificultando a utilização da informação em outras regiões produtoras. Na região oeste dos Estados Unidos da América, alguns vinhedos utilizam como critério de irrigação o consumo de 50% da água disponível no solo ($y = 0,5$), com acompanhamento de tensiômetros ou estimativa da evapotranspiração. Nessa região, irrigações leves e frequentes resultaram em maiores produções e em elevado teor de açúcar, quando comparadas com aplicações pesadas e infrequentes. Smart et al. (1974) observaram que a aplicação de água com a irrigação por gotejamento, baseada na ECA vezes 0,4, resultou em produção similar, quando comparada à irrigação por sulcos, com a lâmina de irrigação calculada pela ECA vezes 0,5. Os autores também observaram que não ocorreu diferença de produção, quando a água foi aplicada por gotejamento diariamente ou em dias alternados. Quando se utilizou um coeficiente de 0,2 vezes a ECA, a produção diminuiu em 16%.

Para a produção de uva passa, o manejo das irrigações tem sido semelhante àquele para produção de vinho, porém, no período de amadurecimento da uva, o fornecimento de água deve ser gradualmente diminuído. Peacock et al. (1987) realizaram experimento por dois anos e observaram que o manejo da irrigação com aplicação diária de água igual a evapotranspiração da videira resultou em melhor desenvolvimento vegetativo, teor

de sólidos solúveis e produção de uva passa, quando comparado à aplicação de déficit e excesso de água. O consumo de água pela videira foi estimado a partir de dados históricos de evapotranspiração potencial e coeficiente de cultura (Kc). Os valores de Kc foram estimados pela porcentagem de cobertura vegetal multiplicado por uma constante (0,75).

A produção de uva para mesa necessita cuidados especiais com relação à aparência da fruta, assumindo grande importância o controle fitossanitário, além de outros fatores que também interferem na qualidade, como tamanho, cor, açúcar e a relação entre taxa de açúcar/acidez do fruto. Nos Estados Unidos, a maior parte dos vinhedos para produção de uvas de mesa estão localizados na Califórnia e Arizona, onde são realizadas irrigações freqüentes.

Doorenbos & Kassam (1979) relatam que o fator de depleção "y" varia com a demanda atmosférica, sendo menor quanto maior a evapotranspiração da cultura (ETc), podendo variar com o período de crescimento, conforme apresentado na Tabela 8.5. Os autores recomendam para a videira, como valores médios, de 0,35 a 0,45 para "y", até o início da maturação dos frutos. Após este período, a necessidade ou não de irrigações depende do clima e da água disponível no solo. Em solos rasos e leves, a irrigação será necessária até a colheita, porém devem-se utilizar valores maiores para "y".

Para o manejo das irrigações em videiras na região noroeste do Estado de São Paulo, Terra (1993) recomenda o consumo de 50% da água disponível no solo ($y = 0,5$).

O consumo de água nos diferentes estádios fenológicos em videiras cv. Benitaka, com 7 anos de idade, irrigada com aspersão sob copa, no município de Marinópolis, SP, e a comparação do manejo da irrigação através do uso do Tanque Classe A e a tradição do viticultor, possibilitou a economia de água e energia sem perdas na produção da videira. Porém, verificou-se também que o coeficiente de cultivo (Kc), sugerido pela FAO, precisa ser ajustado, pois, além de superestimar as necessidades hídricas

da cultura, faz-se necessário a diferenciação deste, quando da poda de produção e da poda de renovação (Hernandez et al., 1999).

TABELA 8.5 - Fator de depleção da água do solo "y" para videira, em função da evapotranspiração da cultura no local (ETc), com dados originais de Doorenbos & Kassam (1979).

ETc (mm/dia)								
2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,675	0,575	0,475	0,40	0,35	0,325	0,275	0,25	0,225

Em Irapuru, SP, diferentes sistemas de irrigação localizada, utilizados em um parreiral de uva Itália, com 6 anos de idade, mas com dotações hídricas semelhantes, verificou-se que o armazenamento de água no solo a 15, 30 e 45 cm de profundidade decresce, em qualquer época do ano, na seguinte ordem: gotejamento subsuperficial, gotejamento superficial, microaspersão, com haste fixa no solo e microaspersão invertida sob copa. Isso evidencia a necessidade da adoção de diferentes valores de eficiência de irrigação nestes sistemas (Brigatti et al., 1999).

