



Foto: José Monteiro Soares

Irrigação

9

José Monteiro Soares
Francisco Fernandes da Costa

9.1 Introdução

A água destaca-se como um dos principais componentes de uma planta e, dependendo da espécie, pode representar até 99% da sua composição. Mas este elevado conteúdo de água das plantas corresponde a apenas 1% da água que a planta absorve do solo e transfere para a atmosfera, por meio do processo de transpiração. Geralmente, nas regiões tropicais e subtropicais, a demanda hídrica das culturas, que é representada pelos processos de transpiração e de evaporação, é suprida pela ocorrência de precipitação pluvial. Mas quando esta é insuficiente para atender à demanda, faz-se uso das mais diversas tecnologias de aplicação de água, tais como irrigação por sulcos, aspersão, gotejamento, microaspersão, entre outras. No entanto, o uso destas tecnologias deve levar em consideração que a água é um elemento natural precioso, que deve ser utilizado de maneira eficiente pela agricultura intensiva, de modo que não venha a causar impactos ao ambiente e, conseqüentemente, ao próprio homem.

A irrigação da cultura da videira compreende cinco segmentos distintos: planejamento da irrigação, escolha do sistema de irrigação, manejo de água, comportamento do sistema radicular e interação entre manejo de água, manejo de nutrientes via água de irrigação e sistema radicular. Cada um desses temas será discutido separadamente, a seguir.

9.2 Planejamento da irrigação

O planejamento da irrigação de uma área compreende uma série de etapas importantes: os estudos básicos da área, o plano de exploração agrícola e outras informações no que diz respeito à infraestrutura disponível na área.

O planejamento de um projeto de irrigação deve ser feito de modo que possibilite a obtenção de produtividades rentáveis, ou seja, produtos com a qualidade exigida pelos mercados consumidores, que conservem a capacidade produtiva dos solos e condicionem uma operacionalização adequada do sistema de irrigação.

Dentre os principais fatores que compõem o planejamento da irrigação, podem-se destacar os estudos dos recursos hídricos, topográficos, pedológicos e climáticos, planejamento agrônômico da cultura com cultivares a serem exploradas, escolha do sistema de irrigação, desenho e dimensionamento do projeto de irrigação.

9.2.1 Estudos básicos da área

Os estudos básicos da área têm a finalidade de fornecer ao projetista os dados mais representativos das características físico-químicas dos recursos de solo e água, das características climáticas e do nível de tecnologia a ser adotado nos cultivos, para que o planejamento não seja feito com base em dados fictícios, o que poderá resultar num projeto mal concebido.

Geralmente, esses estudos são requeridos para propriedades com área a partir de 5 ha, devendo o projetista visitar a área antes da realização dos estudos, no sentido de discutir o detalhamento da execução dos trabalhos de campo, pois um projeto mal concebido poderá trazer sérios problemas para a sua operacionalização, podendo, inclusive, inviabilizá-lo num futuro próximo. As correções de projetos mal concebidos poderão ser feitas parcial ou totalmente, mas os custos adicionais poderão ser superiores aos custos necessários para elaboração e execução de um projeto bem delineado.

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

Dentre os fatores a serem considerados, podem-se destacar os seguintes: recursos hídricos, levantamento planialtimétrico, levantamento pedológico, estudo climático e plano de exploração agrícola da cultura.

9.2.1.1 Recursos hídricos

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

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

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

Para o caso de poços, determinar a vazão disponível no período de maior escassez hídrica, quando o nível dinâmico atingir o valor mais baixo. Deve-se

informar, também, o diâmetro do poço e os níveis estático e dinâmico da água. Para o caso de poços artesianos e semiartesianos, recomenda-se anexar, aos estudos, as respectivas fichas técnicas.

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

Em caso de rede hidráulica comunitária, informar se a condução da água é feita por meio de canais ou tubulação pressurizada, bem como, a vazão disponível por hectare, no ponto da tomada de água, número de horas de funcionamento por dia, número de dias por semana ou mês de oferta de água e a pressão disponível no hidrante, em caso de fornecimento de água pressurizada.

As fontes de água sem limitações de vazão ou volume podem condicionar o dimensionamento de sistemas de irrigação com tempo de funcionamento ininterrupto de, pelo menos, 20 horas por dia, dependendo do método de irrigação e do nível de automatização escolhidos. Nestes casos, o limite de vazão a ser explorada deverá obedecer ao que determina a lei, em conformidade com a outorga concedida pela Agência Nacional de Águas (ANA). Mas, quando as fontes apresentam restrições de vazão ou quando a distribuição de água obedece a um calendário ou demanda controlada, os sistemas de irrigação devem ser projetados para funcionar o maior número de horas possível por dia, visando à redução dos custos de investimentos e de operacionalização. Em alguns casos, deve-se analisar a possibilidade da construção de reservatórios em pontos estratégicos da propriedade, no sentido de minimizar esses custos.

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

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

diferentes qualidades irão determinar distintas práticas de manejo de irrigação e diferentes tratamentos preventivos de manutenção dos sistemas.

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

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

As características químicas referem-se à potencialidade que a água tem de apresentar ou não problemas para as propriedades físico-químicas dos solos e para a produção das culturas, bem como para o desempenho de sistemas de irrigação. Dentre estes constituintes, destacam-se: cálcio, bicarbonato, ferro, manganês e sulfatos, que podem precipitar-se e obstruir a secção transversal tanto das linhas laterais quanto dos emissores. Quando as concentrações de ferro e de manganês são muito elevadas, condicionam o desenvolvimento de bactérias e lodo, que entopem as linhas laterais e seus emissores, principalmente quando a água fica armazenada em reservatórios por vários dias. A Tabela 1 apresenta os principais parâmetros, com as respectivas unidades e níveis de tolerância para irrigação correspondente à maioria das águas encontradas no Nordeste brasileiro. Por outro lado, a Tabela 2 mostra os critérios relativos ao potencial de obstrução dos emissores decorrente da qualidade da água de irrigação.

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

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

9.2.1.2 Levantamento planialtimétrico

Consiste no estudo e na representação do relevo, incluindo os limites do polígono da área considerada ou mesmo fora desses limites, localização de obras civis, cercas, rede elétrica, fontes de água e drenos naturais, estradas, culturas existentes (espaçamento entre fileiras), bem como de qualquer acidente topográfico ou outras singularidades que possam afetar o desenho do projeto.

Tabela 1. Parâmetros químicos necessários para a análise da água de irrigação e respectivos níveis de ocorrência normalmente encontrados na natureza.

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

⁽¹⁾ Níveis normais correspondem às características químicas da maioria das águas normalmente encontradas no Nordeste brasileiro. Isto não quer dizer que os valores dentro destas faixas não possam causar problemas.

Fonte: Ayers e Westcot (1991).

Tabela 2. Potencial relativo de obstrução de sistemas de irrigação localizada com base na qualidade da água de irrigação.

Característica da água de irrigação	Potencial relativo de obstrução		
	Baixa	Moderado	Severo
Sólidos em suspensão (ppm)	<50	50–100	>100
pH	<7	7–8	>8
Sólidos dissolvidos totais (ppm)	<500	500–2.000	>2.000
Concentração máxima de manganês (ppm)	<0,1	0,1–1,5	>1,5
Concentração máxima de ferro (ppm)	<0,2	0,2–1,5	>1,5
Concentração máxima de sulfato (ppm)	<0,2	0,2–2	>2
População de bactéria (nº máximo por mL)	<10.000	10.000–50.000	>50.000

Obs.: 1. Se o valor da concentração de bicarbonato exceder 120 ppm e o pH for 7,5, pode causar precipitação de carbonato de cálcio; 2. Se a concentração de cálcio exceder 2–3 meq.L⁻¹, este pode precipitar-se na forma de fosfato de cálcio, durante a injeção de fertilizantes fosfatados; 3. Altas concentrações de sulfato podem causar precipitações de ferro e de manganês; 4. O ferro pode precipitar-se numa faixa de pH entre 4 e 9,5.

Fonte: Hanson (1998).

A Tabela 3 mostra algumas sugestões de escalas, tamanho de quadrículas e distância entre curvas de nível, em função do relevo para estudos de levantamento planialtimétrico e apresentação de mapas. Para os terrenos acidentados e suaves a ondulados, deve-se adotar uma altura de 1,00 m entre duas curvas de nível consecutivas. Já para terrenos planos, a diferença entre curvas deve ser de 0,50 m.

No mapa, devem constar, ainda, as coordenadas geográficas, norte magnético e a linha base dos estudos. É importante que a linha base dos estudos seja materializada no campo, para que não seja destruída pela ação de animais e pelo desmatamento, entre outros. Os mesmos procedimentos devem ser adotados para a Referência de Nível (RN) e para a poligonal da área, quando se trata de limites indefinidos. O ponto de tomada de água deverá ser destacado no mapa e localizado com referência de coordenadas UTM (Universal Transverso Mercator). Esta informação será solicitada pela Agência Nacional de Águas (ANA) no ato do requerimento de outorga da água.

Tabela 3. Escalas, tamanho de quadrículas e distâncias entre curvas de nível para estudos de levantamento planialtimétrico e apresentação de mapas em função do relevo.

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

9.2.1.3 Levantamento pedológico detalhado

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

O mapeamento detalhado do solo deverá ser feito numa quadrícula máxima de 100 m x 100 m, com tradagens manuais até à profundidade de 2,50 m, enquanto a abertura de perfis deverá ser feita em até dois pontos por unidade de mapeamento, à profundidade de até 2,50 m. As tradagens manuais poderão ser substituídas por trincheiras abertas manualmente ou por meio de rétroescavadeira.

O levantamento pedológico detalhado deverá compreender, pelo menos, a apresentação dos seguintes documentos: a) mapa das tradagens; b) mapa de solos; c) mapa de classes de terras para irrigação; d) relatórios descritivos compreendendo uma descrição geral da área, metodologias dos trabalhos de campo e de laboratório, descrição dos solos, classes de terras para irrigação, recomendações quanto ao uso dos métodos de irrigação, correções químicas, práticas conservacionistas e conclusões; e) fichas descritivas das tradagens e dos perfis, bem como outras informações consideradas necessárias devem ser também anexadas.

O levantamento pedológico detalhado é importante para localização da cultura com suas cultivares que serão implantadas na propriedade, para definição do desenho dos sistemas de irrigação e de drenagem e para localização das estradas, assim como, para a construção de obras civis. As formas e as dimensões das manchas de solo são informações importantes para orientar na definição do tamanho e do posicionamento das subunidades de rega, principalmente para os sistemas de irrigação localizada. A localização de subunidades de rega e de unidades operacionais, compreendendo manchas de solos distintas, poderá trazer sérios problemas para o manejo de água e de nutrientes para a cultura, mesmo que esta se encontre na mesma fase fenológica, tais como: deficiência de água na profundidade efetiva da raiz em solos arenosos, nas fases fenológicas de maior demanda hídrica e perdas de nutrientes solúveis em água por lixiviação, em decorrência da menor capacidade de retenção de água desses solos.

9.2.1.4 Estudo climático

O estudo detalhado dos elementos climáticos, tais como precipitação, umidade relativa do ar, temperatura do ar, velocidade e direção do vento e evapotranspiração de referência (ET_o), são importantes para o cálculo da evapotranspiração da cultura (ET_c) da videira do local considerado.

No capítulo 2, é discutida a importância dos parâmetros climáticos no sistema de cultivo da videira, bem como apresentada uma série de fórmulas utilizadas para o cálculo da ET_o, parâmetro importante tanto para o dimensionamento de sistemas de irrigação quanto para o manejo de água propriamente dito.

O balanço hídrico de uma região pode se destacar como um parâmetro que deve ser levado em consideração por ocasião do estudo entre os fatores climáticos e as exigências hídricas da videira, bem como o período em que a ocorrência de chuvas é mais frequente.

Por ocasião da elaboração de projetos de irrigação para culturas frutícolas, particularmente para regiões semiáridas, sugere-se que a necessidade de irrigação, tanto para efeito de dimensionamento de projetos, quanto para o manejo de água, seja calculada de acordo com uma das metodologias indicadas a seguir:

9.2.1.5 Necessidades hídricas da cultura da videira

Cerca de 99% da água usada na agricultura é reciclada pelas culturas por meio da evapotranspiração, que é definida como a transferência da água de uma superfície vegetada, na forma de vapor, ou por meio da evaporação da água do solo e transpiração pelas plantas. Dependendo do conteúdo de água no solo, um importante controle biológico é exercido pela estrutura da copa da planta na forma de uma resistência oposta, em relação à transferência de vapor d'água para a atmosfera (PERRIER, 1984; LHOMME, 1997, citado por RANA; KATERJI, 2000). Além disso, a evapotranspiração da cultura depende também dos padrões de umedecimento do solo estabelecidos pelos sistemas de irrigação, principalmente daqueles em que a água é aplicada em parte do volume do solo potencialmente explorável pelo sistema radicular, afetando bastante as taxas de absorção de água e de nutrientes pelas plantas (MICHELAKIS et al., 1996).

As condições climáticas áridas e semiáridas também têm grandes impactos no desenvolvimento das culturas, no que se refere à produtividade e à qualidade da uva obtida.

Sob tais condições, as culturas exploradas sob condições de recursos hídricos limitados, frequentemente, são submetidas à condição de estresse hídrico. Assim, é de fundamental importância conhecer, com elevado nível de precisão, a quantidade de água utilizada no processo de evapotranspiração, principalmente quando se trata de culturas irrigadas com elevado valor econômico.

Revisões de literatura têm mostrado que a cobertura vegetal da videira é substancialmente afetada pela cultivar, pela estrutura e pela profundidade do solo, pela prática cultural, pelo espaçamento, pelo sistema de condução, assim como pelo programa de manejo de água e pelo clima (EVANS et al., 1993).

Evans et al., (1993), realizando um levantamento de dados relativo ao uso de água pela videira para as regiões da Califórnia e do Arizona, E.U.A., encontraram valores entre 500 mm.ano⁻¹ e 800 mm.ano⁻¹. Doorenbos e Pruitt (1977), com base em determinações da umidade do solo pelo método gravimétrico, constataram que o consumo de água pela videira variou entre 450 mm.ano⁻¹ e 900 mm.ano⁻¹, enquanto James et al. (1992, citados por EVANS et al. 1993), obtiveram, para as cultivares de videira cultivadas na região centro-sul de Washington, E.U.A., requerimento de água variando entre 650 mm.ano⁻¹ e 900 mm.ano⁻¹. Peacock et al. (1987), baseando-se em

medições de água no solo e em potenciais de água na folha, estimaram que a evapotranspiração real da videira, cultivar Thompson Seedless, irrigada por gotejamento, na região do Vale de São Joaquim, na Califórnia, E.U.A., era da ordem de 490 mm.ano⁻¹. Grimes e Williams (1990) estimaram que a evapotranspiração sazonal para a videira estava compreendida entre 450 mm e 640 mm, enquanto o Departamento de Recursos Hídricos da Califórnia estimou um requerimento anual de água da ordem de 580 mm para a cultivar Thompson Seedless nesta mesma região (EVANS et al., 1993).

De acordo com Allen et al. (1998), o cálculo da evapotranspiração da cultura (ETc) deve ser feito por meio da seguinte equação:

$$ETc = Kc.ETo \quad (1)$$

em que *ETc* é a evapotranspiração da cultura (mm.dia⁻¹); *Kc* é o coeficiente da cultura (adimensional), cujos valores podem variar com a espécie, cultivar, idade da planta, fases fenológicas (Figuras 1a a 1f), práticas culturais (Figuras 2a a 2f), entre outros, cujos valores devem ser determinados com base em estudos realizados na região considerada; *ETo* é a evapotranspiração de referência (mm), cujos valores diários para o Submédio do Vale do São Francisco podem ser obtidos na homepage: <http://www.cpatas.embrapa.br>

O coeficiente de cultura é uma relação empírica entre a evapotranspiração de uma cultura (ETc), sob condições de não estresse hídrico, e a evapotranspiração de referência (ETo). Este coeficiente relata o desenvolvimento fenológico e fisiológico de uma cultura particular em relação à evapotranspiração de referência. Com base neste parâmetro, pode-se estimar o requerimento hídrico da cultura da videira, necessário tanto para o dimensionamento de sistemas de irrigação quanto para a operacionalização da irrigação (MOHAN; ARUMUGAM, 1994; CLARK et al., 1996).

Muitos dos efeitos das condições climáticas são incorporados na estimativa da ETo. Portanto, como a ETo representa o índice de demanda climática, *Kc* varia, predominantemente, com as características da cultura e apenas com uma extensão limitada do clima.

Espécies que possuem estômatos apenas na face dorsal da folha, como a videira, ou folhas com grande resistência terão valores de *Kc* relativamente menores. Culturas esparsas, que cobrem apenas 70% da superfície do solo e, se cultivadas sem cobertura do solo, também terão valores de *Kc* inferiores à unidade. Variações aerodinâmicas do vento alteram as resistências das culturas e os seus coeficientes de cultura, especialmente daquelas cujas alturas são substancialmente maiores que a da grama hipotética. Deste modo, para muitas culturas, o valor de *Kc* aumenta quando a velocidade do vento aumenta e a umidade relativa do ar diminui (ALLEN et al., 1998).

Fotos: José Monteiro Soares

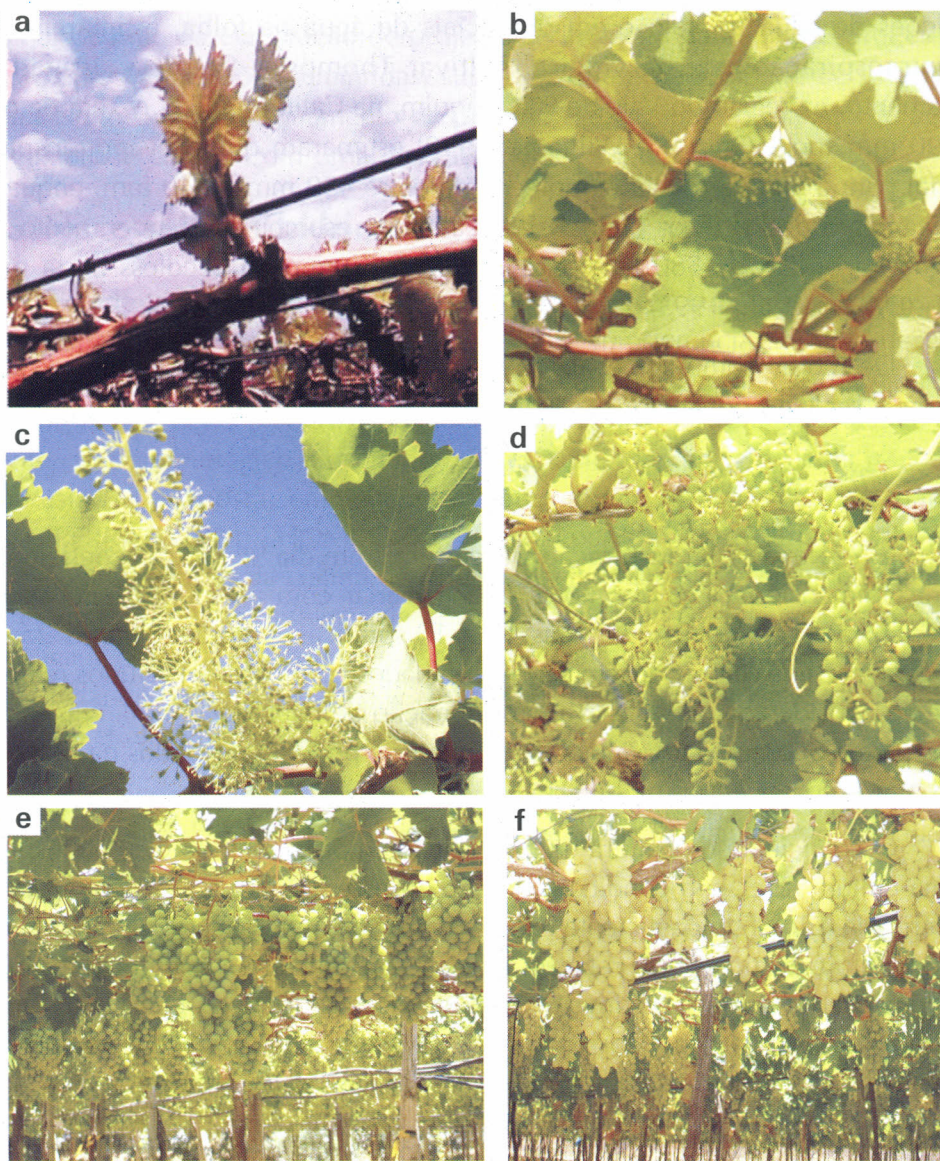


Figura 1. Fases fenológicas da videira: a) brotação; b) desenvolvimento vegetativo; c) floração; d) 1ª fase de crescimento do fruto; e) 2ª fase de crescimento do fruto; f) maturação final do fruto.

A diferença obtida entre a evaporação do solo e a transpiração da cultura em relação à superfície de referência é integrada no coeficiente de cultura (K_c). Deste modo, para culturas que cobrem completamente a superfície do solo, o K_c reflete, primariamente, a diferença na transpiração da cultura quando a contribuição da evaporação do solo é relativamente pequena. No entanto, onde a superfície do solo é umedecida por longo período de tempo, por meio da irrigação ou chuva, o efeito da evaporação torna-se predominante, quando a cultura é pequena e a cobertura do solo é escassa, o que aumenta consideravelmente a evaporação e, como consequência, o valor de K_c pode exceder a unidade. Por outro lado, onde a

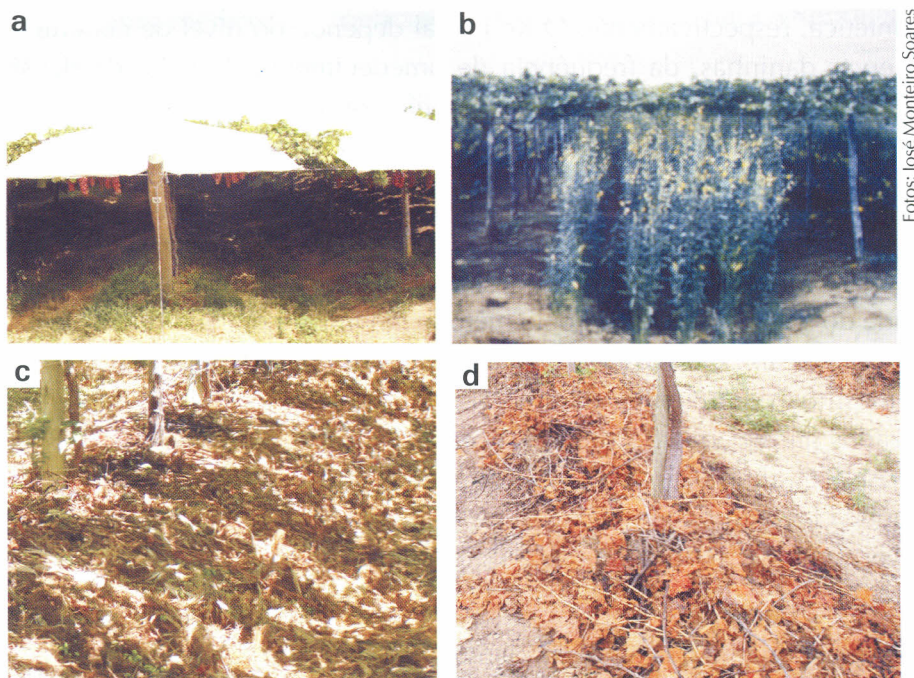


Figura 2. Práticas culturais: a) cobertura plástica do parreiral; b) adubação com crotalaria júncea; c) cobertura morta com casca de coco; d) cobertura morta com restos de cultura da videira.

superfície do solo está seca, a evaporação torna-se restrita, o que implica na obtenção de valores de K_c tão baixos quanto 0,1 (ALLEN et al., 1998).

A cobertura efetiva da superfície do solo para muitas culturas é alcançada por ocasião do estágio de pré-floração ou de floração. Para algumas culturas, especialmente aquelas com altura maior que 0,50 m, a cobertura efetiva do solo somente é alcançada quando 70% a 80% da área de domínio da planta está coberta. Outra maneira de se estimar a obtenção de cobertura efetiva do solo é quando o índice de área foliar alcança 3 (ALLEN et al., 1998).

Quando os efeitos de transpiração da planta e de evaporação do solo são determinados separadamente, tem-se o K_c duplo, que se constitui no coeficiente de cultura basal (K_{cb}), que descreve a transpiração da planta e o coeficiente de evaporação da água do solo (K_e).

As maiores diferenças entre K_e e K_{cb} são encontradas nos estádios iniciais de desenvolvimento da planta, onde a evapotranspiração é, predominantemente, na forma de evaporação, enquanto a transpiração é ainda pequena. No entanto, à medida que a cultura cresce, cobrindo a superfície do solo, o valor de K_{cb} aumenta, enquanto o de K_e diminui, tendendo a zero. Os valores de K_c inicial e de K_c final para árvores e arbustos deveriam refletir as condições prioritárias do solo, durante o estágio de emergência das folhas e de dormência ou de baixa atividade

fotossintética, respectivamente. O Kc inicial depende do nível de cobertura do solo pelas ervas daninhas, da frequência de umedecimento do solo, da densidade de plantio e do tipo de cobertura morta, orgânica ou não.

Doorenbos e Pruitt (1977) apresentaram coeficientes de uso de água para a cultura da videira, cultivar Concord (*Vitis labrusca*), em relação à evapotranspiração da grama, os quais variaram de 0,35 a 0,90 para o período de abril a meados do verão, para áreas com inverno frio, com base, primariamente, em resultados de umidade do solo determinados pelo método gravimétrico. James et al. (1982, citados por EVANS et al.), citados por EVANS et al., (1993), recomendaram, basicamente, estes mesmos coeficientes para os parreirais de *Vitis labrusca* e *Vitis vinifera* localizados na região sul-central de Washington, E.U.A. Evans et al. (1990, citados por EVANS et al. 1993), apresentaram coeficientes de cultura semanais, com base no tanque classe A, para a região de Washington, que variam de 0,03, no início da primavera, a 0,62, na segunda fase de maturação da uva.

As Tabelas de 4, 5 e 6 mostram valores de Kc para cultivares de videira, tanto de mesa quanto de vinho, enquanto a Tabela 7 apresenta um resumo de valores de Kc determinados em vários locais do mundo.

Tabela 4. Valores médios de coeficiente de cultura (Kc) para videira 'Itália', ajustados para o Submédio do Vale do São Francisco, Petrolina, PE.

Estádios fenológicos	Nº de dias após a poda	Kc
Período de brotação	0 a 8	0,59
Desenvolvimento vegetativo	9 a 28	0,60
Pré e plena floração	29 a 40	0,69
1ª fase de crescimento do fruto	41 a 55	1,11
Parada de crescimento do fruto	56 a 80	0,90
2ª fase de crescimento do fruto	81 a 110	1,12
Maturação final do fruto	111 a 130	1,00 a 0,60
Repouso fenológico	131 a 160	0,75

Fonte: Soares e Costa (2000)

Tabela 5. Valores médios de coeficiente de cultura (Kc) para videira 'Sugraone' (Festival), Petrolina, PE.

Estádios fenológicos	Nº de dias após a poda	Kc
Período de brotação	0 a 11	0,50
Desenvolvimento vegetativo	12 a 24	0,61
Pré e plena floração	25 a 34	0,69
1ª fase de crescimento do fruto	35 a 51	1,10
Parada de crescimento do fruto	52 a 65	0,93
2ª fase de crescimento do fruto	66 a 87	1,12
Maturação final do fruto	88 a 94	1,00 a 0,60
Repouso fenológico	95 a 110	0,2 x 0,4

Fonte: Soares (2003).

Tabela 6. Valores médios de coeficiente de cultura (Kc) para videira ‘Syrah’, Petrolina, PE.

Estádios fenológicos	Nº de dias após a poda	Kc
Período de brotação	0 a 8	0,72
Desenvolvimento vegetativo	9 a 28	0,83
Pré e plena floração	29 a 42	0,89
1ª fase de crescimento do fruto	43 a 50	0,94
Parada de crescimento do fruto	51 a 70	0,91
2ª fase de crescimento do fruto	71 a 115	0,94
Maturação final do fruto	116 a 136	0,76
Repouso fenológico	–	0,4

Fonte: Teixeira et al. (2003).

Tabela 7. Valores de Kc obtidos para a cultura da videira em vários locais do mundo.

Local	Faixa de variação dos valores de Kc	Variedade	Fonte
Califórnia	0,98 a 1,08 ⁽¹⁾	Thompson Seedless	Williams et al. (2003)
Jales, SP	0,18 a 1,05	Niagra Rosada	Conceição & Maia (2001)
Venezuela	0,29 a 0,86	Alphonse Lavallé	Araújo et al. (1999)
Chile	0,10 a 0,90	–	Gurovich (1996)
África do Sul	0,29 a 0,86	Barlinka	Saayman & Lambrechts (1995)
Geral	0,50 a 0,70	<i>Vitis vinífera</i>	Pereira e Allen (1997)
Geral	0,55 a 0,90	–	Doorenbos e Kassam (1979)
Arizona	0,18 a 1,17	<i>Vitis labrusca</i>	Silva et al. (2000)

⁽¹⁾ Valores máximos.

9.2.1.6 Plano de exploração agrícola do projeto

O planejamento agrônômico destaca-se como um dos fatores de extrema importância para o sucesso do empreendimento agrícola. Desse modo, esse planejamento deve ser previamente discutido pelo proprietário com sua equipe técnica, no sentido de definir os seguintes elementos: a) cultivares, espaçamentos e plano de escalonamento da produção; b) culturas de consórcio; c) técnicas de conservação do solo e orientação de plantio.

Sugere-se que o planejamento agrônômico de projetos com áreas maiores que 10 ha seja definido numa discussão em conjunto, envolvendo o projetista, os técnicos que realizaram os levantamentos planialtimétrico e pedológico e o proprietário com sua equipe técnica. Por ocasião dessa discussão, é que serão definidos o desenho geral de distribuição da cultura principal e os sistemas de irrigação a serem utilizados. A complexidade desse desenho tende a aumentar, à medida que aumentam a área do projeto, o número de classes de terras para irrigação e o número de cultivares envolvidas, entre outros fatores. Deve-se, também, levar em consideração uma série de interações, podendo-se destacar as seguintes:

e valor econômico); 6) aspectos econômicos (custos iniciais, operacionais e de manutenção); 7) fatores humanos (nível educacional, poder aquisitivo, tradição e outros).

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

Nas áreas irrigadas do Submédio do Vale do São Francisco, existe atualmente instalada uma série de modelos de gotejadores e de microaspersores de fabricação nacional e importados, cujas características hidráulicas são bastante distintas. Tem-se constatado o uso de gotejadores com vazão variando entre 2,0 L.h⁻¹ e 4,0 L.h⁻¹, arrançados com uma ou duas linhas laterais por fileira de planta, em solos arenosos, e com apenas uma linha em solos argilosos.

Tem-se constatado, também, o uso de microaspersores autocompensantes e não compensantes, invertidos ou não, com vazões que variam de 20 L.h⁻¹ a 57 L.h⁻¹, com raios de alcance bastante distintos. Dentre essas variações de concepção de projetos, tem-se verificado muitos acertos, mas, também, erros grosseiros.

No polo Petrolina, PE/Juazeiro, BA, tornou-se muito comum a pergunta: Qual o melhor sistema de irrigação para videira: o gotejamento ou a microaspersão? E, mais recentemente, gotejamento ou microaspersão tipo difusor? Este é um questionamento atual, demandado por produtores, novos empresários, técnicos e agrônomos em relação à cultura da videira, todos ávidos por uma resposta convincente para uma tomada de decisão correta. Se é tão presente esse questionamento, ele existe, na verdade, porque a pesquisa e a prática da irrigação em videira nesta região têm mostrado, com muita frequência, exemplos positivos e negativos do emprego desses dois sistemas de irrigação, não se podendo associar, porém, o sucesso da videira irrigada a um ou a outro sistema de irrigação.

A seguir, é apresentada uma discussão de uma série de características específicas de cada sistema, as quais devem orientar a escolha do sistema de irrigação para a cultura da videira.

9.3.1 Sistema de irrigação por gotejamento

A irrigação por gotejamento se caracteriza pela aplicação da água e de produtos químicos numa fração do volume de solo explorado pelas raízes das plantas, de forma pontual ou em faixa contínua. O volume de solo umedecido por um gotejador é denominado bulbo molhado, cuja forma e dimensões dependem da

vazão do emissor, do volume de água aplicado por irrigação, da textura e do perfil do solo (Figura 3).

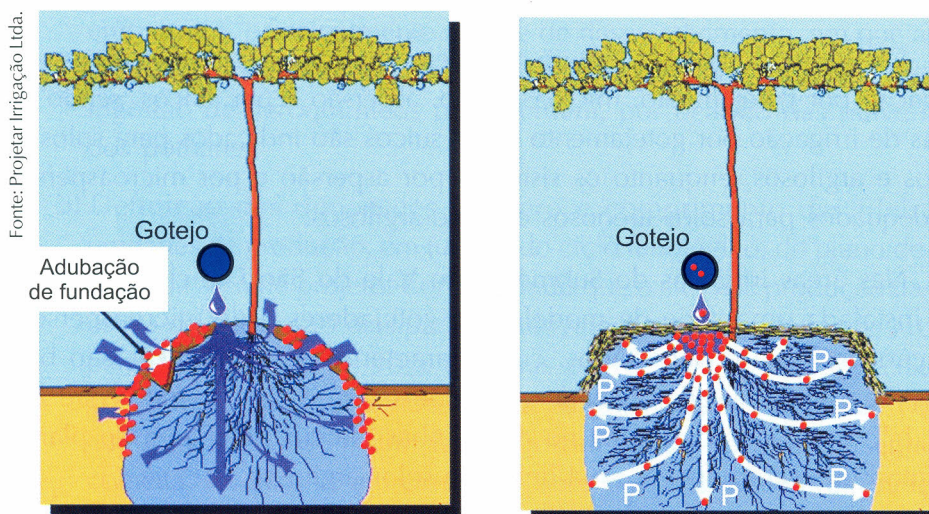


Figura 3. Comportamento do bulbo molhado e distribuição do fluxo de água e do sistema radicular da videira sob irrigação por gotejamento.

Os formatos e dimensões dos bulbos molhados são de fundamental importância para a escolha do método de irrigação por gotejamento, uma vez que influem diretamente no dimensionamento deste sistema de irrigação e no manejo de água. Devido à grande variação pedológica dos solos do Nordeste brasileiro, especialmente no Submédio do Vale do São Francisco, recomenda-se que esse parâmetro seja determinado em condições de campo, para cada mancha de solo. Para sua determinação, pode-se utilizar um aparelho denominado bulbo infiltrômetro, desenvolvido por Nascimento e Soares (1989).

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

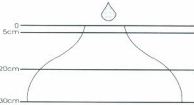
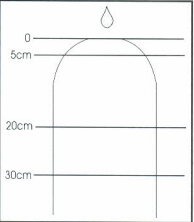
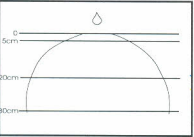
As experiências de campo com a cultura da videira na região semiárida do Nordeste brasileiro têm mostrado que a concentração do seu sistema radicular é bastante intensa até 30 cm de profundidade, principalmente na camada de 0 cm a

20 cm. Desse modo, deve-se dar uma atenção especial às formas e dimensões do bulbo molhado na camada de 0 a 20 cm de profundidade, conforme Tabela 8.

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

Segundo Keller (1978), citado por CURSO INTERNACIONAL DE RIEGO LOCALIZADOR, 1981, não se tem estabelecido um valor mínimo absoluto para a porcentagem de área molhada por planta. Para regiões com baixa precipitação, esse parâmetro pode variar entre 33% e 50% da área ocupada pela planta.

Tabela 8. Formas e dimensões de bulbos molhados mais comuns nos solos irrigados do Semiárido brasileiro.

Formas mais comuns de bulbos molhados	Profundidade da camada de solo (cm)	Diâmetro do bulbo molhado		Tipos de solos	Recomendações
		A	B		
	5 20 30	Até 60 cm Até 140cm > 140cm	Até 60 cm Até 140cm > 140cm	Solos com camada superficial arenosa e gradiente textural a partir de 20 cm. Quando no horizonte 0–20cm silte+argila é inferior a 15-20% do complexo textural, ocorrem, normalmente, as dimensões “A”. Quando a soma é superior a 20%, resultam as dimensões “B”	Quando as dimensões do bulbo molhado recaírem em “A”, recomenda-se gotejo para videira só com duas linhas para cada fileira de plantas. Mais adequado para microaspersão ou aspersão. Quando recair em “B”, pode-se adotar o gotejo mesmo com uma só linha por fileira de plantas
	5 20 30	< 40 cm < 100cm > 140cm	< 40 cm < 100cm > 140cm	Solos Quartzarênicos: Ocorrem as dimensões “A”, quando a porcentagem de areia grossa é maior que a porcentagem de areia fina. Ocorrem as dimensões “B”, quando a situação é contrariada	Não se recomenda gotejamento apenas microaspersão e aspersão. Quando ocorrem as dimensões “B”, ainda se pode admitir gotejamento com duas linhas para cada fileira de plantas
	5 20 30	> 80cm > 160cm > 180cm	> 80cm > 160cm > 180cm	Solos argilosos e franco-argilosos sem gradiente textural na superfície	Adequados para gotejamento. Se apresentarem vocação para compactação, deve-se evitar a escolha da microaspersão ou da aspersão

A Figura 4 mostra um desenho esquemático da determinação da porcentagem de área molhada (Pam) e do fator de cobertura do solo (Fcs) por planta.

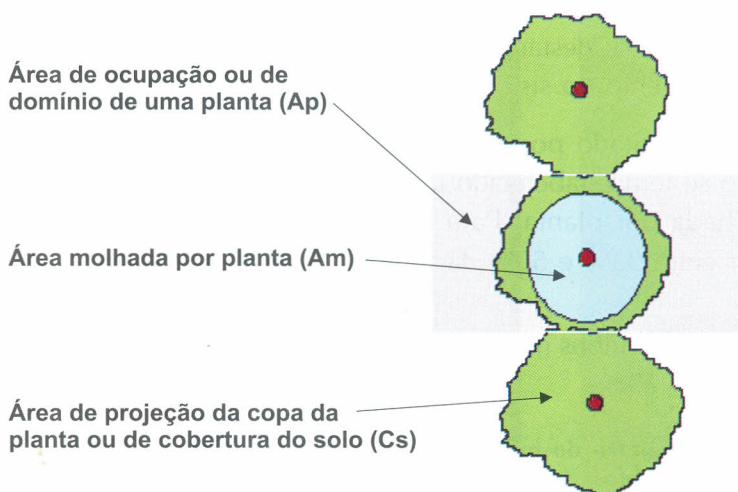


Figura 4. Desenho esquemático da área de domínio da planta (Ap), porcentagem de área molhada (Pam) e do fator de cobertura do solo (Fcs).

Em estudos realizados nas áreas cultivadas com videira no Submédio do Vale do São Francisco, tem-se constatado que a porcentagem de área molhada por planta, sob irrigação por gotejamento, tem variado de 30% a 46% (Tabela 9). Tem-se observado, em algumas fazendas da região, que o dimensionamento de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizando uma linha lateral por fileira de plantas, cuja porcentagem de área molhada é inferior a 25%, tem resultado na paralisação do crescimento das plantas e, conseqüentemente, na redução do tamanho da baga e da produtividade da videira, quando a planta atinge, em média, a idade de 2 a 3 anos. Para a solução desse problema, tem-se observado que o produtor mantém o sistema de irrigação como foi concebido e instala uma segunda linha de emissores por fileira de plantas. Isto traz, como consequência, a necessidade de redimensionamento de todo o sistema de irrigação, bem como a substituição das linhas primárias, secundárias e terciárias por outras de diâmetros maiores. Tem-se observado, nos parreirais irrigados por gotejamento no Submédio do Vale do São Francisco, que quanto maior é a área umedecida na camada superficial do solo (0 a 20 cm), melhor tem sido o desempenho desta cultura. Ou seja, os resultados de produtividade e de qualidade da uva só têm alcançado níveis satisfatórios quando a porcentagem de área molhada por planta, a 20 cm de profundidade, é superior a 40%.

Soares e Nascimento (1995a), em trabalho realizado em Latossolo Vermelho-Amarelo, para avaliar a influência da porcentagem de área molhada por planta em videira, sob irrigação por gotejamento, utilizando uma e duas linhas por fileira de plantas e emissores com vazão de 2,3 L.h⁻¹ e de 4 L.h⁻¹, não constataram diferenças significativas na produtividade dos frutos.

Tabela 9. Porcentagem de área molhada por planta na cultura da videira sob irrigação por gotejamento, no Submédio do Vale do São Francisco.

Classe de solo	Espaçamento entre emissores (m)	Nº de linhas laterais/fileira	Porcentagem de área molhada por planta em relação à profundidade		
			20 cm	40 cm	60 cm
Pv1	1,5	1	30	40	40
Pv1	1,25	1	30	35	35
Pv2	1,25	1	40	46	46

Geralmente, quando as linhas laterais são posicionadas na superfície do solo, elas se tornam mais susceptíveis a danos mecânicos. Estes podem ser minimizados, suspendendo-se as linhas laterais de 30 cm a 40 cm acima da superfície do solo, por meio de um fio de arame galvanizado, fixado nas estacas de madeira que fazem a sustentação da latada (Figura 5).

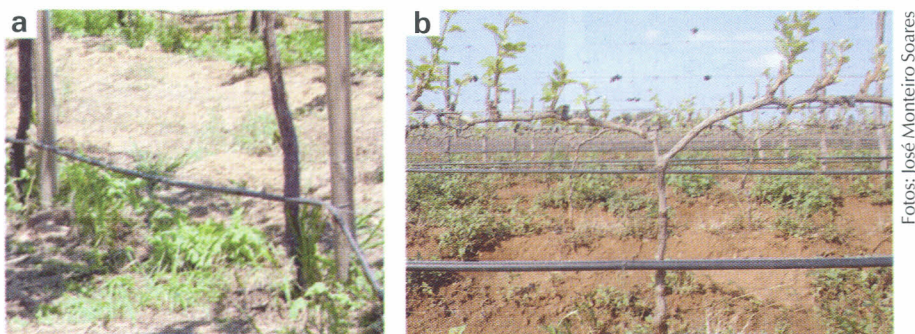


Figura 5. Linha lateral suspensa de 30 cm a 60 cm em relação à superfície do solo e fixada a um fio de arame preso nas estacas: a) latada; b) espaladeira.

Tem-se observado, em algumas propriedades, que as linhas laterais têm sido suspensas até o teto da latada, visando o aumento do bulbo molhado, devido à maior dispersão ou partição da gota de água quando esta alcança a superfície do solo (Figura 6). Essa prática, além de favorecer a redução dos danos mecânicos a estas linhas, tem realmente se mostrado muito efetiva na ampliação da porcentagem de área molhada na camada superficial do solo, principalmente em solos de textura arenosa, o que é muito importante para a cultura da videira. Por outro lado, apresenta a desvantagem de promover a compactação do solo e, conseqüentemente, o escoamento superficial e a erosão.