Para monitoramento da água no solo podem ser utilizados vários métodos ou instrumentos, tais como: gravimétrico, sonda de nêutrons, TDR, tensiômetro, blocos de gesso, sensores eletrométricos, enviruscan entre outros. Dentre os diversos equipamentos, o tensiômetro e sensores eletrométricos têm sido utilizados em diversas culturas e regiões (Fig. 8.5). O tensiômetro é um aparelho útil no manejo das irrigações, que permite o monitoramento do potencial matricial da água no solo, até o limite de -0,1 MPa. Na prática, o intervalo de funcionamento dos tensiômetros situa-se entre o zero (saturação) até aproximadamente -0,08 MPa. Esse equipamento permite determinar o momento da irrigação (quando irrigar), e, de forma indireta, o controle e aferição da lâmina de irrigação (quanto irrigar). Permite também a identificação de irrigações excessivas

ou deficientes e, conseqüentemente, a adequação na aplicação de água. Após a realização de algumas irrigações, a leitura diária dos tensiômetros, auxilia no ajuste da lâmina de irrigação. Após a realização das irrigações (1 dia), caso se observe que os tensiômetros registram leituras muito baixas, pode-se diminuir um pouco (de 10 a 20%) o tempo de irrigação utilizado, prosseguir as anotações diárias das leituras, para verificar se existe necessidade ou não de outro ajuste. Por outro lado, caso se observe que as leituras não diminuem os níveis adequados (valores próximos da capacidade de campo), deve-se aumentar o tempo de irrigação e prosseguir com as observações. Desta forma, ao longo do tempo, conseguir-se-á ajustar as lâminas de irrigação.

Para determinação do momento das irrigações, os tensiômetros devem ser instalados na metade da profundidade do sistema radicular. Porém, para controle da frente de molhamento e adequação da lâmina de irrigação, recomenda-se instalar também tensiômetros no limite da profundidade efetiva das raízes.

O uso de tensiômetros tem a desvantagem de refletir uma medida pontual e requerer cuidados na instalação e no manuseio. Para fins de manejo de irrigação em videiras, encontram-se na literatura valores de potencial de água no solo, que variam de -0,015 a -0,050 MPa para diferentes cultivares e locais (Peacock et al. 1977, Peacock et al., 1987, Calame, 1988, Austin & Bondari, 1988). Peacock et al. (1977) não observaram diferenças no desenvolvimento e produção de videiras (cv. Saint Emilion), quando as irrigações foram manejadas a diferentes potenciais críticos de água no solo, de -0,01 a -0,05 MPa.

O manejo das irrigações via clima pode ser feito pela simples reposição da demanda atmosférica ou por meio de balanço hídrico (BH). O BH considera todos os fluxos de água que entram e saem do volume do solo explorado pelas raízes. A irrigação e a precipitação são as componentes de entrada. Já as perdas por percolação profunda, escoamento superficial e consumo de água pelas plantas (evapotranspiração) são as

componentes de saída. As perdas por escoamento superficial ou percolação profunda devem ser eliminadas com o manejo de água adequado. Portanto, para fins de controle do BH, restam as irrigações, as precipitações e a evapotranspiração.

Uma vez determinada a lâmina de irrigação, o BH contabiliza diariamente as entradas e as saídas do sistema. Considera-se que, após as irrigações, o armazenamento de água no solo esteja completo e, a partir daí, a precipitação é somada como entrada, e a ETc é subtraída como saída. Quando consumido o valor da lâmina, realiza-se a irrigação.