A suspensão das linhas de gotejo apresenta-se, também, como solução para evitar que as mesmas sejam perfuradas pela broca que ataca os ramos secos da videira que permanecem no solo por ocasião da poda. O uso de camalhões tem se destacado como uma prática bastante útil tanto para a conservação do solo quanto para condicionar uma drenagem rápida da camada superficial do solo, em que a

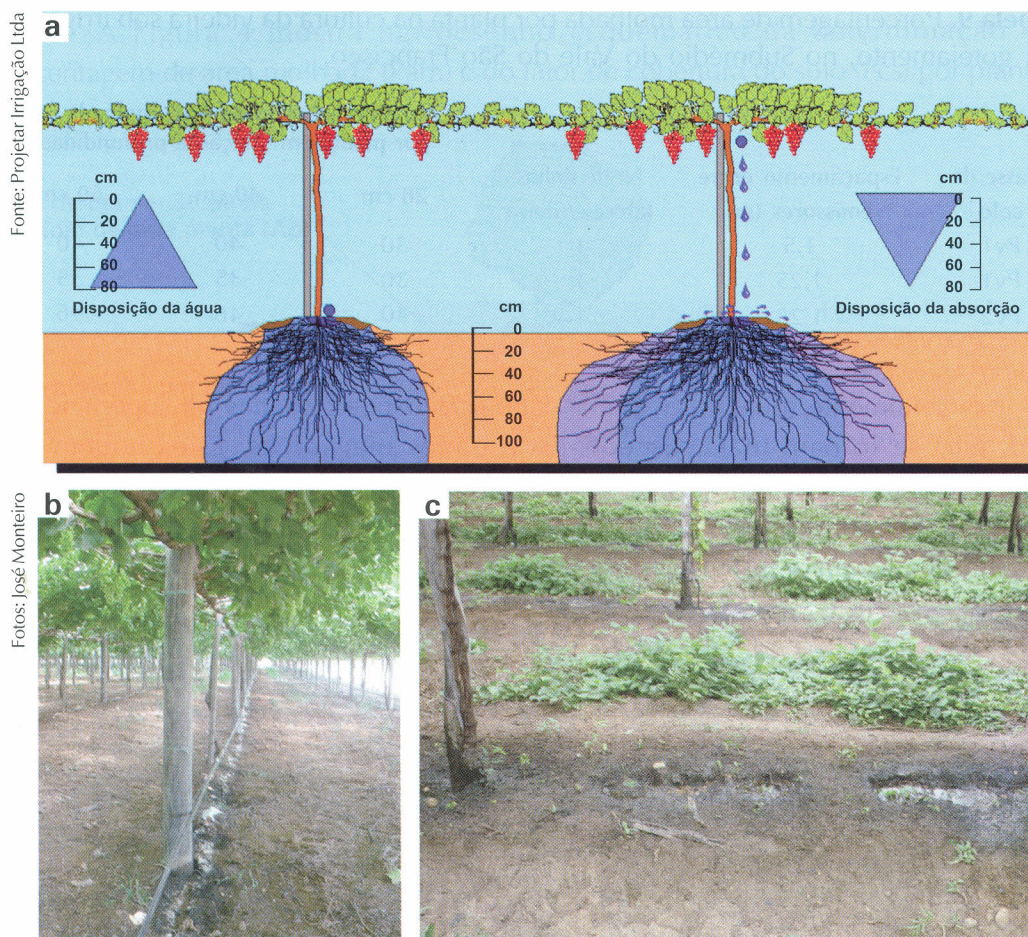


Figura 6. Modos de instalação das linhas laterais: a) desenho mostrando a posição de instalação da linha lateral e de distribuição da água no perfil do solo; b) suspensa a 40 cm da superfície do solo; c) suspensa no teto da latada.

concentração de raízes efetiva é máxima. As dimensões dos camalhões devem ser de 30 cm a 40 cm de altura por 1,0 m a 1,50 m de largura. No entanto, deve-se levar em consideração que a formação de camalhões em solos em que na camada superficial (20 cm a 30 cm) predomina a textura arenosa pode implicar a necessidade de duas linhas laterais por fileira de plantas (Figura 7), pois a planta tende a paralisar o seu desenvolvimento vegetativo a partir do segundo ano de idade, quando a porcentagem de área molhada torna-se inferior a 40%.

No entanto, tem-se observado, no Submédio do Vale do São Francisco, uma diversidade de formatos de camalhões que modificam de maneira significativa as dimensões dos bulbos molhados, conforme Figuras 8a a 8d. Quando os camalhões se mostram nos formatos abaulado ou triangular, a água aplicada pelo sistema de irrigação tende a escoar na superfície do solo, no sentido transversal ao camalhão, condicionando a deformação do bulbo molhado e, conseqüentemente, a redução da porcentagem de área molhada por planta.



Fotos: José Monteiro Soares

Figura 7. Bulbo molhado formado com duas linhas de gotejadores por fileira de plantas.

Vale salientar, também, que este formato de camalhão provoca o carreamento dos fertilizantes aplicados na sua superfície, quer via água de irrigação, quer via adubação direta. Outros viticultores adotam camalhões planos (Figura 8c), porém, com uma depressão na sua parte central, onde se faz a aplicação dos adubos orgânicos ou minerais insolúveis em água, mas que também funcionam como microbacias para retenção da água aplicada pelo sistema de irrigação. Entretanto,



Fotos: José Monteiro Soares

Figura 8. Diversas modalidades de bulbos molhados formados em parreirais: a) e b) camalhão abaulado ou triangular; c) largos e planos no topo; d) terreno plano sem camalhão.

quando se trata de terrenos planos e de solos das classes Latossolo e Podzólico, pode-se dispensar o uso de canalhões (Figura 8d).

9.3.2 Sistema de irrigação por microaspersão

Para a cultura da videira, a irrigação por microaspersão caracteriza-se pela aplicação da água e de produtos químicos, de 80% a 100% do volume de solo explorado pelas raízes das plantas. Nesse sistema de irrigação, as dimensões do bulbo molhado dependem, quase que exclusivamente, do alcance e da intensidade de aplicação ao longo do raio do microaspersor e do volume de água aplicado por irrigação, bem como da redistribuição da água no solo (Figura 9a). No entanto, a porcentagem de área molhada por planta pode ser reduzida quando se utilizam emissores tipo difusor, conforme Figura 9b, o que pode minimizar o desenvolvimento de plantas daninhas nas entrelinhas. Porém, deve-se ficar atento para que a porcentagem de área molhada não seja inferior a 40%.

A grande diversidade de modelos de microaspersores e de difusores proporciona a obtenção de diferentes padrões de distribuição de água no campo, o que pode trazer alguns problemas tanto para o manejo de água quanto para o desenvolvimento da planta.

Quando escolhido adequadamente em relação aos tipos de solos e bem manejados, os resultados obtidos têm sido excepcionais. Para muitos consultores, técnicos e produtores, o umedecimento de quase 100% da área ocupada por planta tem proporcionado uma maior expansão do sistema radicular da videira, associado à redução da temperatura e à elevação da umidade do ambiente, e tem condicionado a obtenção de uvas de excelente qualidade, principalmente nos ciclos de produção do segundo semestre (setembro a dezembro), quando comparado com outros sistemas de irrigação (Figuras 9a e 9b).

9.3.2.1 Vazão do emissor

O uso de emissores com vazão superior a 60 L.h^{-1} tende a encarecer demasiadamente o custo do sistema de irrigação. Dentre os emissores predominantes no mercado, podem-se destacar os emissores autorreguláveis importados, tais como Dan Sprinkler 2001, Naan e o difusor Rain-Bird modelo QN, com vazão variando de 20 L.h^{-1} a 57 L.h^{-1} , com vários padrões de distribuição de água.

9.3.2.2 Raio de alcance do emissor

O uso de emissores com raio efetivo inferior a 1,50 m também implica no aumento do custo do sistema de irrigação, em decorrência do maior número de emissores por linha lateral.

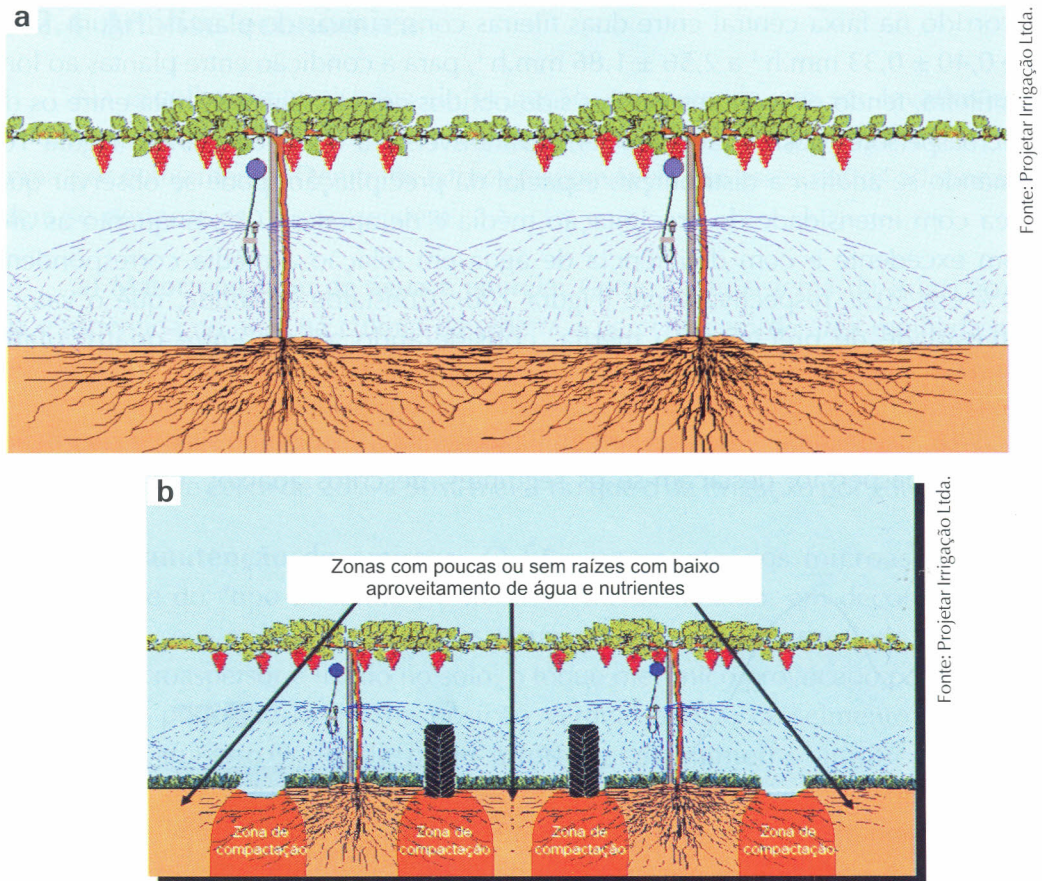


Figura 9. Comportamento do volume de solo molhado e distribuição do sistema radicular da videira sob irrigação por microaspersor tipo: a) bailarina; b) difusor.

9.3.2.3 Intensidade de aplicação ao longo do raio

De um modo geral, os catálogos técnicos não apresentam os gráficos mostrando o comportamento da intensidade de aplicação ao longo do raio, para cada pressão de serviço recomendada, pois um emissor pode ter vazão inferior a 50 L.h^{-1} e um raio efetivo superior a 1,50 m, porém, apresentar uma intensidade de aplicação bastante irregular ao longo do seu alcance. Essa característica pode comprometer o coeficiente de uniformidade de distribuição de precipitação e, conseqüentemente, a eficiência de uso da água de irrigação. Com base em testes realizados em nível de campo, por José Monteiro Soares¹, utilizando microaspersores Carborundum, modelo 70.003, suspenso, com vazão de 35 L.h^{-1} , espaçados de 4 m x 2 m, confeccionaram-se as Figuras 10a a 10c, onde se verificou que os valores médios da intensidade de precipitação oscilaram entre $1,00 \pm 0,77 \text{ mm.h}^{-1}$ e $2,73 \pm 1,55 \text{ mm.h}^{-1}$, na condição entre fileiras de plantas, tendo o maior valor

¹ Dados não publicados.

ocorrido na faixa central entre duas fileiras consecutivas de plantas (Figura 10a), e de $0,40 \pm 0,33 \text{ mm.h}^{-1}$ a $2,56 \pm 1,86 \text{ mm.h}^{-1}$, para a condição entre plantas ao longo da fileira, tendo os menores valores sido obtidos em uma faixa estreita entre os dois microaspersores posicionados no sentido transversal à fileira de plantas (Figura 10b). Quando se analisa a distribuição espacial da precipitação, pode-se observar que a área com intensidade de precipitação média é de apenas 10%, enquanto as áreas com excedente e com deficiência de água em relação à média correspondem a 40% e a 50%, respectivamente (Figura 10b). Constatou-se, ainda, que o valor da intensidade de precipitação média, considerando a área entre quatro plantas consecutivas, foi da ordem de $1,86 \pm 1,39 \text{ mm.h}^{-1}$.

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

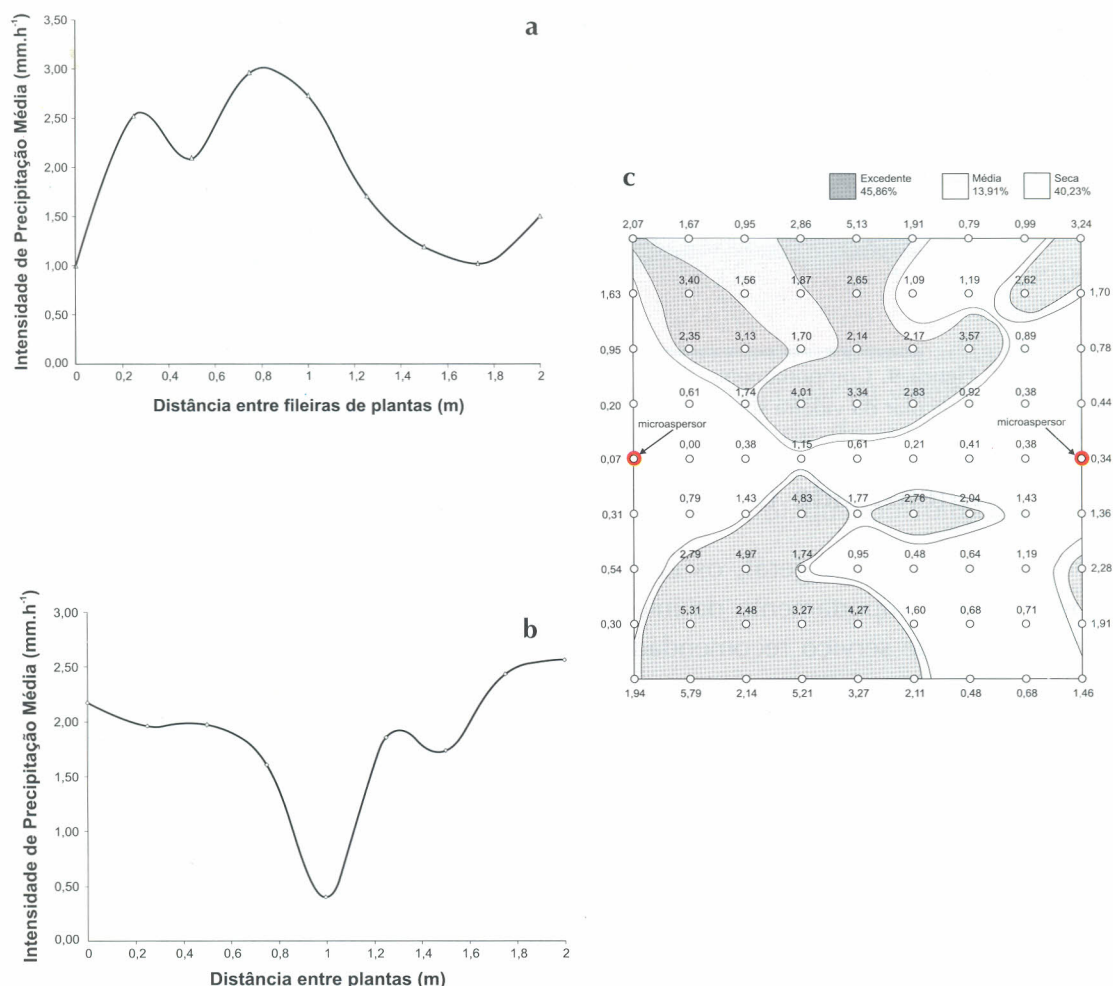


Figura 10. Comportamento das intensidades de precipitação pluviométrica obtidas em testes de campo em parreirais irrigados por microaspersor Carborundum, modelo 70.003, suspenso.

9.3.2.4 Análise econômica

Na escolha deste sistema de irrigação, também devem ser levados em consideração os seus custos adicionais, quando comparados, principalmente, ao sistema por gotejamento. Dentre os fatores responsáveis por esses custos adicionais, podem-se destacar os que se seguem.

a) Maior consumo de água e energia: Como neste sistema de irrigação, a água é aspergida no ar, e na cultura da videira a percentagem de área molhada por planta é de 100%, as perdas de água por evaporação podem chegar a 10%, o que também corresponde a uma redução da eficiência de aplicação quando comparada com o gotejamento. Além disso, o requerimento de pressão para o funcionamento dos emissores é de cerca de 20% a 30% maior do que o da irrigação por gotejamento.

b) Manutenção do emissor: O funcionamento dos microaspersores, principalmente do “tipo bailarina”, é frequentemente afetado, em decorrência da obstrução dos seus orifícios, por insetos (formigas e aranhas), terra, lodo e poeira. Quando o microaspersor é fixado no solo, o toque mecânico provocado por pessoas e ferramentas pode tirá-lo de sua posição vertical e/ou o crescimento de ervas daninhas na sua proximidade pode interferir, de maneira significativa, na uniformidade de distribuição de água. Outro tipo de avaria que tem sido bastante frequente em algumas propriedades do Submédio do Vale do São Francisco é que os trabalhadores, principalmente na fase de raleio da uva, tentam paralisar o funcionamento do microaspersor, para evitar que sejam constantemente molhados pela aspersão da água, a menos que as irrigações sejam realizadas em horários distintos daqueles em que as práticas culturais estão sendo executadas. Todos esses fatores implicam a necessidade de manutenção frequente.

9.3.2.5 Compactação da camada superficial do solo

Têm sido observados, no Submédio do Vale do São Francisco, sérios problemas de compactação da camada superficial, principalmente nos solos que apresentam na sua gênese esta tendência. Como na cultura da videira, o uso de tratores e de implementos agrícolas é bastante intenso, observa-se a formação de duas faixas compactadas no espaço entre duas fileiras consecutivas de plantas, o que impede o desenvolvimento uniforme do sistema radicular da videira e, conseqüentemente, do dossel da planta (Figura 11). Este problema resulta na ocorrência de estresse hídrico e de deficiência nutricional, uma vez que tanto a água como os nutrientes aplicados via água de irrigação podem se perder por percolação profunda, em decorrência da inexistência de raízes ou mesmo a existência de raízes inativas no perfil de solo compreendido entre as duas faixas do sistema radicular da videira sob irrigação por microaspersão.

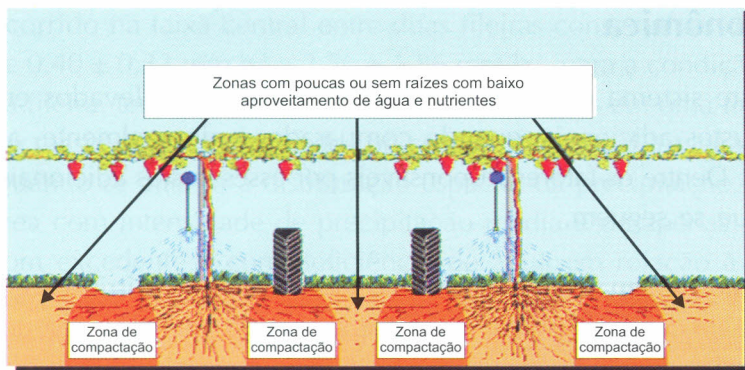


Figura 11. Compactação da camada superficial do solo entre a fileira de plantas e do sistema radicular da videira sob irrigação por microaspersão com emissor tipo difusor.

Fonte: Projeter Irrigação Ltda.

Neste caso, o uso de gotejadores poderá ser uma alternativa mais adequada, desde que a classe de solo possibilite a formação de uma faixa molhada entre 40% e 50% em relação à área de domínio da planta. Por outro lado, quando se trata de solos com textura bastante arenosa, o uso de difusores pode apresentar-se mais adequado, porém, é necessário que a faixa molhada por planta também esteja compreendida entre 40% e 60%. Tem-se constatado, em algumas propriedades do Submédio do Vale do São Francisco que utilizam difusores, a ocorrência de porcentagem de área molhada inferior a 35%, o que pode resultar na obtenção de bagas com diâmetro abaixo do padrão aceitável e, conseqüentemente, na redução da produtividade.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição de Vazão (CUDV), para o sistema de irrigação por microaspersão, deve variar de 75% a 80% para terrenos com declividade inferior a 2%, e de 65% a 75% para terrenos com declividade superior a 2%. Porém, estas normas não fazem distinção quanto aos tipos de emissores, se possuem ou não a característica de autorregulagem de vazão, sendo esperado que os valores de CUDV se mostrem mais elevados para sistemas que utilizem emissores com autorregulagem de vazão.

Desse modo, a área efetivamente molhada por um emissor depende do comportamento das intensidades de aplicação ao longo do seu raio, que, associadas ao número de emissores por planta, determinam a porcentagem de área molhada por planta. Dependendo do microaspersor, a porcentagem de área molhada por planta pode se apresentar bastante excessiva, durante os dois primeiros anos de desenvolvimento da planta, favorecendo o desenvolvimento de ervas daninhas. Porém, alguns artifícios podem ser utilizados para minimizar o desperdício de água, seja por evaporação, seja por percolação. A Figura 12 mostra que o uso de um saco plástico colocado sobre o microaspersor e a confecção de uma microbacia em torno da planta podem concentrar a água aplicada nas proximidades da planta.

Soares e Nascimento (1995b), estudando o desempenho do microaspersor tipo bailarina Dan Sprinkler, considerando o seu posicionamento em relação ao solo, não obtiveram diferença significativa para o emissor fixado no solo (Figura 13a), ou suspenso na latada em posição invertida (Figura 13b). De qualquer maneira,



Fotos: José Monteiro Soares

Figura 12. Alternativa de redução da área molhada por planta ao longo dos primeiros meses de idade da videira, Petrolina, PE.



Fotos: José Monteiro Soares



Figura 13. Microaspersores e difusores suspensos na latada do parreiral.

tanto a uniformidade de distribuição de lâmina de água precipitada (61,45%) quanto a eficiência de aplicação (45,45%) do sistema de irrigação com emissores suspensos foram ligeiramente superiores às do sistema fixado no solo, cuja uniformidade de distribuição foi de 57,61% e a eficiência de aplicação, de 42,23%. Fazendo-se uma análise da distribuição de precipitação da água, em termos de percentagem de área com excesso ou deficiência de água, em cada um dos sistemas de irrigação, pode-se verificar, no sistema com microaspersor posicionado no solo, que as percentagens de áreas molhadas com água em excesso, em média e em deficiência, foram da ordem de 30,91%; 20,47% e 48,62%, respectivamente, enquanto, no sistema com microaspersor suspenso, os valores corresponderam a 26,78%; 28,5% e 44,67%.

Quando se faz uma análise do perfil da lâmina de água precipitada por microaspersores, pode-se constatar que os maiores valores podem estar localizados na faixa central entre duas fileiras consecutivas de plantas, principalmente quando se utilizam emissores tipo bailarina, que condicionam um elevado índice de superposição de seus raios (Figura 10).

Assim, a obtenção da aplicação de uma lâmina excessiva de água, principalmente em uma faixa de solo em que a densidade radicular tende a ser mínima, pode condicionar a obtenção de perdas excessivas de água por percolação profunda.

Não se tem informações sobre o desempenho de emissores tipo difusor no que diz respeito ao seu posicionamento em relação à superfície do solo, uma vez que são emissores que condicionam um maior grau de pulverização do jato de água, tornando-se mais suscetíveis à influência do vento, principalmente quando o emissor se encontrar suspenso na latada.

Um dos fatores que pode exercer grande influência no padrão de distribuição de água do microaspersor é a interseção das ervas daninhas com os seus jatos de água.

9.3.3 Sistema de irrigação por aspersão

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

A aspersão do tipo sobcopa tem sido utilizada trazendo alguns transtornos para o manejo de água, em decorrência da interseção do jato de água com o caule das plantas e estacas da latada (Figura 14). Essa interferência na distribuição de água pode proporcionar a obtenção de baixos coeficientes de uniformidade de distribuição de água. A irrigação por aspersão tipo sobrecopa, também, é bastante afetada pela ação da velocidade do vento (Figura 15). Assim, tanto na irrigação sobrecopa, quanto na



Figura 14. Irrigação por aspersão sobcopa num parreiral.

sobcoba, há necessidade de se ajustarem os calendários de irrigação e de pulverização, devido ao umedecimento excessivo da folhagem e dos cachos.

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

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



Fotos: José Monteiro Soares

Figura 15. Irrigação por aspersão em sobrecoba, num parreiral.

9.3.4 Sistema de irrigação por sulcos

A irrigação por sulcos se caracteriza pela aplicação de água ao solo, por meio de pequenos canais abertos ao longo da superfície do terreno. A derivação de água nesse sistema de irrigação pode ser feita por sifões ou por tubos janelados. O sistema de irrigação por sulcos, utilizando sifões (Figuras 16a e 16b), deve ser utilizado em terrenos com declividade inferior a 0,5%, enquanto o sistema de irrigação por sulcos, utilizando tubos janelados, pode ser usado em terrenos de baixa declividade ou bastante acidentados (Figuras 16c e 16d), uma vez que a condução de água é feita por meio de tubulações com aberturas reguláveis.

A área molhada por sulcos depende do tipo de solo, da vazão aplicada, da declividade do sulco e do tempo de irrigação. Dependendo da topografia do terreno, a percentagem de área molhada por planta pode ser duplicada após 1 ano de idade, abrindo-se um sulco de cada lado da fileira de plantas (Figura 17a). Nos Latossolos, pode-se, ainda, abrir um segmento de sulco interligado aos sulcos principais, no sentido

Fotos: José Monteiro Soares

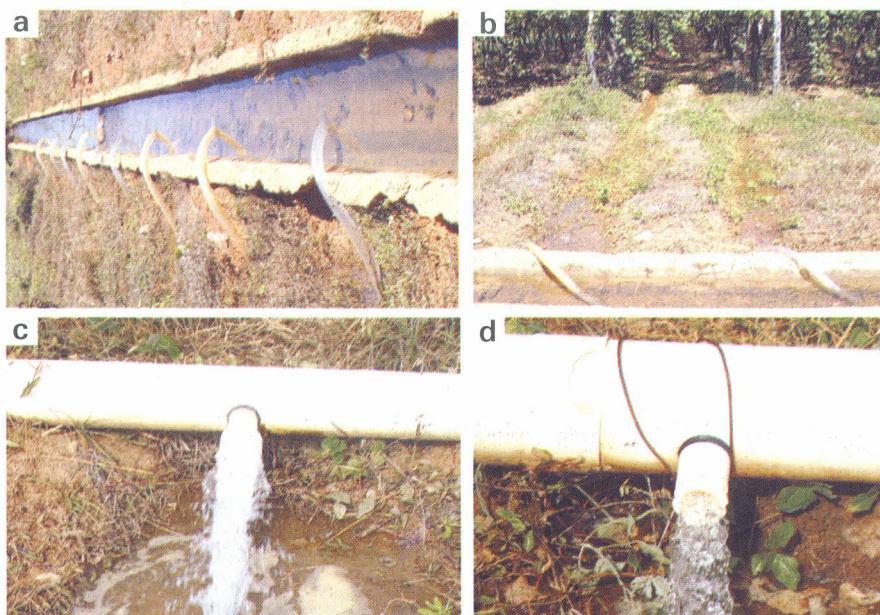


Figura 16. Sistemas de irrigação por sulcos, utilizando: a) e b) sifões; c) e d) tubos janelados.

de aumentar o volume de solo molhado por planta (Figura 17b). Soares et al. (1994), avaliando o desempenho do sistema de irrigação por sulcos utilizando tubos janelados móveis em videira, em solos Podzólico Bruno Amarelo a Amarelo Avermelhado Distrófico, constataram que as eficiências médias de aplicação e de distribuição foram da ordem de 41,37% e de 54,60%, respectivamente, e que as perdas de água por percolação profunda e por escoamento superficial foram de 44,41% e 14,22%, respectivamente.

Os sistemas de irrigação por sulcos podem se destacar como uma das alternativas à exploração de pequenas áreas, principalmente quando se utilizam sulcos parcialmente bloqueados ao longo do seu comprimento e no seu final, ou mesmo sulcos curtos, fechados e nivelados.

Fotos: José Monteiro Soares

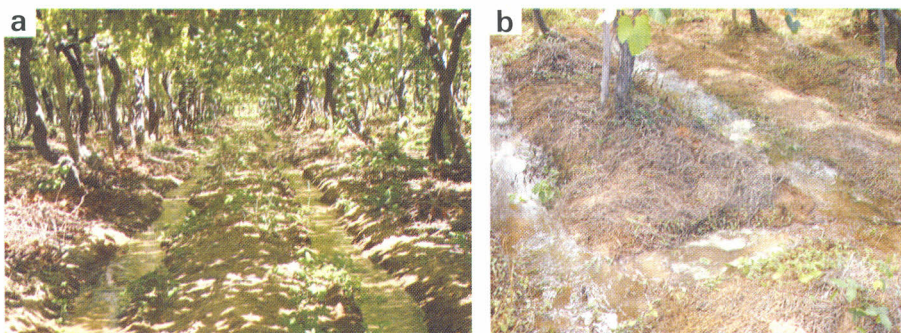


Figura 17. a) Fileira de videiras com um sulco de cada lado; b) segmento de sulco interligando sulcos laterais.

9.3.5 Apresentação do projeto

9.3.5.1 Desenho do sistema de irrigação

A complexidade do detalhamento do desenho das unidades operacionais e das unidades e subunidades de rega do projeto de irrigação tenderá a aumentar, principalmente para sistemas de irrigação localizada, à medida que aumentar a área do projeto, o número de classes de terras para irrigação e o número de culturas e cultivares envolvidas, associadas ao escalonamento da produção. O formato da área, também, poderá contribuir para aumentar ou reduzir o número de subunidades de rega.

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

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

Esse grau de complexidade do desenho do projeto tende a tornar-se mais simples quando se utilizam sistemas de irrigação por aspersão ou por sulcos.

9.3.5.2 Apresentação técnica do projeto de irrigação

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

- a) Escolha do método de irrigação e descrição do sistema.
- b) Estudos básicos da propriedade.
- c) Planejamento agronômico da irrigação.
- d) Dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação.
- e) Informações para o processamento da análise econômica do projeto agrícola.
- f) Fichas de dados técnicos.
- g) Mapas com delimitação das latadas ou espaldeiras, vias de circulação, traçado ou não dos drenos coletores e malha hidráulica do sistema de irrigação projetado, com indicação da disposição de suas estruturas principais.

9.4 Manejo de água na cultura da videira

A Figura 18 apresenta um desenho esquemático correspondente a água no balanço hídrico, que contempla os principais componentes do sistema solo-água-planta característicos de uma cultura sob condições de irrigação. Pode-se aproveitar esta figura para fazer alguns comentários relativos ao manejo da água de irrigação. Ou seja, quando se aplica uma lâmina de água que supera a capacidade de armazenamento do solo na profundidade efetiva da raiz, pode ocorrer perda de água por percolação profunda e, conseqüentemente, lixiviação de nutrientes e elevação das despesas com bombeamento e com custo de água. Deste modo, quando a perda de água por percolação é significativa, pode provocar uma elevação significativa do lençol freático, que, dependendo da sua profundidade, condiciona a asfixia do sistema radicular da planta.

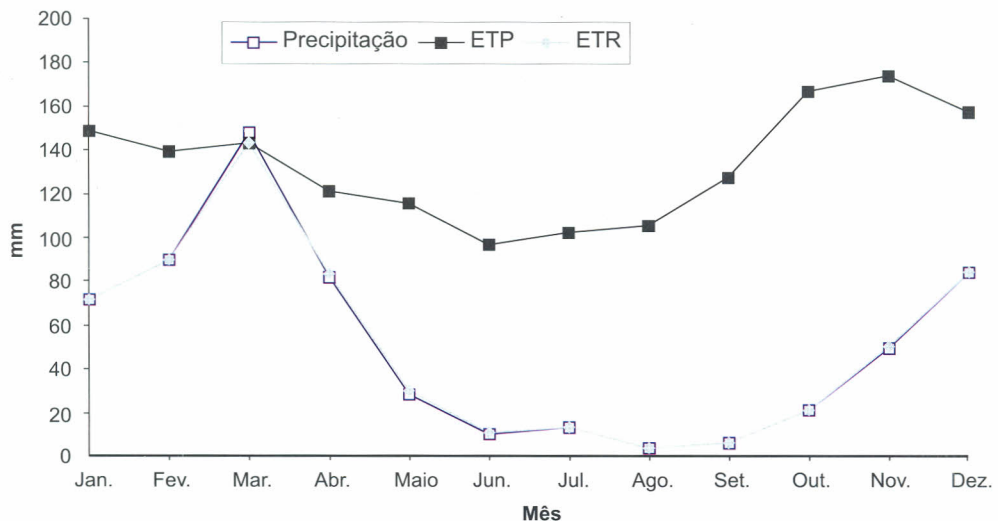


Figura 18. Desenho esquemático do balanço hídrico normal mensal correspondente a uma cultura irrigada, Petrolina, PE.

Os processos de evaporação e de precipitação são dependentes das condições climáticas reinantes, enquanto o de transpiração é decorrente do clima e do estágio fenológico da planta. A associação dos processos de transpiração e de evaporação resulta na evapotranspiração da cultura (ETc), a qual é função da evapotranspiração de referência (ETo) e do coeficiente de cultura (Kc). O percentual de retenção da água pelo solo na profundidade efetiva da raiz, proveniente da irrigação, depende da capacidade de retenção do solo, conteúdo de água no solo no momento da irrigação, formato e dimensões do volume de solo explorado pelo sistema radicular e volume de água aplicada em cada irrigação. Diante disso, de um modo geral, sob irrigação por gotejamento, são esperadas uma maior perda de

água por percolação profunda e uma menor perda por evaporação, enquanto na irrigação por microaspersão ou mesmo por aspersão pode ocorrer o inverso. Assim, em algumas situações, uma elevada perda de água por percolação profunda pode condicionar uma elevação significativa do lençol freático, o que pode implicar, também, uma elevada ascensão capilar, caso haja déficit hídrico no solo.

Sob irrigação por microaspersão, com uma frequência de irrigação diária, as perdas de água por evaporação podem se tornar significativas, principalmente para a cultura da videira, em que a porcentagem de área molhada por planta tende a variar entre 80% e 100%.

Deste modo, quando a lâmina ou o volume de água aplicado em uma dada irrigação é superior à capacidade de retenção de água do solo, a perda de água por percolação profunda pode se tornar excessiva. Quando isso ocorre em uma área com drenagem subterrânea, pode-se constatar visualmente as referidas perdas de água provocadas com base na vazão destes drenos.

A necessidade de água da videira é função do seu desenvolvimento fenológico e do período do ano, principalmente em regiões semiáridas, como é o caso do Submédio do Vale do São Francisco. Tem-se verificado, em várias propriedades desta região, que a lâmina de água aplicada ao longo do ciclo fenológico da planta tem sido praticamente constante, exceto naquelas onde se adota a Produção Integrada (PI). Esse manejo de água pode gerar condições de excesso no solo nos dois primeiros estádios de desenvolvimento e no estádio de maturação final da uva, ou de deficiência nos estádios de crescimento da baga.

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

Os procedimentos para execução do manejo da água de irrigação na cultura da videira compreendem as etapas descritas a seguir.

9.4.1 Manejo de água sob irrigação por gotejamento e por microaspersão

O manejo de água de uma área irrigada compreende duas fases bem distintas. A primeira corresponde à aplicação de água no solo por meio do sistema de irrigação e a segunda, ao monitoramento da água no volume de solo explorado pelas raízes da planta. O manejo da água aplicada ao solo, ao longo do ciclo vegetativo da videira, pode ser dividido em cinco períodos distintos, conforme se segue.

9.4.1.1 Período de pré-plantio das mudas

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

9.4.1.2 Período de plantio e de desenvolvimento inicial das mudas

Durante os primeiros dias após o transplantio das mudas, as irrigações devem ser feitas diariamente, mas o período de tempo dependerá do tipo de sistema de irrigação localizada adotado (SOARES; COSTA, 2000).

O valor diário da ET_c para plantas jovens (plantas com idade inferior a um ano) deve ser ajustado como segue:

$$ET_c = K_c \cdot K_l \cdot ET_o \quad (2)$$

em que ET_c é a evapotranspiração da cultura (mm.dia^{-1}); ET_o é a evapotranspiração de referência (mm.dia^{-1}) e K_l é o coeficiente de localização que é função da porcentagem de área molhada e/ou sombreada por planta (adimensional), visando ajustar a evapotranspiração da cultura para sistemas de irrigação localizada, principalmente quando se trata de plantas jovens ou recém-podadas, cujo valor pode variar entre 0,2 e 1, mas que pode ser determinado com base na Figura 19, como segue:

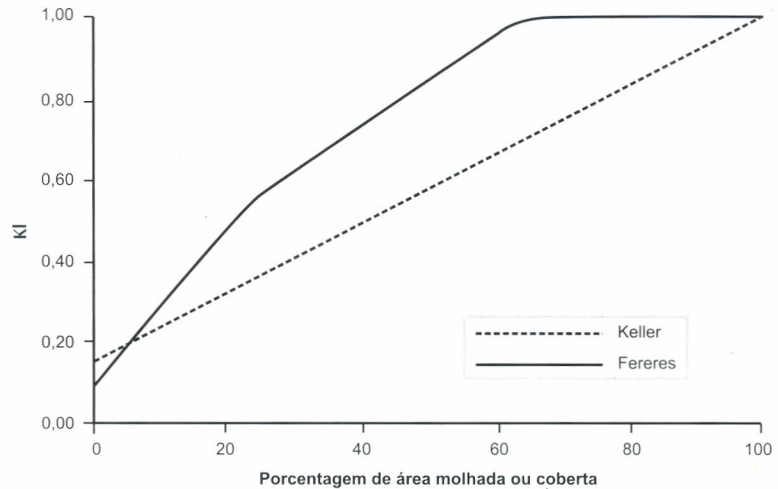
$$K_l = \frac{P_{am} + K_c}{100} \quad (3)$$

em que P_{am} é obtida pela relação entre a área molhada por planta (A_m) e a área de domínio da planta (A_p) (Figura 4). A P_{am} depende do tipo de emissor: a) gotejador – depende da vazão do emissor, volume de água aplicado, classe textural e estratificação do solo; b) microaspersor – depende do raio de alcance e da intensidade de precipitação ao longo do seu raio. Quando o valor de K_l for igual ou maior que 0,60, adotar $K_l = 1$.

Esta recomendação é válida para culturas mantidas no limpo (sem a presença de ervas daninhas).

Figura 19. Determinação do coeficiente de localização (Kl) em função da porcentagem de área molhada ou do fator de cobertura do solo.

Fonte: Keller e Bliesner (1990); Villalobos e Fereres (1990).



O cálculo da necessidade de irrigação bruta (NIB) pode ser obtido por meio da seguinte equação:

$$NIB = \frac{ETc + Pe}{Ea} = \frac{NIL}{Ea} \quad (4)$$

em que NIB é a necessidade de irrigação bruta (mm); Pe é a precipitação efetiva (mm), que corresponde à fração da precipitação pluviométrica efetivamente aproveitável pela planta; NIL é a necessidade de irrigação líquida (mm) e Ea é a eficiência de aplicação (decimal). A precipitação efetiva poderá ser calculada de acordo com a metodologia proposta por USDA (1970), citada por Jensen et al. (1990), como segue:

$$Pe = f(A_r) \cdot [1,25 \cdot P^{0,824} - 2,93] \cdot [10^{0,000955Et}] \quad (5)$$

$$f(A_r) = 0,53 + 0,0116 \cdot A_r - 8,94 \cdot 10^{-5} \cdot A_r^2 + 2,32 \cdot 10^{-7} \cdot A_r^3 \quad (6)$$

$$A_r = 10 \cdot (\theta_{cc} - \theta) \cdot Dg \cdot Pr \quad (7)$$

em que $f(A_r)$ é o fator de correção adimensional (Tabela 1 do Anexo I); P é a precipitação pluviométrica (mm); A_r é a capacidade de armazenamento do solo na profundidade efetiva da raiz (mm); θ_{cc} e θ correspondem aos conteúdos de água na capacidade de campo e no momento da irrigação ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$); Dg é a densidade global ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) e Pr é a profundidade efetiva da raiz (cm).

Em termos práticos, pode-se adotar o seguinte critério para a estimativa da Precipitação Efetiva (Pe):

- a) Quando $P < 5$ mm e essa chuva é decorrente de uma precipitação pluviométrica isolada, considerar $P_e = 0$. Ou seja, deve-se realizar a irrigação de forma normal.
- b) Quando $5 \text{ mm} < P < 10$ mm, a chuva é decorrente de uma precipitação pluviométrica isolada e a previsão de tempo sinaliza que os dias seguintes serão de “céu claro ou dias com baixa probabilidade de ocorrência de chuva”, deve-se suspender a irrigação por apenas 1 dia.
- c) Quando $10 \text{ mm} < P < 20$ mm, a chuva é decorrente de uma precipitação pluviométrica isolada e a previsão de tempo sinaliza que os dias seguintes serão de “céu claro”, deve-se suspender a irrigação por 2 ou 3 dias.
- d) Quando $P > 20$ mm ou ocorrências continuadas de chuvas nos níveis apresentados, ou se o tempo se mantiver “nublado” após as chuvas, o monitoramento da umidade do solo será recomendado para melhor indicar o momento do reinício da irrigação.

No caso do uso de sistemas de irrigação por microaspersão e por gotejamento, $E_a = UE$ (Uniformidade de Emissão) (HANSON, 1997) = CUDV (Coeficiente de Uniformidade de Distribuição de Vazão) (CURSO..., 1981); para os sistemas de irrigação por aspersão, $E_a = CUC$ (Coeficiente de Uniformidade de Christiansen) (MERRIAN et al., 1973). Porém, no caso da irrigação por microaspersão, recomenda-se, também, determinar o CUDP (Coeficiente de Uniformidade de Distribuição de Precipitação) (Figura 10), para uma análise complementar do manejo de água, principalmente quando se utiliza o sistema de irrigação por microaspersão tipo bailarina, em que 80% a 100% da área de domínio da planta é umedecida, pois, na maioria das vezes, a lâmina de água precipitada na área central entre duas fileiras de plantas consecutivas pode tornar-se superior à lâmina média precipitada e, assim, condicionar elevadas perdas de água por percolação profunda, em decorrência da existência de uma menor concentração de raízes. Valores aceitáveis de E_a por sistema de irrigação são: a) aspersão: 70%; b) microaspersão: 85%; c) gotejamento: 90%. O ideal é determinar este parâmetro com base nas condições operacionais de cada sistema de irrigação, que deve ser repetido pelo menos uma vez por ano (Anexo II).

De acordo com Hanson (1997), a UE também representa a Eficiência Potencial de Irrigação (E_{pi}), que corresponde à lâmina de água benéfica usada dividida pela lâmina de água aplicada, para a condição em que a área menos irrigada receba a quantidade de água suficiente para o desenvolvimento da cultura. E se a lâmina mínima média aplicada for igual à quantidade benéficamente usada, a Uniformidade de Emissão torna-se uma estimativa da Eficiência de Aplicação.