Para realização do manejo das irrigações via BH, são necessárias a estimativa da lâmina de irrigação (armazenamento da água no solo), da ETc e dos valores das precipitações ocorridas. O BH é simples, eficiente e de fácil manejo nas propriedades agrícolas; com o equipamento utilizado para estimativa da evapotranspiração e precipitação, pode-se estimar o consumo de água para várias culturas, em diferentes estádios de desenvolvimento, numa mesma propriedade ou região.

A associação do BH, determinando o quanto irrigar e o uso de tensiômetros (ou outros sensores de umidade), monitorando quando irrigar, tem levado a bons resultados no manejo das irrigações (lâminas e intervalos variáveis).

No Chile, Lavín & Sotomayor (1984) investigaram a resposta dos vinhedos à irrigação por gotejo e verificaram que, mesmo sendo as irrigações suplementares, a produção aumentou acima do dobro, chegando a níveis mais elevados do que os obtidos em outras regiões irrigadas daquele país. Outra observação importante é que o número de gotejadores por planta não foi tão importante como a lâmina de água aplicada e o manejo adotado.

Rühl & Alleweldt (1985) conduziram experimentação em cultivo protegido por três anos, na Alemanha, para avaliar a influência do manejo das irrigações na produção e na qualidade do fruto destinado à produção de vinho. Os resultados obtidos mostraram que a irrigação influenciou fortemente a produção e a qualidade da uva. Irrigações no início do desenvolvimento das bagas aumentaram a produção, porém reduziram o teor de açúcar do fruto.

Por outro lado, irrigações somente no final do desenvolvimento das bagas aumentaram o teor de açúcar e mantiveram a produção. As variações no momento da aplicação de água mostraram que o teor de açúcar pode aumentar por meio de manejo adequado das irrigações durante o período de amadurecimento.

Caliandro et al. (1988) relatam que no sul da Itália a irrigação das parreiras proporcionou qualidade e aumento na produção de uvas, tanto para vinho como para consumo "in natura". Esses autores avaliaram o efeito de intervalos entre irrigações de 2, 4 e 6 dias, sendo o volume de água aplicado igual a ETc acumulada no período compreendido entre duas irrigações por um período de 3 anos. O efeito do intervalo entre irrigações foi mais evidente na qualidade da uva. Com a diminuição do intervalo, houve aumento na ocorrência de podridão dos frutos, causando queda no conteúdo de sólidos solúveis e atraso na maturação. Em outro experimento, foram comparadas diferentes lâminas de água com relação a ETc aplicadas em intervalos constantes de 6 dias. Comparando-se os resultados observados a partir do tratamento com reposição de 60% da ETc com o de 100%, observaram aumento no desenvolvimento vegetativo, no peso e volume médio das bagas e dos cachos e na produção; a colheita foi antecipada em alguns dias, entretanto com tendência de diminuição no conteúdo de sólidos solúveis.

Na Suíça, Calame (1988) conduziu experimentos de irrigação em duas regiões de climas distintos. A região de Leytron tem precipitação média anual de 592 mm e evapotranspiração de 900 mm, e a de Chagins tem precipitação de 1019 mm e evapotranspiração de 650 mm. As irrigações foram manejadas com tensiômetros a 60 cm de profundidade, e realizadas sempre que o potencial de água no solo atingia -0,04 a -0,05 MPa. Na região de Leytron, após nove anos de experimentação, foi observado um aumento de produção da ordem de 21% nas cultivares Chasselas e Gamay e somente de 8% na Pinot. A aplicação de água aumentou ligeiramente a acidez do suco. Por outro lado, na região de Chagins, após sete anos de investigações, somente em um ano a irrigação proporcionou aumento na produção, na ordem de 27%, com efeito negativo de 9% no teor de açúcar do suco. Nos outros anos, o efeito

na produção foi nulo, embora algumas vezes a acidez total tenha aumentado e o teor de açúcares diminuído.

A evolução no manejo da irrigação em videiras nas principais regiões produtoras no mundo, fundamentaram-se nos investimentos aplicados à experimentação e à pesquisa. Para as condições brasileiras, investigações devem ser aprofundadas, para se encontrar alternativas e estratégias ideais de cultivo e manejo.