Dentre os fatores que podem afetar a eficiência de aplicação do sistema de irrigação, podem-se destacar os seguintes:

- a) Coeficiente de variação (CV) – depende da qualidade da matéria-prima utilizada e do processo de fabricação. Emissores com valores de $CV < 5\%$, são classificados como excelentes; com $5\% < CV < 10\%$, são aceitáveis e com $CV > 10\%$ são classificados como marginais. Ou seja, quanto menor o valor de CV, menor será a sua influência negativa no Coeficiente de Uniformidade de Distribuição de Vazão dos emissores.
- b) Sensibilidade à variação de vazão – depende da variação de pressão causada decorrente das perdas por atrito ou da diferença de elevação do terreno. Esta sensibilidade está associada à relação entre a vazão do emissor e a pressão de serviço ($Q = k.P^x$), cujo expoente pode variar entre 0 e 1. Quando $x = 0$, o emissor é dito autocompensante e quando $x = 1$, o emissor não consegue compensar a variação total de pressão, o que resulta em uma variação acentuada de vazão e, conseqüentemente, numa redução do valor do CUDV (E_a). De um modo geral, os emissores possuem valores de x entre 0,4 e 0,6.
- c) Susceptibilidade à obstrução – é influenciada pelas dimensões e configuração da passagem da água, bem como pelo tipo de fluxo do emissor, se turbulento ou laminar. Os emissores que possuem a característica de fluxo turbulento tornam-se menos susceptíveis à obstrução, a qual pode ser atribuída a partículas minerais e matéria-orgânica em suspensão, ao desenvolvimento de microorganismos no interior das tubulações, a precipitações químicas decorrentes da qualidade da água de irrigação, bem como à interação desta com os fertilizantes utilizados na fertirrigação. A obstrução dos emissores destaca-se como um fator que pode provocar uma alta variação no valor de CUDV (E_a).
- d) Variação de vazão na subunidade de rega decorrente do desenho hidráulico – a variação de vazão dos emissores na subunidade de rega concernente ao dimensionamento hidráulico aceitável deve ser inferior a 10%. A Figura 20 mostra um desenho esquemático das variações de vazão em uma subunidade de rega. Deste modo, quando o projetista dimensiona um sistema que não atende a este critério, o valor do CUDV (E_a) poderá tornar-se inferior a 90% para o gotejamento e a 85% para a microaspersão, já por ocasião dos testes após a instalação do sistema de irrigação considerado.

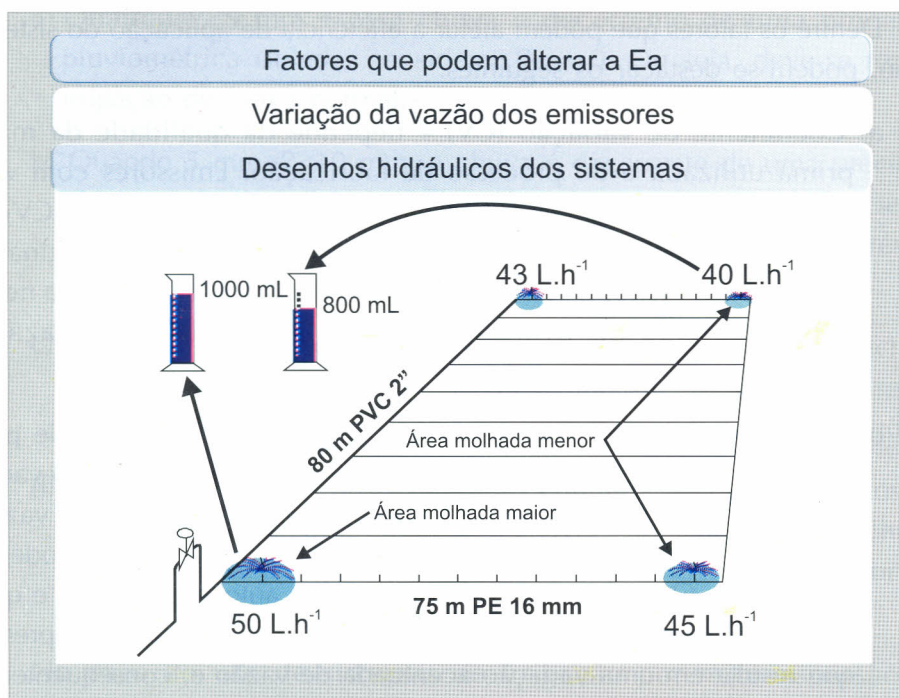


Figura 20. Desenho esquemático da variação de vazão dos emissores em uma subunidade de rega decorrente do dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação.

e) Limpeza do sistema de filtragem – a limpeza deste sistema deve ser feita com base na diferença antes do filtro (PAF) e depois do filtro (PDF), sempre quando o seu valor é da ordem de 5 mca, quando, então, dá-se início à limpeza por meio do acionamento automático, cujo controle é feito por painéis eletrônicos associados a válvulas hidráulicas ou por meio de acionamento manual, utilizando válvulas de esfera. As Figuras 21a e 21b mostram cabeçais de controle constituídos por filtros de areia/disco e filtros de areia/tela, respectivamente, enquanto as Figuras 21c e 21d apresentam um filtro de disco impregnado de sujeiras e outro limpo, respectivamente. Desse modo, quando isto acontece, tem-se, como consequência, um desequilíbrio hidráulico do sistema de irrigação como um todo, que resulta na redução de vazão e de pressão nas subunidades de rega que, no momento, encontram-se em funcionamento e, assim, a redução tanto do valor de CUDV (E_a) quanto do volume de água e nutrientes aplicados por planta. Vale salientar que tanto os filtros de areia quanto os de disco/tela também necessitam de limpeza complementar, visando retirar as sujeiras que ficam impregnadas nestes, mesmo quando se adota a limpeza automática. Ou seja, deve-se abrir a tampa do filtro de areia para extrair as sujeiras impregnadas, bem como fazer o revolvimento da areia, no sentido de quebrar as galerias que se formam

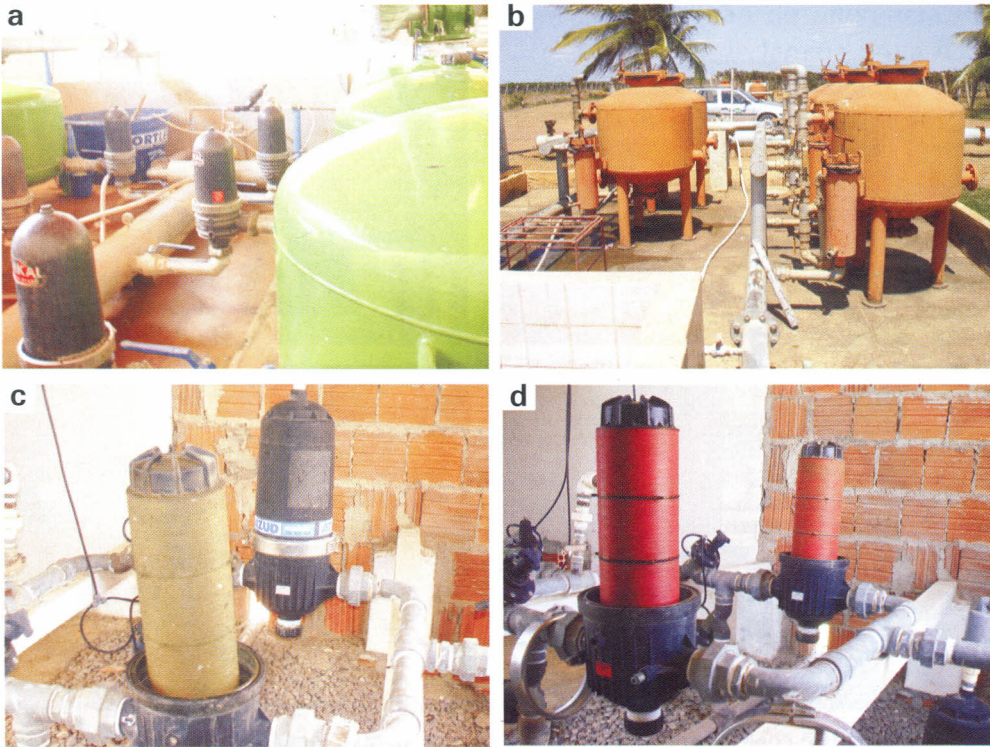


Figura 21. Cabeçal de controle com: a) filtro de areia e disco; b) filtro de areia e tela; c) filtro de disco sujo; d) filtro de disco limpo.

no seu perfil. O filtro de disco/tela também deve ser retirado da sua carcaça para uma limpeza manual, utilizando jato de água para eliminar as sujeiras impregnadas no seu corpo.

- f) Instalação de sistema de injeção de fertilizantes – dependendo do tipo de injetor de fertilizante instalado no cabeçal de controle, pode-se provocar um consumo adicional de pressão, durante o período de tempo em que este equipamento permanecer em funcionamento e, conseqüentemente, resultar em um desequilíbrio hidráulico do sistema de irrigação como um todo e, também, afetar negativamente tanto o valor de CUDV (E_a) quanto o volume de água e nutrientes aplicados por planta. O ideal seria a instalação de injetores tipo Ventury acoplados à bomba booster (Figura 22a) ou mesmo à adutora do sistema de irrigação (Figura 22b), ou, ainda, a outro tipo de injetor, também acoplado a motor elétrico (Figura 22c). Injetor hidráulico (Figura 22d), também, pode ser utilizado, uma vez que o seu consumo de pressão não é tão elevado como acontece quando se utiliza o Ventury sem bomba booster.
- g) Acúmulo de sujeiras nos finais das tubulações e das linhas laterais – devido à direção do fluxo da água, todo e qualquer tipo de resíduo que não for

Fotos: José Monteiro Soares



Figura 22. Cabeçal de controle com injetor de fertilizantes: a) tipo Ventury acoplado a bomba booster; b) tipo Ventury recebendo pressão da adutora; c) tipo bomba centrífuga acoplada a motor elétrico; d) tipo hidráulico consumindo pressão do cabeçal.

retido no sistema de filtragem ou que se desenvolver no interior destas tubulações/linhas laterais, tende a acumular-se nos segmentos finais das mesmas. Se essas sujeiras não forem eliminadas periodicamente, elas tenderão a obstruir principalmente os emissores, a partir do final das linhas laterais, e, assim, provocar redução de vazão destes emissores e, conseqüentemente, afetar o valor de CUDV (E_a). As Figuras 23a e 23b mostram detalhes deste problema.

Pode-se verificar, na Tabela 10, que a Eficiência de Aplicação (E_a) é um fator de extrema importância no manejo da água de irrigação, pois entra na fórmula

Fotos: José Monteiro Soares

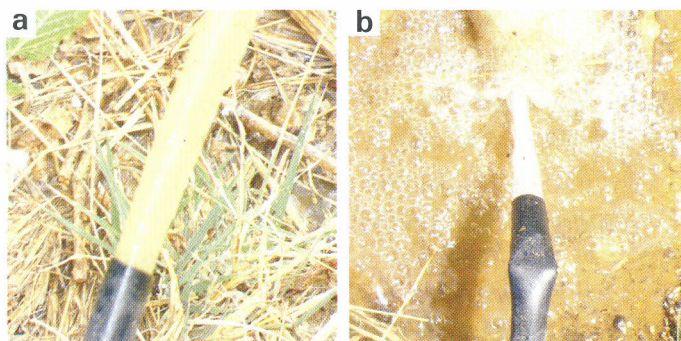


Figura 23. Limpeza dos finais das linhas laterais: a) água com sujeiras; b) água limpa.

Tabela 10. Relação entre os valores de evapotranspiração de referência (ET_o), coeficiente de cultura (K_c), eficiência de aplicação (E_a) e de lâmina bruta (L_b).

ET _o (mm)	K _c	E _a = 0,50		E _a = 0,60		E _a = 0,70		E _a = 0,80		E _a = 0,90	
		L _b	Dif	L _b	Dif	L _b	Dif	L _b	Dif	L _b	Dif
3	0,50	3,00	-	2,50	-	2,14	-	1,88	-	1,67	-
3	0,60	3,60	0,60	3,00	0,50	2,57	0,43	2,25	0,37	2,00	0,33
4	0,50	4,00	-	3,33	-	2,86	-	2,50	-	2,22	-
4	0,60	4,80	0,80	4,00	0,67	3,43	0,57	3,00	0,50	2,67	0,45
5	0,50	5,00	-	4,17	-	3,57	-	3,12	-	2,78	-
5	0,60	6,00	1,00	5,00	0,83	4,29	0,72	3,75	0,63	3,33	0,55
6	0,50	6,00	-	5,00	-	4,29	-	3,75	-	3,33	-
6	0,60	7,20	1,20	6,00	1,00	5,14	0,85	4,50	0,75	4,00	0,67
7	0,50	7,00	-	5,83	-	5,00	-	4,38	-	3,89	-
7	0,60	8,40	1,40	7,00	1,17	6,00	1,00	5,25	0,87	4,67	0,78
8	0,50	8,00	-	6,67	-	5,71	-	5,00	-	4,44	-
8	0,60	9,60	1,60	8,00	1,33	6,86	1,15	6,00	1,00	5,33	0,89

Obs.: valores de L_b em mm e de eficiência de aplicação em decimal.

Fonte: Soares et al. (1998).

do cálculo da NIB como divisor. Ou seja, quando o valor da Evapotranspiração de Referência (ET_o) é da ordem de 4 mm e o valor do K_c passa de 0,50 para 0,60 (diferença de 0,10), proporciona uma diferença de 0,67 mm no valor da Lâmina bruta (L_b), para uma eficiência de aplicação de 70%, mas se reduz para 0,45 mm quando E_a é de 90%. Este incremento no valor da L_b duplica quando ET_o também duplica (Tabela 1 do Anexo I). Quando se converte um incremento de 0,67 mm.dia⁻¹ no valor de NIB, tem-se um volume da ordem de 469 m³.ha⁻¹ por ciclo produtivo da videira.

$$V_b = NIB.Fcs.Ap \quad (8)$$

em que V_b é o volume total ou volume bruto de água aplicado por planta (L); Fcs é o fator de cobertura do solo (%) e Ap é a área de domínio da planta (m²).

Obs.: quando a porcentagem de cobertura do solo pela planta for maior ou igual a 75%, adota-se Fcs = 1. No entanto, experiências de campo na região semiárida têm mostrado que pode adotar-se o valor de Fcs = 1, quando a cobertura do solo for maior que 60%.

No entanto, para se converter o volume de água aplicado por planta no volume de água a ser aplicado por unidade de rega, pode-se proceder como segue:

$$V_{bur} = 1.000.V_b N_p \quad (9)$$

em que V_{bur} é o volume total de água a ser aplicado por unidade de rega (m³) e N_p é o número de plantas por unidade de rega.

Atenção: é muito importante fazer a comparação a seguir: se o valor de NIB for maior que o valor da lâmina de água que o solo pode armazenar na profundidade efetiva da raiz (Lif), deve-se adotar o princípio da intermitência de irrigação, quando se trata de irrigação por gotejamento, ou ajustar a frequência de irrigação, quando se trata de irrigação por microaspersão ou por outros sistemas. O valor da lâmina infiltrada pode ser facilmente obtido dividindo-se o volume de água aplicado por planta (Vb) pela área molhada por planta. O cálculo do tempo de irrigação para sistemas de irrigação por aspersão convencional e aspersão sobcopia é determinado com base em NIB, como segue:

$$Ti = \frac{NIB}{Ia} \quad (10)$$

em que Ti é o tempo de irrigação (h); NIB é a necessidade de irrigação bruta (mm); e Ia é a intensidade de irrigação (mm.h^{-1}).

O cálculo do tempo de irrigação para os sistemas de irrigação por gotejamento e por microaspersão é determinado com base no volume bruto de água a ser aplicado (Vb), como segue:

$$Ti = \frac{Vb}{e.q} \quad (11)$$

em que Ti é o tempo de irrigação (h); Vb é o volume bruto (L); e é o número de emissores por planta e q é a vazão média do emissor (L.h^{-1}).

Obs.: este mesmo procedimento de cálculo do tempo de irrigação deve ser adotado para o sistema de irrigação por microaspersão, quando este irriga de forma localizada.

Atenção: no caso de se adotar a intermitência de irrigação, principalmente sob gotejamento, o tempo real de irrigação (t_{ir}) e o tempo de repouso entre duas irrigações consecutivas (t_r) são determinados por meio das seguintes equações, propostas por Soares (2003), como segue:

$$t_{ir} = \frac{NIB.Fcs.Ap}{n.e.q} = \frac{Vb}{n.e.q} \quad (12)$$

$$t_r = (m-1) \frac{NIB.Fcs.Ap}{n.e.q} = (m-1) \frac{Vb}{n.e.q} \quad (13)$$

em que m é o número de unidades de rega do sistema por subárea; n é o número de intermitências.

Recomenda-se, ainda, posicionar as linhas com gotejadores em relação à planta, de modo que o emissor coincida com a muda, exceto para linhas em que o espaçamento entre emissores é da ordem de 0,50 cm a 0,60 cm.

Quando se utiliza o sistema de irrigação por microaspersão, recomenda-se adotar a alternativa mostrada na Figura 12 ou retirar a bailarina do microaspersor, ou, ainda, inverter a posição do defletor, caso o emissor utilizado apresente a possibilidade de inversão desta peça. Esse recurso proporciona uma redução substancial do alcance do microaspersor, permitindo que toda a água aspergida possa ser concentrada num pequeno círculo. Dessa maneira, é possível concentrar toda a água aplicada na cova, onde a muda de videira foi transplantada. O microaspersor deve continuar nessa posição até o sexto mês após o transplântio das mudas, ou até quando a evolução do crescimento do sistema radicular indicar a necessidade do aumento de área umedecida. Nessa fase, a utilização de culturas em consórcio fica impossibilitada. Caso se utilize emissores que não permitem a inversão ou a troca do defletor (microaspersores de longo alcance), em que a área molhada tem a forma de taça ou de faixa, recomenda-se irrigar de 70% a 80% do tempo máximo de rega por dia, para as condições em que o sistema foi dimensionado. Nessa fase de cultivo, podem ser utilizadas culturas em consórcio para auxiliar no controle de ervas daninhas e para proteção do solo.

Toda a atenção deve ser dada para a primeira semana de rega, a partir do transplântio, especialmente quando a muda vem em substrato argiloso e endurecido. Nesse caso, recomenda-se verificar, no final da primeira irrigação, se a água penetrou no torrão da muda.

9.4.1.3 Enxertia ‘de campo’

Recomenda-se suspender ou reduzir substancialmente as irrigações no período de 30 a 45 dias que antecede a enxertia. O estresse hídrico imposto, que, na maioria das vezes, condiciona a queda das folhas mais velhas, proporciona um melhor estado de maturação dos ramos a serem enxertados. A hidratação excessiva da planta tende a dificultar a cicatrização ou pega do enxerto, em decorrência do isolamento dos tecidos cortados, causados pela exsudação de água/resina e, conseqüentemente, pelo desenvolvimento de fungos. Além disso, recomenda-se deixar um ramo “ladrão” para consumir o excesso de água absorvido pelo sistema radicular. Durante o período chuvoso, não é recomendável a prática da enxertia de campo.

Após a enxertia, a irrigação deve ser mantida normal, caso tenha sido deixado um ramo ladrão para absorver o excesso de seiva bruta extraída pelo sistema radicular. Caso contrário, recomenda-se minimizar o volume de água aplicado em cada irrigação.

9.4.1.4 Período de produção da videira

A Figura 24 apresenta um desenho esquemático relativo ao detalhamento do coeficiente de cultura para a fase produtiva da videira.

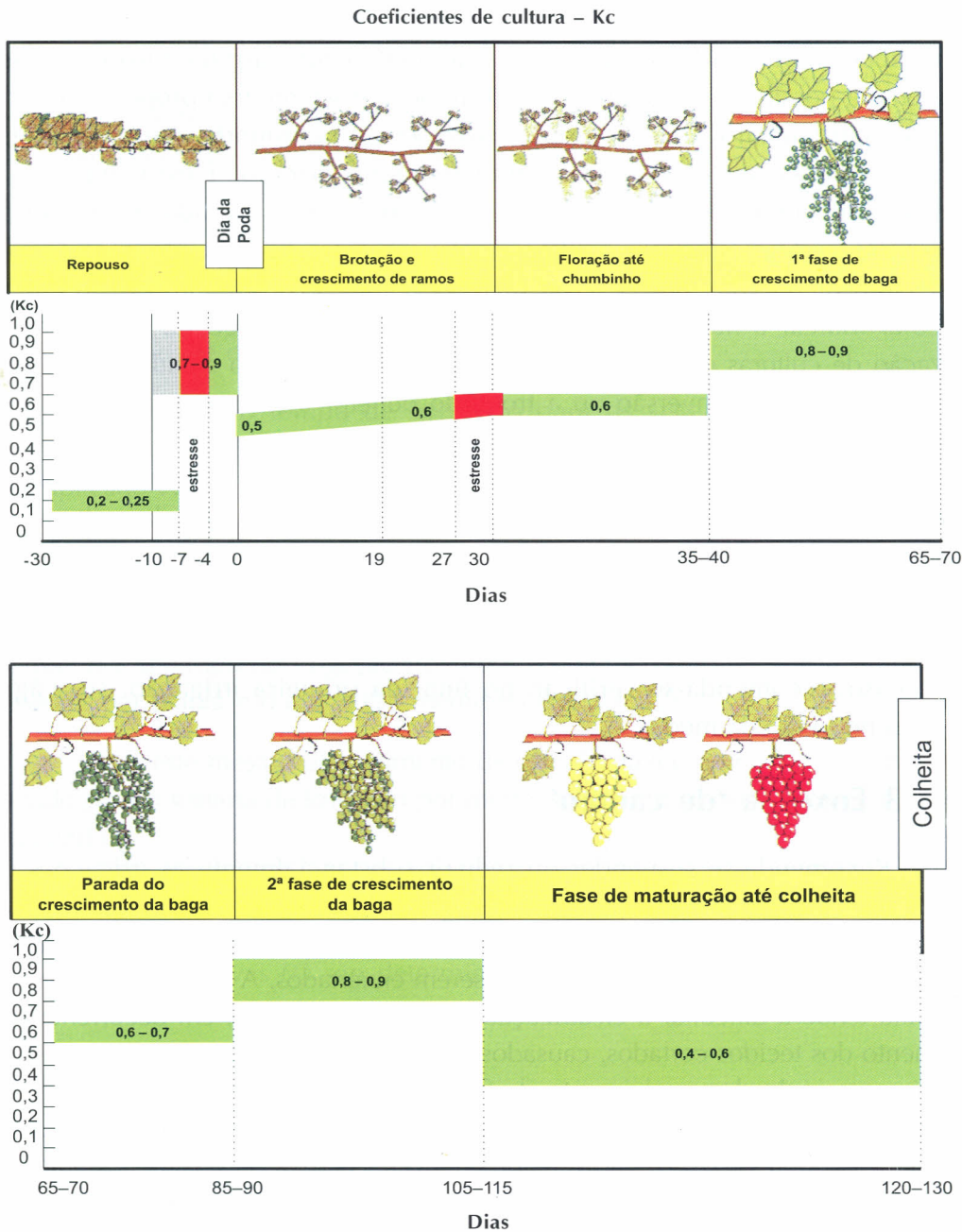


Figura 24. Desenho esquemático relativo ao comportamento dos coeficientes de cultura da videira.

Fonte: Projetar Irrigação Ltda.

Assis et al. (1996), estudando o efeito do manejo de água no período de pré-colheita na videira, cultivar Itália, sobre a qualidade e a conservação pós-colheita do fruto, sob irrigação por gotejamento, em Casa Nova, BA, constataram que o aumento do período com deficiência de água no solo antes da colheita provocou uma redução no diâmetro médio e no conteúdo de água das bagas, porém não verificaram interferência no peso médio dos cachos, teor de sólidos solúveis totais (SST) e acidez total titulável (ATT) das bagas. Constataram, ainda, que os frutos obtidos dos tratamentos com suspensão da irrigação antes da colheita apresentaram menor perda de peso nas condições de armazenamento, tanto na temperatura ambiente quanto em câmara fria, à medida que se aumentava a duração do estresse hídrico no solo. Nesse estudo, a suspensão da irrigação foi feita de forma brusca, interrompendo-se, por completo, o fornecimento de água à planta de um dia para o outro. É provável que se a redução do fornecimento de água à planta for feita de forma gradativa, a planta apresente uma melhor adequação às condições de uma deficiência progressiva de umidade no solo, proporcionando efeitos ainda mais positivos à qualidade e à conservação da uva na pós-colheita.

No entanto, esta condição de manejo deve ser aplicada com bastante cuidado, pois depende da capacidade de retenção de água no solo e da profundidade efetiva da raiz, bem como da produção por planta.

Tem-se observado, também, que o sistema de irrigação por gotejamento pode condicionar, nos meses mais quentes do ano, dificuldade para que a baga alcance o tamanho ideal na cultivar Itália. Já para as cultivares Red Globe e Brasil, a irrigação por gotejamento não tem constituído problema. Para as cultivares que apresentam como característica a rachadura de bagas, principalmente na fase de maturação, sugere-se, mesmo no período chuvoso, que o fornecimento de água à planta seja mantido no nível mínimo, no sentido de manter o grau de turgidez da baga em um nível ideal e, assim, minimizar o efeito das chuvas, mesmo sob condições de cobertura plástica. A cultivar Thompson Seedless apresenta-se, ainda, mais sensível à rachadura da baga, uma vez que este problema pode ocorrer mesmo que não haja ocorrência de chuvas por ocasião da maturação, principalmente no primeiro semestre. A rachadura de bagas é uma característica que pode estar correlacionada com a carga genética da cultivar, que se acentua quando ocorre redução significativa da temperatura do ambiente, diminuindo, assim, a característica de elasticidade da casca da baga, principalmente na fase final de sua maturação. Tem-se observado, mesmo sob cobertura plástica, que a percentagem das bagas rachadas na cultivar Thompson Seedless pode alcançar até 100%, quando ocorrem chuvas superiores a 20 mm, enquanto, na cultivar Sugaone (Superior Seedless), este índice pode oscilar entre 20% e 30%.

9.4.1.5 Período de repouso fenológico da videira

O manejo de água durante o período de repouso da videira é função do intervalo de tempo decorrido entre a colheita e a poda do ciclo seguinte.

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

Soares e Arraes², estudando o manejo de água no período de repouso na cultivar Itália, sob irrigação por gotejamento, em um Vertissolo, em Juazeiro, BA, verificaram que não houve diferença significativa para os regimes de manejo de água. Observaram que a partir de 30 dias após o início do estresse hídrico, as folhas das plantas começaram a secar e a cair, enquanto no tratamento que recebeu 100% da lâmina de água necessária durante todo o período de repouso, as plantas iniciaram a emissão de ramos novos 20 dias após a colheita. Nos tratamentos em que o regime do manejo de água foi intermediário, o início da emissão de ramos novos ocorreu em torno de 40 dias após a colheita. O ponto ideal de poda da planta para o próximo ciclo de cultivo é alcançado quando a planta começa a emissão de ramos novos. Mesmo em se tratando de solos argilosos, como os Vertissolos, sugere-se o uso do coeficiente de cultura recomendado para essa fase fenológica, conforme Tabelas de 4 a 7, devido à necessidade do fornecimento de nutrientes via água de irrigação.

A opção pela manutenção de uma irrigação plena, durante esse período de repouso fenológico, pode condicionar a perda de água e de nutrientes por lixiviação, principalmente quando se trata de solos de textura arenosa. Do ponto de vista fisiológico, a disponibilidade de água durante o repouso estimula a brotação das gemas, pois o metabolismo da planta é acelerado, resultando no consumo das reservas de carboidratos que deveriam ser armazenados para o ciclo seguinte. Por outro lado, quando o estresse hídrico é severo, os estômatos se fecham e as folhas podem cair prematuramente, provocando a redução da atividade fotossintética e, conseqüentemente, a produção e a acumulação de carboidratos.

9.4.2 Manejo de água em cultivares de uvas para vinho

O manejo de água no cultivo da videira destinada à elaboração de vinhos não deve ser realizado no sentido de maximizar a produtividade da uva, mas no sentido de se obter um equilíbrio entre o desenvolvimento vegetativo e o reprodutivo

² SOARES, J. M.; ARRAES, G. T. **Influência da irrigação no período de repouso fenológico e de sua interação com reguladores de crescimento em videira sob irrigação localizada.** Documento não publicado.

da planta, com a obtenção de produtividades rentáveis e que as uvas apresentem qualidades desejáveis à elaboração de vinhos finos.

Várias técnicas podem ser utilizadas para se controlar o desenvolvimento vegetativo da videira, tais como: tipo de porta-enxerto, manejo da planta e de nutrientes, manejo de água, entre outras. Neste contexto, regimes de irrigação têm condicionado alterações substanciais na fisiologia da videira, afetando o seu desenvolvimento vegetativo, a produtividade e a composição dos frutos. Quando este ocorre na fase de crescimento da baga, pode reduzir sensivelmente o seu tamanho e, conseqüentemente, a sua produtividade.

Esteban et al. (1999), estudando o efeito da irrigação na composição da baga da cv. Tempranillo, constataram que a maior disponibilidade de água no solo resultou em maiores teores de sólidos solúveis totais e de acidez total titulável decorrente do aumento de produtividade, em comparação com videiras conduzidas sob condições de menor disponibilidade de água no solo.

Matheus e Anderson (1989) mostraram que embora o estresse hídrico possa aumentar a quantidade de fenóis no suco e na casca da uva e de antocianina na casca, bem como reduzir o ácido málico e aumentar a prolina, não constataram variações destes parâmetros nem durante o estágio em que ocorre a parada de crescimento da baga nem no de maturação da uva. Mas a disponibilidade de água no solo pode ter outros efeitos durante a maturação. Smart e Coombe (1983) observaram que irrigação excessiva atrasa a maturação, aumenta parcialmente o crescimento da baga, eleva o pH do suco e o conteúdo de ácido e reduz as antocianinas, em decorrência do crescimento contínuo e excessivo dos ramos. Por outro lado, o estresse hídrico acelera a maturação, mas condiciona a redução do peso da baga, bem como da produtividade e do teor de ácido málico.

Esta modalidade de manejo de água tende a equilibrar o desenvolvimento vegetativo, de modo a beneficiar a fase reprodutiva. Em estudos realizados por Mathews et al. (1989), os autores constataram que a redução da irrigação antes do início da maturação do fruto causou uma redução do tamanho da baga maior do que quando aplicado durante o estágio de maturação do fruto. Constataram, também, que o vinho elaborado com uvas de plantas irrigadas continuamente mostrou-se diferente daquele em que a irrigação foi feita sob condições de déficit hídrico.

9.4.2.1 Manejo de água com déficit hídrico regulado (regulated deficit irrigation – RDI)

Distinções evidentes foram constatadas entre vinhos provenientes de tratamentos em que a videira foi submetida a duas modalidades de déficit hídrico,

sendo um precoce e outro tardio, em termos de aparência, sabor, aroma, etc. O vinho proveniente dos tratamentos com RDI - tardios apresentou maior intensidade e aroma, quando comparado com aquele proveniente do tratamento submetido à irrigação convencional. As concentrações de antocianinas e de polifenóis foram mais elevadas em vinhos provenientes de plantas estressadas, embora o pH e os níveis de sólidos solúveis totais e de etanóis tenham sido similares aos da testemunha.

McCarthy et al. (2004), realizando estudos com a videira no sul da Austrália, constataram que o estresse hídrico afetou sensivelmente a divisão celular do fruto e a acumulação de compostos aromáticos que ocorrem no final da maturação e causou redução no tamanho da baga, que resultou em uma maturação precoce e em uma menor acumulação de sólidos solúveis, mas com maior concentração de antocianinas. Diante disto, esses autores recomendaram que o estresse hídrico para equilibrar o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo deveria estar limitado até o período de pegamento do fruto (Figura 25), mas que seria importante para cultivares tintas, como, por exemplo, a Shiraz. Isto significa que comparações entre taxas de crescimento dos ramos e dos frutos podem ser úteis para o acompanhamento do estresse hídrico.

No entanto, vale salientar que o estresse hídrico demasiadamente prolongado poderá causar o murchamento da baga, sem que a mesma tenha alcançado o ponto ideal de colheita, quando esta técnica de manejo de água é aplicada na fase de maturação da baga, ao menos que a videira seja cultivada em solos com média a alta capacidade de retenção de água e que o sistema radicular alcance profundidades superiores a 0,80 m.

9.4.2.2 Manejo de água com estresse hídrico parcial do sistema radicular (parcial rootzone drying – PRD)

A Figura 26 mostra um desenho esquemático da modalidade de manejo de água em que o sistema radicular da videira é submetido a um estresse hídrico parcial. Na modalidade em que o manejo da água de irrigação é considerado normal, a frequência de irrigação é mantida constante ao longo do ciclo fenológico da videira, de modo que o sistema radicular não é submetido a níveis de estresse hídrico diferenciados. Em contrapartida, na modalidade em que o manejo de água condiciona estresse hídrico parcial do sistema radicular, adota-se o princípio da alternância de umedecimento de metade do volume de solo explorado pelo sistema radicular, sendo de 15 dias o intervalo de alternância que pode condicionar mudanças significativas na fisiologia da planta (McCarthy et. al., 2004).

Na Austrália, muitos vitivinicultores têm adotado esta técnica de manejo de água imediatamente após o término da floração, para controlar o crescimento vegetativo e, conseqüentemente, o tamanho da baga, na cultivar Shiraz (McCarthy et. al., 2004). Segundo estes mesmos autores, esta prática tem resultado em uma melhoria

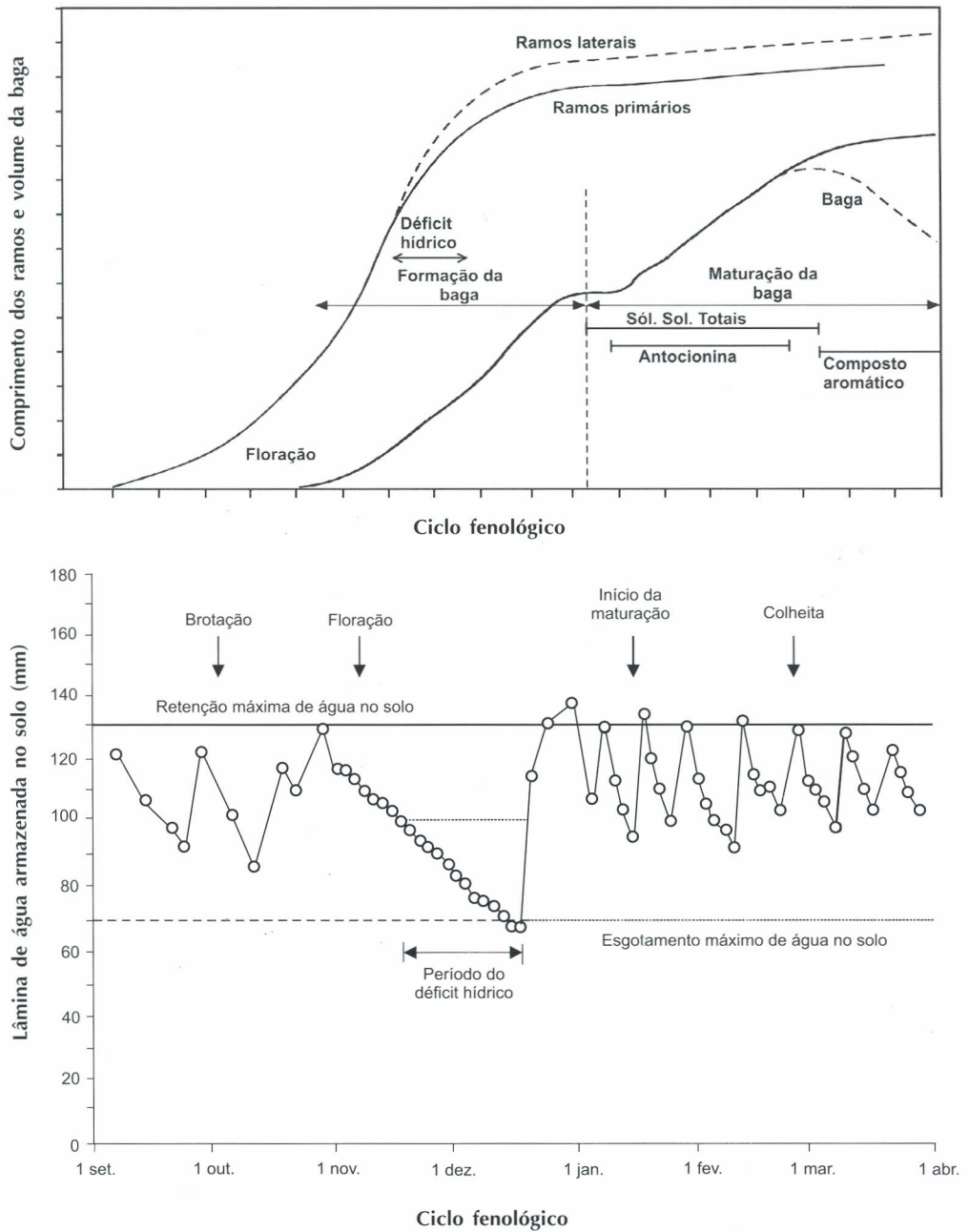


Figura 25. Fenologia da videira, composição química e aplicação de estresse hídrico.

Fonte: McCarthy et al. (2004).

significativa na qualidade dos vinhos tintos e, portanto, vem sendo usada em países onde o período de maturação ocorre sob condições de clima quente e seco.

De acordo com Loveys et al. (1998), a redução do conteúdo de água disponível no solo aumenta a produção de ácido abscísico nas raízes, o qual, ao

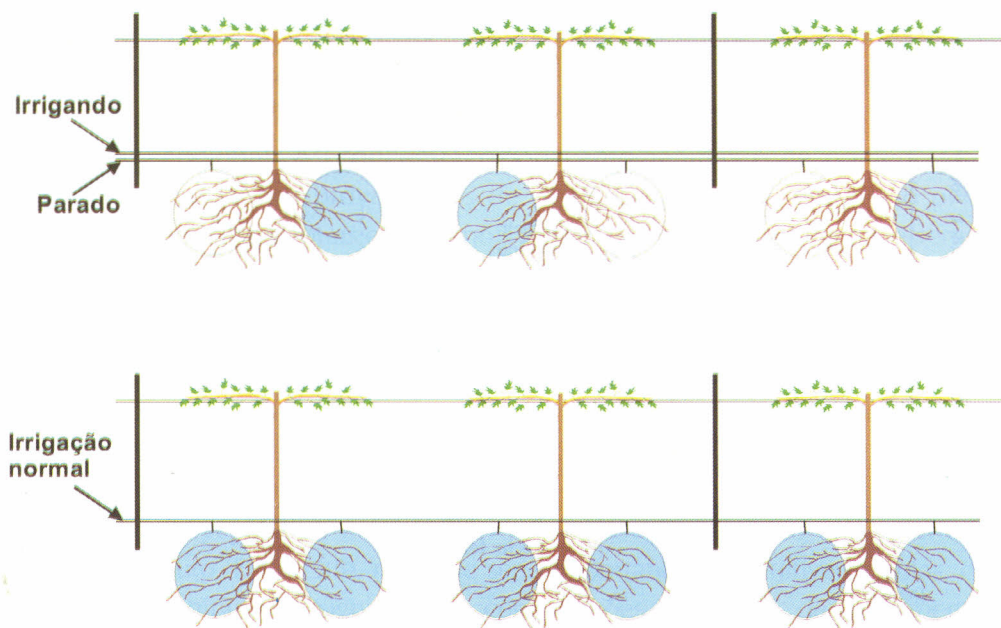


Figura 26. Desenho esquemático do manejo de água normal ou convencional e com estresse hídrico parcial do sistema radicular da videira.

Fonte: McCarthy et al. (2004).

ser transportado para a folha, provoca o fechamento dos estômatos e, conseqüentemente, a redução da transpiração, mas sem comprometer a produtividade da planta.

McCarthy et al. (2004) constataram que o uso desta técnica não afetou a produtividade da videira, mas resultou na duplicação da eficiência de uso da água aplicada.

Contudo, geralmente têm sido constatados decréscimos significantes no tamanho da baga em resposta a uma redução substancial da lâmina de água aplicada (SMART; COOMBE, 1983), principalmente quando esta é imposta entre as fases de floração e de maturação da baga (McCARTHY, 1997, citado por MCCARTHY et al., 2004).

Como o espaçamento entre plantas ao longo da fileira mais adequado para videira de vinho oscila em torno de 1,00 m, esta alternativa de manejo de água poderá não ter efeito significativo no nível previsto de estresse hídrico da planta, mesmo em solos de textura arenosa, pois isso implica que o bulbo molhado formado em uma das partes do sistema radicular poderá suprir parcialmente de umidade a outra metade do sistema radicular, que deveria ser submetida a condições de estresse hídrico, em decorrência do processo de redistribuição da água no solo. Esta alternativa de manejo de água, também, terá seu efeito mascarado em locais onde o sistema

radicular da videira alcança a profundidade superior a 0,80 m, como ocorre nos solos da classe Latossolo Vermelho-Amarelo, mesmo que o lençol freático encontre-se a 2,00 m de profundidade. Além destas limitações, pode-se destacar, ainda, a duplicação do número de linhas laterais, o que aumentaria em, pelo menos, 20% os custos com a aquisição do sistema de irrigação. De acordo com McCarthy et al. (2004), mesmo que esta técnica permita a duplicação da eficiência de uso de água, isto não tem sido economicamente suficiente para justificar o seu elevado custo de instalação.

9.4.3 Manejo de água sob irrigação por aspersão

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

9.4.3.1 Manejo da água aplicada ao solo

a) Período de pré-plantio das mudas

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

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

$$Lba = \frac{(\theta_{cc} - \theta_r).Dg.Pr}{100.Ea} \quad (14)$$

em que Lba é a lâmina bruta de assento (mm); θ_{cc} é a capacidade de campo (%); θ_r é o ponto de murcha permanente (%); Dg é a densidade global ($g.cm^{-1}$); Pr é a profundidade efetiva da raiz da planta adulta (mm) e Ea é a eficiência de aplicação do sistema de irrigação (decimal).

No entanto, o procedimento para o cálculo da lâmina de irrigação deve ser feito com base na equação 15:

$$Lb = \frac{ETc - Pe}{Ea} \quad (15)$$

em que Lb é a lâmina bruta de irrigação (mm); ETc é a evapotranspiração da cultura; Pe é a precipitação efetiva (mm); Ea é a eficiência de aplicação obtida por meio de teste de campo (decimal).

A frequência das irrigações deve ser determinada fazendo-se a diferença entre a demanda evapotranspirométrica diária da planta e a lâmina líquida aplicada.

Com base nesse parâmetro e na intensidade de aplicação (I_a), determina-se o tempo de irrigação por posição (T_i), conforme equação 16:

$$T_i = \frac{Lb}{I_a} \quad (16)$$

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

Dentre os fatores que influem de maneira significativa no manejo de água, destacam-se a capacidade de retenção de água do solo, o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen, que corresponde à eficiência de aplicação, e a pressão de serviço do aspersor. Quando o sistema de irrigação é operado com pressão de serviço muito baixa ou muito acima do valor calculado no projeto, tanto a pulverização do jato de água no ar, como o coeficiente de uniformidade de Christiansen e a eficiência de aplicação tornam-se bastante comprometidos.

b) Período de plantio e de desenvolvimento inicial das mudas

Recomenda-se proceder como descrito no item 9.4.1.2.

c) Período de produção da videira

Recomenda-se proceder como descrito no item 9.4.1.4.

d) Período de repouso fenológico da videira

Recomenda-se proceder como descrito no item 9.4.1.5.

9.4.4 Manejo de água sob irrigação por sulcos

9.4.4.1 Manejo da água aplicada ao solo

a) Período de pré-plantio das mudas

Recomenda-se proceder como descrito no item 9.4.1.1.

b) Período de plantio e de desenvolvimento inicial das mudas

Recomenda-se proceder como descrito no item 9.4.1.2.

c) Período de produção da videira

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

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

Quando se trata de sulcos com declive, deve-se dar um tempo de oportunidade no final do sulco, para se aplicar a lâmina de irrigação desejada. Sugere-se o uso de sulcos parcialmente fechados no final, visando à redução das perdas de água por escoamento superficial no final dos sulcos.

O sistema de irrigação por sulcos presta-se para consorciar a videira com culturas anuais, proporcionando maior eficiência de uso do solo.

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

d) Período de repouso fenológica da videira

Recomenda-se proceder como descrito no item 9.4.1.5.

9.5 Comportamento do sistema radicular da videira

Segundo Richards (1983), as raízes das plantas dependem inteiramente das folhas para o seu suprimento de carboidratos e estas dependem das raízes para o suprimento de água e de nutrientes minerais. O autor menciona, ainda, que a inter-relação entre raízes, folhas e condições ambientais pode interferir de forma marcante na produtividade e na qualidade das bagas.

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

O sistema radicular da videira expande-se no solo pela combinação do crescimento em extensão e em ramificações, sendo que o crescimento das raízes com diâmetros menores que 2 mm é tão rápido quanto o das raízes com diâmetros mais elevados. Assim, a proliferação lateral de raízes resulta numa elevada concentração de raízes curtas e finas, que têm a finalidade de explorar as reservas

de água e nutrientes existentes no solo (RICHARDS, 1983). No entanto, Reynolds (1975, citado por RICHARDS, 1983), menciona que as raízes finas morrem dentro de poucas semanas após a sua emergência, mas são continuamente substituídas pela emissão de novas raízes, desde que as condições do solo lhes sejam favoráveis.

O conhecimento da distribuição do sistema radicular da videira nos diversos tipos de solos é de fundamental importância para a escolha correta da modalidade de irrigação e para o manejo adequado de água e da nutrição das plantas.

Muitas propriedades físicas do solo exercem influências isoladas na forma do sistema radicular. A interação é complexa e muda rapidamente de um local para outro. A umidade do solo é, provavelmente, o fator mais importante, pois afeta, de forma direta, a aeração e a resistência mecânica e, indiretamente, a temperatura do solo e o suprimento de nutrientes. A manipulação ambiental do solo, por meio do manejo de práticas visando o melhor equilíbrio entre o conteúdo de água e a aeração do solo, tais como: métodos de irrigação, lâmina e frequência de irrigação, parcelamento de nutrientes, estímulo à flora e à fauna e floculação da argila do subsolo, pode influenciar no desenvolvimento do sistema radicular das plantas (RICHARDS, 1983).

Além destes, outros fatores, também, devem ser levados em consideração, quais sejam: a eliminação de barreiras químicas em profundidade e a manipulação do lençol freático. Em solos argilosos, principalmente nos Vertissolos, o uso de camalhões pode aumentar o volume de solo a ser explorado pelo sistema radicular da videira sob irrigação por sulcos e localizada, em decorrência da inexistência de macroporos a partir de 60 cm de profundidade. Tem-se observado, mesmo em solos de textura arenosa ou argilo-arenosa, que quando o perfil do solo permanece encharcado por um período superior a 30 dias, ocasionado pela ocorrência de chuvas excessivas e contínuas, o desenvolvimento vegetativo da videira fica paralisado ao longo de todo o ciclo de cultivo. Isto é resultante da morte excessiva tanto das radículas quanto das raízes com diâmetro inferior a 2 mm de espessura, provocada pela deficiência de oxigenação do perfil do solo por um período de tempo relativamente longo, proporcionando um aspecto de travamento da planta. Esse tipo de problema tem sido verificado, principalmente, em áreas relativamente planas, porém dotadas de drenagem subterrânea, quando o dreno coletor não proporciona o deságue imediato após chuvas intensas.

A distribuição do sistema radicular da videira é extremamente influenciada pelo sistema de irrigação adotado. Ou seja, sob irrigação por gotejamento, ela pode apresentar uma elevada densidade radicular por unidade de volume de solo molhado (Figura 27a), enquanto nos solos de textura arenosa média a grossa, pode mostrar alta sensibilidade ao estresse hídrico provocado tanto pela baixa retenção de água dessa classe de solo, quanto pela formação de bulbos molhados mais estreitos



Fotos: José Monteiro Soares

Figura 27. Distribuição do sistema radicular da videira sob irrigação: a) por gotejamento; b) por microaspersão, Petrolina, PE.

e mais profundos. Sob irrigação por microaspersão, a densidade radicular por unidade de volume de solo tende a tornar-se bastante pequena, uma vez que este sistema de irrigação tende a umedecer de 80% a 100% da área de domínio da

planta, principalmente quando se utilizam emissores do tipo bailarina (Figura 27b). Porém, tem-se constatado, em parreirais do Submédio do Vale do São Francisco, que os solos com tendência à compactação da sua camada superficial tendem a restringir o sistema radicular da videira numa faixa situada nas proximidades das plantas. Neste caso, os microaspersores tipo difusor poderão apresentar-se como o modelo mais adequado (Figura 11).

A altura média anual do lençol freático em relação à superfície do solo no Submédio do Vale do São Francisco tem oscilado em torno de 1,0 m, o que tem concorrido para a deformação do bulbo molhado nos sistemas de irrigação localizada, principalmente sob gotejamento. Essa deformação, também, afeta a distribuição do sistema radicular das plantas, tornando-o mais disperso e menos profundo e, conseqüentemente, menos eficiente na absorção de nutrientes, o que pode afetar, de maneira significativa, a produtividade da videira.

Segundo Richards (1983), o melhor mecanismo para a aeração das raízes das plantas é a difusão gasosa por meio dos poros do solo. Os graus de compactação e de umidade do solo exercem influência direta no espaço poroso ocupado com ar. Morita (1955, citado por RICHARDS, 1983), menciona que poucas raízes de plantas arbóreas cresceram quando o espaço poroso do solo ocupado com ar foi inferior a 5%, mas apresentaram máximo vigor quando esse índice foi superior a 10%. Para outros autores, o tamanho e a continuidade dos poros e o tamanho irregular das partículas de solo exercem influência na acessibilidade do espaço vazio para a difusão do ar, o que concorre para reduzir a taxa de oxigênio no solo. Iwasaki (1972, citado por RICHARDS, 1983), menciona que a redução da circulação de ar no solo, de 20% para 0%, proporcionou um decréscimo constante no crescimento da raiz, e que o nível de oxigênio inferior a 2% condicionou a morte das raízes da videira.

A frequência e a profundidade de preparo do solo afetam a distribuição do sistema radicular da videira. Van Huyssteen e Weber (1980, citados por RICHARDS, 1983), mencionaram que cultivos regulares e rasos, comumente praticados em parreirais, como meio de controle de ervas daninhas, resultam numa zona livre de raízes, próxima da superfície do solo. Quando as raízes são cortadas, novas raízes regeneram-se ativamente e seu número e comprimento aumentam com o diâmetro da raiz danificada (BARNARD, 1932; ONIANI, 1973, citados por RICHARDS, 1983). No entanto, isto depende da frequência com que o corte de raízes é feito, da espessura das raízes cortadas, do período que antecede a próxima poda de produção, bem como do sistema de irrigação utilizado. Tem-se constatado, no Submédio do Vale do São Francisco, principalmente sob irrigação por gotejamento, o corte excessivo de raízes ocasionado pela abertura de covas ou de pequenas valas para a incorporação de adubos orgânicos ou mesmo químicos não solúveis em água (Figura 28).

Fotos: José Monteiro Soares



Figura 28. Abertura de segmentos de sulcos no centro do camalhão em parreirais sob irrigação por microaspersão, para incorporação de adubos orgânicos e minerais.

9.5.1 Escolha da modalidade de irrigação

A concepção de sistemas de irrigação é feita, primordialmente, em função das infiltrações vertical e horizontal da água dos diversos tipos de solos, bem como da tendência ao processo de compactação, quando manejados com teor de umidade inadequado.

Assim, para a exploração de solos argilosos e argilo-arenosos, que apresentam um avanço horizontal maior que 80 cm, devem ser concebidos sistemas de irrigação que proporcionem fluxos radiais de água no solo, a partir de um ponto de emissão de água (irrigação por gotejamento) ou de uma faixa úmida de solo (irrigação por sulcos), enquanto para a exploração dos solos arenosos, que apresentam infiltração vertical superior a 15 mm.h^{-1} , devem ser concebidos sistemas de irrigação em que a dispersão da água é feita através do ar, tais como a aspersão ou a microaspersão. No entanto, para solos com tendência à compactação, quando manejados úmidos, deve ser evitada a escolha desses sistemas de irrigação, principalmente da microaspersão, por ser a videira considerada uma cultura que exige um elevado índice de tráfego de máquinas e implementos agrícolas para a execução das práticas culturais. Os elevados níveis de umidade no solo, proporcionados pela alta frequência de irrigação por microaspersão e pela elevada intensidade de mecanização, têm

condicionado um processo de degradação muito rápida do solo, em algumas propriedades do Submédio do Vale do São Francisco.

Maiores detalhes sobre a escolha da modalidade de irrigação podem ser obtidos no item 9.3 deste capítulo.

Soares et al. (1994), avaliando a distribuição do sistema radicular da videira, cultivar Itália, num solo Podzólico Bruno Amarelo a Amarelo-Avermelhado Distrófico, sob irrigação por gotejamento, constataram que 54,10% e 87,40% das raízes estavam concentradas nos espaços compreendidos entre 0 cm e 35 cm e entre 0 cm e 105 cm, respectivamente, em relação ao centro da fileira de plantas, quando se considerou a camada de 0 cm a 40 cm de profundidade. Constataram, também, nas camadas de 40 cm a 80 cm e de 80 cm a 120 cm, que 82,46% e 65,37% das raízes, respectivamente, estavam contidas no espaço de 0 cm a 105 cm em relação ao centro da fileira de plantas. Constataram, ainda, que a distribuição vertical de raízes diminuiu gradativamente com a profundidade das camadas do solo, quando se considerou os espaçamentos entre fileiras de plantas ou o espaçamento entre plantas ao longo da fileira. Relacionando-se o perfil longitudinal do bulbo molhado com a distribuição vertical de raízes, verificou-se que a localização dos fertilizantes no solo, em pequenas profundidades, poderia estar afetando a nutrição da planta, vez que os fertilizantes ficam quase que totalmente expostos na superfície do solo, onde a concentração de raízes é mínima.

Soares e Bassoi (1995), analisando a distribuição horizontal do sistema radicular da videira cultivar Itália sob irrigação por gotejamento, em Vertissolo, constataram que as concentrações de raízes foram da ordem de 61,71%, 23,03% e 8,47%, correspondentes aos perfis situados a 30 cm, 60 cm e 90 cm, em relação ao centro da fileira de plantas, respectivamente. Quando consideraram o sistema de irrigação por microaspersão, verificaram que essas concentrações foram de 36,39%, 33,76% e 16,38%. Notaram, portanto, que a microaspersão condicionou uma dispersão mais uniforme do sistema radicular da videira, quando comparado com o sistema de irrigação por gotejamento, apesar de se tratar de um solo argiloso, com elevada infiltração lateral. Quando analisaram a distribuição vertical de raízes, constataram que 90% delas estavam concentradas na profundidade de 0 cm a 30 cm, em ambos os sistemas de irrigação, apesar de se tratar de um solo profundo.

Bassoi e Assis (1996), estudando o sistema radicular da videira cultivar Itália, sob irrigação localizada, em Latossolo Vermelho-Amarelo, constataram que a irrigação por microaspersão apresentou uma distribuição mais uniforme ao longo do perfil do solo, do que sob irrigação por gotejamento, em que observaram uma redução mais acentuada da umidade, a partir de 40 cm de profundidade.

Soares et al. (2006), analisando a distribuição vertical de raízes, constataram que seus valores médios foram 37,70%; 19,40%; 14,37%; 14,26% e 14,21%, correspondentes às camadas de 0 cm–20 cm; 20 cm–40 cm; 40 cm–60 cm; 60 cm–80 cm; e 80 cm–100 cm, respectivamente, sendo que 71,54% estavam contidas na camada 0 cm–60 cm (Figura 29). Quando se faz uma avaliação do sistema radicular, levando-se em consideração a distância entre fileiras, pode-se verificar que as maiores concentrações foram obtidas nos perfis localizados a 25 cm e a 5 cm de distância, mas tendem a decrescer bruscamente até o perfil de 150 cm (Figura 30a). Quando se considera a distância entre plantas ao longo da fileira, pode-se observar que as maiores concentrações, também, foram obtidas nos perfis localizados a 0 cm–20 cm, 20 cm–40 cm e 40 cm–60 cm em relação à planta, mas com tendência decrescente. No entanto, a concentração de raízes na camada 0 cm a 20 cm apresentou pouca variabilidade entre plantas ao longo da fileira, com valores oscilando entre 5,8% e 7,8% do peso seco, exceto no perfil localizado na distância de 0 cm a 20 cm em relação à planta (Figura 30b).

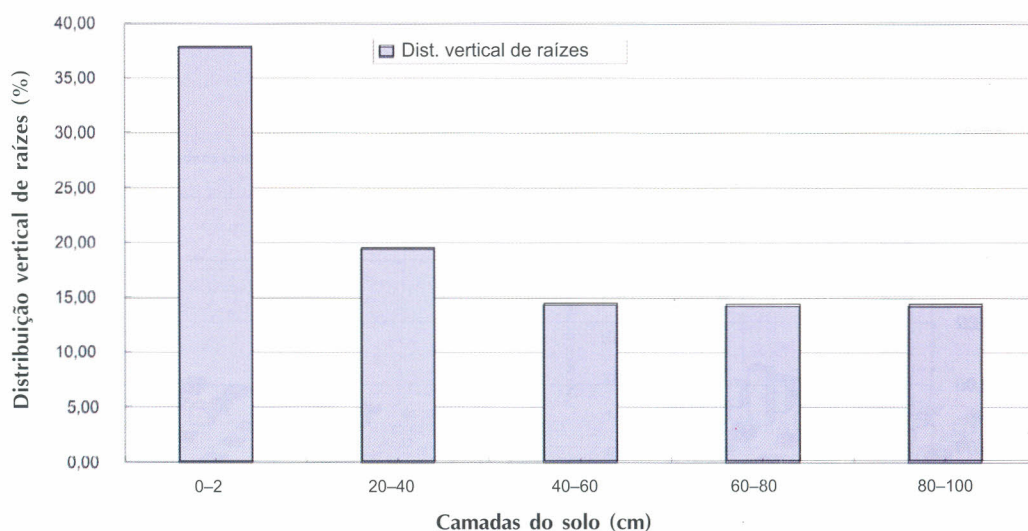
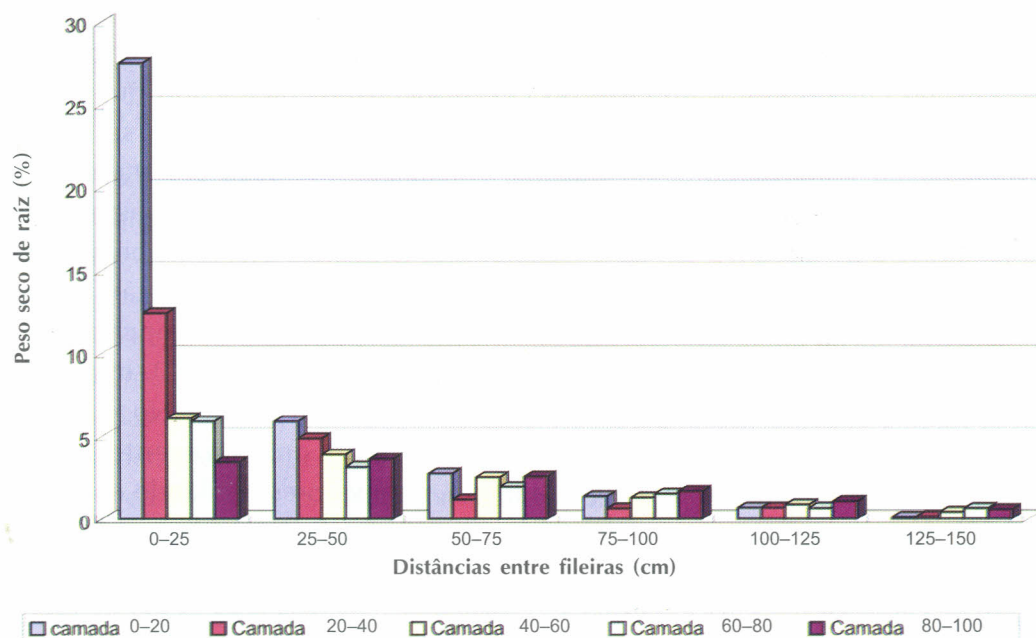


Figura 29. Distribuição vertical do sistema radicular da videira Sugaone (ou Superior Seedless ou Festival) sob irrigação por gotejamento, Petrolina, PE.

Quanto à distribuição horizontal, verificou-se que 87% das raízes estavam concentradas nos perfis 0 cm–25 cm e 25 cm–50 cm e na camada de 0 cm–40 cm, o que é uma característica decorrente da forma do bulbo molhado, sob irrigação por gotejamento (Figuras 31 e 32).

a



b

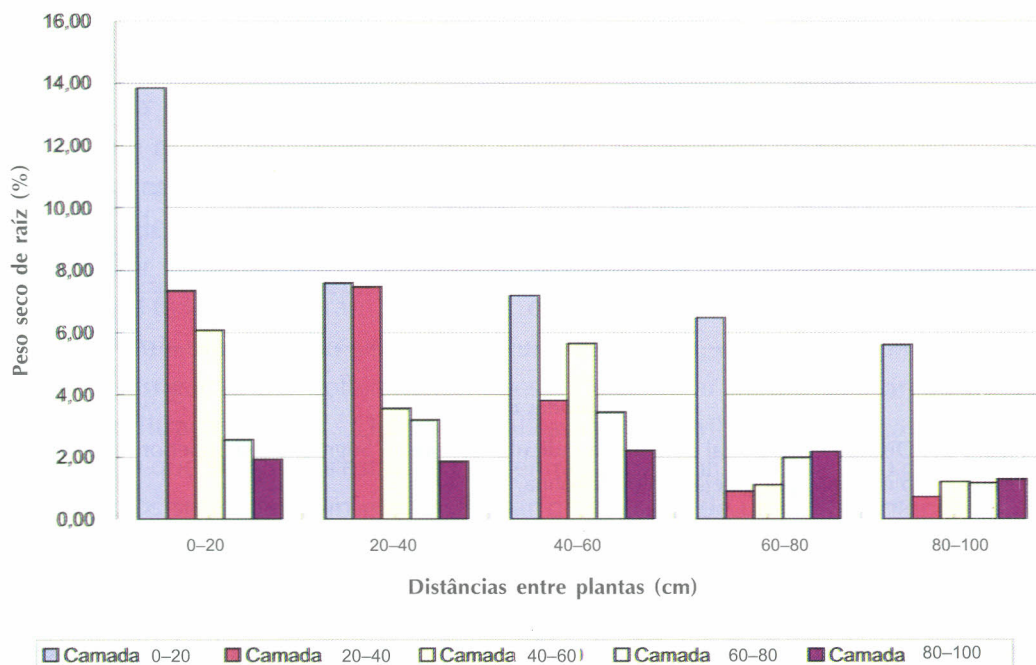
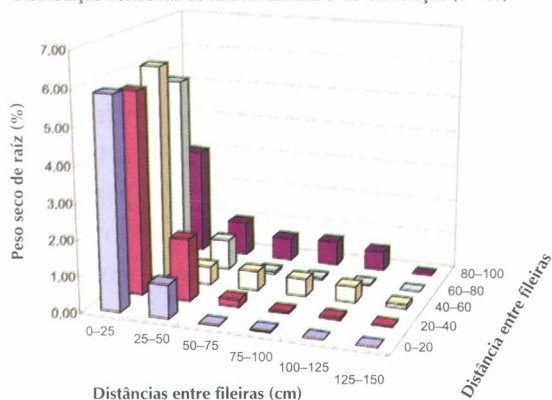


Figura 30. Distribuição vertical do sistema radicular da videira Sugraone (Festival), sob irrigação por gotejamento, em função da distância entre plantas: a) distância entre fileiras; b) distância entre plantas ao longo da fileira, Petrolina, PE.

a

Distribuição horizontal de raiz na camada 0–20 em relação (0–100)



b

Distribuição horizontal de raiz na camada 20–40 em relação (0–100)

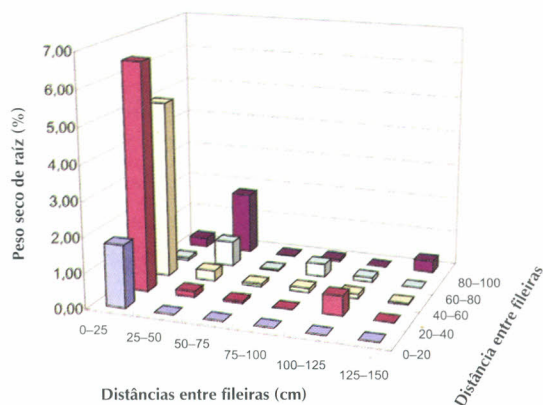
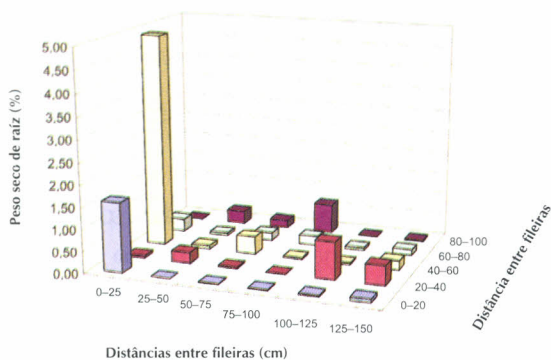


Figura 31. Distribuição horizontal do sistema radicular da videira Sugraone (Festival), para camadas de solo com 20 cm de espessura, em relação ao total de raízes existentes na camada de 0 cm a 100 cm: a) camada 0 cm a 20 cm; b) camada 20 cm a 40 cm, Petrolina, PE.

a

Distribuição horizontal de raiz na camada 20–40 em relação (0–100)



b

Distribuição horizontal de raiz na camada 20–40 em relação (0–100)

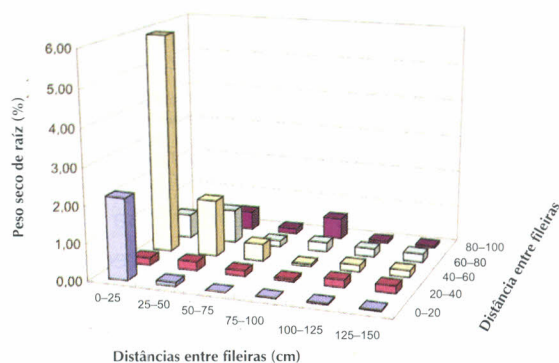


Figura 32. Distribuição horizontal do sistema radicular da videira Sugraone (Festival), para camadas de solo com 20 cm de espessura, em relação ao total de raízes existentes na camada de 0 cm a 100 cm: a) camada 40 cm a 60 cm; b) camada 60 cm a 80 cm, Petrolina, PE.

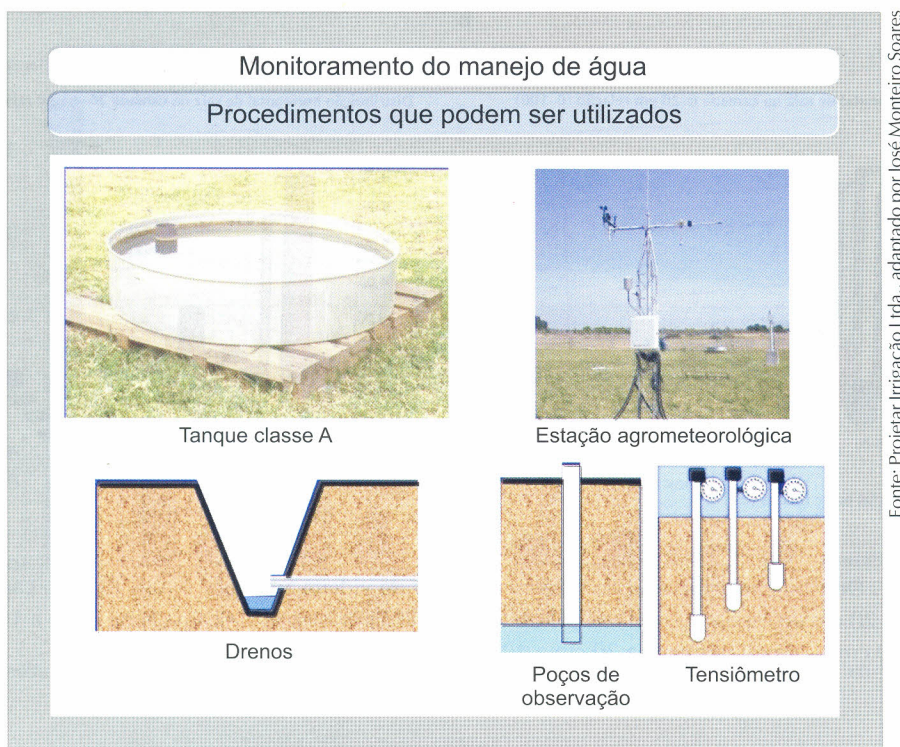


Figura 33. Desenho esquemático contendo as alternativas disponíveis para o monitoramento do manejo de água em áreas irrigadas.

9.5.2 Monitoramento do manejo da água

A Figura 33 mostra um desenho esquemático das alternativas disponíveis para o monitoramento do manejo de água em áreas irrigadas.

Como o nível de água disponível no solo sob irrigação localizada pode oscilar entre 80% e 100%, é recomendável que o monitoramento da água no solo seja feito com uso de tensiômetros instalados nas camadas do solo com maior concentração de raízes e imediatamente abaixo da profundidade efetiva das mesmas, de modo a formar uma bateria de tensiômetros composta de duas unidades. No entanto, como no Submédio do Vale do São Francisco, os parreirais são subdivididos em muitas subparcelas, no sentido de viabilizar o escalonamento de produção de uva ao longo do ano, conseqüentemente, tem-se uma grande diversidade de estádios fenológicos distintos num mesmo pomar e num mesmo período. Nessas circunstâncias, torna-se impraticável o uso de tensiômetros para o monitoramento da água no solo, em decorrência da necessidade de instalação de um elevado número de baterias de tensiômetros, o que tornaria caras a instrumentalização e a manutenção do processo, e cansativas a coleta e a interpretação dos dados.

Como o nível de água disponível no solo sob irrigação por aspersão pode oscilar em torno de 50%, deve-se utilizar o método gravimétrico para o monitoramento da água no solo, na profundidade efetiva das raízes, assim como o acompanhamento do lençol freático. Desse modo, é de extrema importância o conhecimento do comportamento do sistema radicular da cultura em cada local específico (mais detalhes no item 9.5). Um manejo de água eficiente pode ser bastante distinto de um parreiral para outro, dependendo da concentração do sistema radicular da videira no perfil do solo. Nos pomares em que as raízes se concentram nas camadas superficiais do solo, a frequência e a intermitência da irrigação podem ser bastante distintas daquelas em pomares em que as raízes apresentam uma boa uniformidade de distribuição até 1,00 m ou mais de profundidade.

O nível de umedecimento do solo, normalmente, é representado pelo volume de água contido em uma unidade de volume de solo e destaca-se como uma informação bastante útil para o monitoramento do manejo da água de irrigação. Este parâmetro pode ser determinado por meio de métodos diretos e indiretos. Os métodos de medição direta compreendem, basicamente, a gravimetria (padrão), o FDR (Frequency Domain Reflectometry) e a sonda de nêutrons, enquanto os métodos de medições indiretas compreendem o uso da tensiometria e da resistência elétrica do solo.

O método gravimétrico, tradicionalmente, é usado como padrão para determinação direta do conteúdo de umidade no solo, porém em estações experimentais. Já o método tensiométrico pode ser facilmente utilizado, instalando-se, pelo menos, duas baterias de tensiômetros numa subparcela do parreiral, cujo tipo de solo seja representativo da propriedade, como forma de obter-se um referencial para o monitoramento do manejo de água adotado no parreiral.

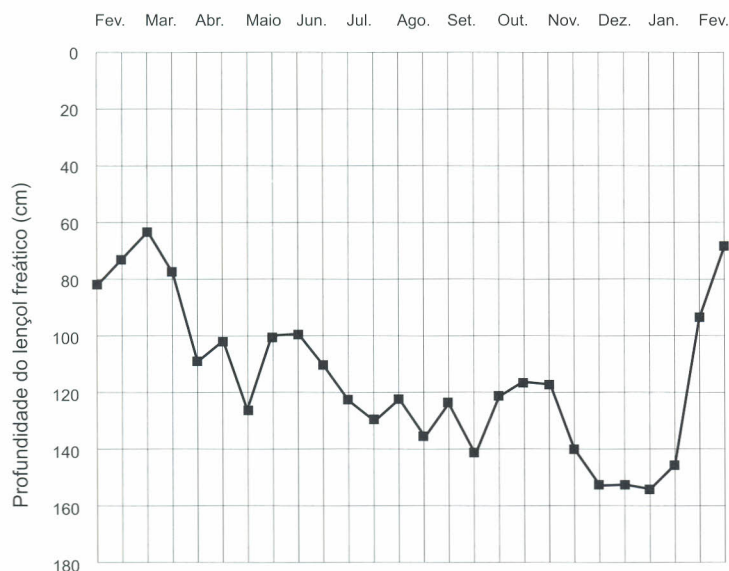
Por outro lado, a obtenção de informações sobre o comportamento do lençol freático no parreiral ao longo do ano, por meio de poços de observação (Figura 34), pode-se destacar como uma alternativa mais simples para o monitoramento do manejo de água. Desse modo, recomenda-se acompanhar a flutuação do lençol freático no solo ao longo do tempo, por meio de poços de observação instalados na área irrigada, em malhas quadradas de 100 m x 100 m ou retangulares de 100 m x 200 m. As leituras do nível do lençol freático podem ser feitas quinzenal ou mensalmente, no sentido de se identificar, em tempo hábil, os pontos críticos da área cultivada. Sugere-se que o lençol freático seja mantido abaixo de 2,00 m em relação à superfície do solo, para que não venha a prejudicar o crescimento vertical do sistema radicular da planta.



Fotos: José Monteiro Soares

Figura 34. Detalhes de poços de observação, Petrolina, PE.

Cordeiro et al. (1994), estudando a flutuação do lençol freático na cultura da videira, em um solo Podzólico Amarelo a Amarelo-Avermelhado Distrófico, em Juazeiro, BA, constataram que a profundidade média, ao longo do ano, foi de 1,22 m. Nas áreas mais críticas, a altura do lençol freático era inferior a 0,50 m, em março de 1993, tendo baixado para 1,00 m, em junho de 1993 e para 1,54 m em dezembro de 1993, após a limpeza dos drenos coletores (Figura 35).


Figura 35. Flutuação do lençol freático no perfil do solo ao longo de 1993, na cultura da videira, num Podzólico Amarelo a Amarelo-Avermelhado Distrófico, Juazeiro, BA.

Fonte: Cordeiro et al. (1994).

O umedecimento excessivo do solo, por um longo período de tempo, por um lado, asfixia as raízes das plantas, por deficiência de trocas gasosas, proporcionando a redução ou mesmo a paralisação da absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, a morte das raízes. Por outro lado, provoca a oxidação do ferro e do manganês, tornando-os disponíveis para absorção pelas raízes,

concorrendo para a obtenção de níveis elevados desses elementos nas folhas das plantas, podendo alcançar níveis tóxicos.

Além disso, deve-se acompanhar, por meio de observações visuais, o comportamento dos drenos parcelares na área como um todo. As Figuras 36a e 36b mostram drenos subterrâneos em funcionamento, correspondentes a áreas irrigadas por gotejamento e por microaspersão, respectivamente.

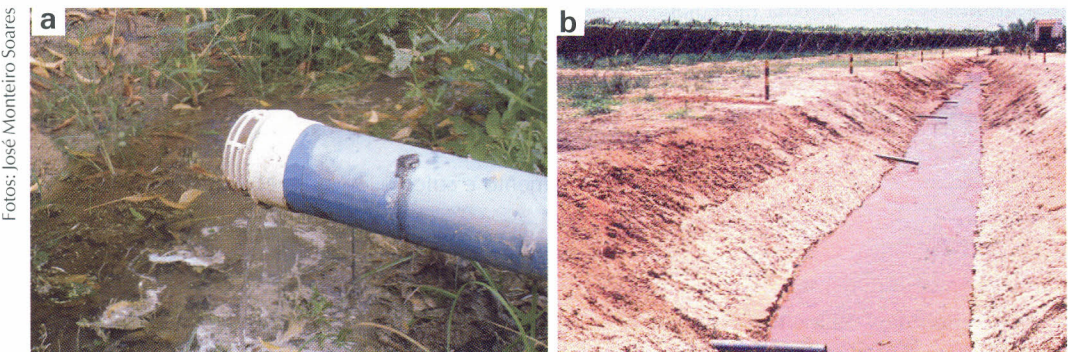


Figura 36. Drenos subterrâneos em funcionamento: a) área irrigada por gotejamento; b) área irrigada por microaspersão.

Como orientações de ordem geral, para um manejo de água na cultura da videira, na região semiárida do Nordeste do Brasil, em que se busque a otimização, sugere-se a adoção dos procedimentos apresentados na Tabela 11.

Tabela 12. Orientações para um manejo otimizado de água na cultura da videira explorada em diversos tipos de solos e sob distintos sistemas de irrigação.

Classes de solo	Distribuição do sistema radicular	Tipos de sistema de irrigação	Lâminas de irrigação/frequência de irrigação
		Aspersão móvel	A exigência de pequenas lâminas de água associada à alta frequência de irrigação inviabiliza a operação desse sistema de irrigação
Solos muito arenosos enquadra- dos – Neossolos Quartzarênicos	Se mais de 80% do sistema radicular estiver concentrado na camada de 0 cm a 60 cm	Aspersão fixa	Esse sistema de irrigação não é indicado para a condição de lâminas pequenas e frequência de irrigação de 1 a 2 dias
		Microaspersão	

Continua...

Tabela 12. Continuação.

Classes de solo	Distribuição do sistema radicular	Tipos de sistema de irrigação	Lâminas de irrigação/frequência de irrigação
Solos muito arenosos enquadrados – Neossolos Quartzarênicos	Se mais de 80% do sistema radicular estiver concentrado na camada de 0 a 60 cm	Se a área molhada por planta for > 80%	Adotar pequenas lâminas de água e frequência de irrigação de 1 dia
		Se a área molhada por planta é < 80%	Adotar pequenas lâminas de água e duas irrigações diárias
		Gotejamento e sulco	Não recomendado
		Aspersão móvel	Idem à situação anterior
Solos muito arenosos enquadrados – Neossolos Quartzarênicos.	Se mais de 80% do sistema radicular estiver concentrado na camada de 0 a 80 cm	Aspersão fixa	Adotar lâminas de água de pequena a média e frequência de irrigação de 1 a 3 dias
		Microaspersão	
		Se a área molhada por planta é > 80%	Lâminas pequenas e frequência de 1 dia
		Se a área molhada por planta for < 80%	Adotar pequenas lâminas de água e frequência de 1 dia para o 1º semestre e de 2 irrigações por dia para o 2º
		Gotejamento e sulco	Não recomendado
Solos de textura média (franco-areno-argiloso) enquadrando os solos das classes Latossolo, Argissolos, Luvisolos, Cambissolo, Neossolos Fluvicos.	Se mais de 80% do sistema radicular estiver concentrado na camada de 0 a 60 cm	Aspersão móvel	Idem condição anterior
		Aspersão fixa	Adotar lâminas de água de pequena a média e frequência de irrigação entre 2 e 3 dias
		Microaspersão	
		Se a área molhada por planta for > 80%	Adotar pequenas lâminas de água e frequência de irrigação de 1 a 2 dias
		Se a área molhada por planta for < 80%	Adotar pequenas lâminas de água e frequência de irrigação de 1 dia

Continua...

Tabela 12. Continuação.

Classes de solo	Distribuição do sistema radicular	Tipos de sistema de irrigação	Lâminas de irrigação/frequência de irrigação
Solos de textura média (franco-areno-argiloso) enquadrando os solos das classes Latossolo, Argissolos, Luvisolos, Cambissolo, Neossolos Flúvicos	Se mais de 80% do sistema radicular estiver concentrado na camada de 0 a 60 cm	Gotejamento	Adotar lâminas de água muito pequenas com frequência diária associada 2 a 4 intermitências
		Sulco	Não recomendado
Solos de textura média (franco-areno-argiloso) enquadrando os solos das classes Latossolo, Argissolos, Luvisolos, Cambissolo e Neossolos Flúvicos	Se mais de 80% do sistema radicular estiver concentrado na camada de 0 a 90 cm	Aspersão móvel	Adotar lâminas de água de média a grande e frequência de irrigação de 3 a 4 dias
		Aspersão fixa	Idem aspersão móvel
		Microaspersão	
		Se a área molhada por planta é > 80%	Lâminas de média a grande e frequência de 3 a 4 dias
		Se a área molhada por planta é < 80%	Lâminas de média a grande e frequência de 2 a 3 dias
		Gotejamento	Adotar lâminas pequenas e irrigações diárias
Solos de textura média, mas com tendência a compactação e solos de textura fina (argiloso) enquadrando os solos das classes Vertissolos e Neossolos Flúvicos	Se mais de 80% do sistema radicular estiver concentrado na camada de 0 a 60 cm	Sulco	Adotar lâminas de média a grande e frequência de 3 dias
		Aspersão	Não recomendado
Solos de textura média, mas com tendência a compactação e solos de textura fina (argiloso) enquadrando os solos das classes Vertissolos e Neossolos Flúvicos	Se mais de 80% do sistema radicular estiver concentrado na camada de 0 a 60 cm	Microaspersão	Recomendado com restrições

Continua...

Tabela 12. Continuação.

Classes de solo	Distribuição do sistema radicular	Tipos de sistema de irrigação	Lâminas de irrigação/ frequência de irrigação
Solos de textura média, mas com tendência a compactação e solos de textura fina (argiloso)	Se mais de 80% do sistema radicular estiver concentrado na camada de 0 a 60 cm	Gotejamento	Adotar pequenas lâminas de água e frequência entre 0,5 e 1 dia
enquadrando os solos das classes Vertissolos e Neossolos Flúvicos		Sulco	Adotar lâminas de água de média a grande com frequência de 7 a 15 dias

O monitoramento dos aspectos fisiológicos e morfológicos visuais da planta, também, pode ser utilizado como uma ferramenta para identificar problemas com escassez ou excesso de água no solo. Ou seja, a sintomatologia de excesso ou de deficiência hídrica apresentada por uma planta é característica de cada espécie e é dependente do estágio fenológico no qual o excesso ou o déficit hídrico ocorre, bem como das suas intensidades.

O primeiro sintoma visível em relação ao estresse hídrico é o murchamento das folhas e das gavinhas mais novas. A persistência desse fenômeno poderá provocar o encurtamento dos entrenós, cega dos ponteiros, perda de vigor vegetativo, amarelecimento e aparecimento de áreas necrosadas nas folhas, especialmente nas folhas basais, podendo induzir a queda das mesmas, além de redução do diâmetro do caule da planta (SMART; COOMBE, 1983).

Durante as duas primeiras semanas após o início da frutificação, a divisão celular do pericarpo da baga é bastante intensa e a escassez de água nesta fase pode reduzir sensivelmente o tamanho da baga, o peso final dos cachos e, conseqüentemente, a sua produtividade (KLIEWER et al., 1983). O déficit hídrico no solo imposto antes ou após a fase de amolecimento da baga, também, inibe o seu crescimento, provocando reduções significativas na produtividade final e na qualidade mercadológica. No entanto, no estágio de maturação final do fruto, um estresse hídrico moderado, geralmente, se faz necessário, de modo a favorecer o aumento da concentração de sólidos solúveis (REYNOLDS; NAYLOR, 1994), de antocianina (MC CARTHY et al., 1983, citados por SMART; COOMBE, 1983) e de prolina (Matheus e Anderson, 1989), o que pode trazer benefícios para a vida de prateleira da uva.

Por outro lado, o excesso de água no solo, proveniente de irrigações excessivas ou de chuvas intensas e contínuas, pode condicionar a elevação do lençol freático e, conseqüentemente, resultar na morte das radículas por asfixia (deficiência de oxigênio na profundidade efetiva do sistema radicular). Quando o índice de mortalidade de radículas torna-se elevado, os ramos permanecem atrofiados, pelo menos, durante um ciclo fenológico, o que resulta em uma redução significativa de produtividade. Diante disso, sugere-se a instalação de drenagem subterrânea em parreirais, exceto em solos de textura arenosa e bastante profundos.

9.6 Interação entre o manejo de água e de fertilizantes via água de irrigação na profundidade efetiva do sistema radicular da videira

A obtenção de informações sobre a distribuição do sistema radicular da videira é de extrema importância para a aplicação de fertilizantes via água de irrigação, ou aplicação direta no solo, para que a eficiência de uso de nutrientes seja elevada.

A quantidade de nutrientes lixiviados do solo é função da lâmina de água perdida por percolação profunda e da concentração dos nutrientes no perfil do solo, potencialmente lixiviáveis. No entanto, essas perdas são influenciadas pelo Coeficiente de Uniformidade de Distribuição de Vazão (CUDV) do sistema de irrigação, pela lâmina de água aplicada, pela capacidade de retenção de água do solo na profundidade efetiva da raiz, pelo tipo de fertilizante usado via fertirrigação, pela sua frequência de aplicação e pela classe de solo.

Um valor do CUDV considerado bom para sistemas de irrigação localizada situa-se entre 85% e 95%, sendo que o valor mais típico situa-se entre 75% e 80%, o que condiciona uma perda por percolação profunda da ordem de 25% a 20%, se o tempo de irrigação estiver adequado (BURT et al., 1995). Mas a uniformidade de aplicação de fertilizantes será a mesma do funcionamento do sistema de irrigação, se o bloqueio da adutora para a derivação do fluxo de água para fazer o injetor de fertilizantes funcionar e não afetar o CUDV do sistema de irrigação. Essas perdas podem se tornar ainda mais acentuadas, se a lâmina de água aplicada por irrigação for maior que a capacidade de retenção de água do solo na profundidade efetiva das raízes, mesmo que a frequência de irrigação seja diária e que o tempo de irrigação seja intermitente ao longo do dia.

9.7 Referências

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop Evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 300 p. il. (FAO. Irrigation and Drainage, Paper 56).

ARAÚJO, F. J.; FARIA, A.; SANCHEZ, C.; NICKEL, W.; RIVERO, Y.; URDANETA, T. A drip irrigation strategy for maximizing grapevine water use efficiency in tropical vineyards of Venezuela. **Acta Horticulturae**, The Hague, v. 493, p. 117-123, 1999.

ASSIS, J. S. de; BASSOI, L. H.; LIMA FILHO, J. M. P.; RIBEIRO, H. A.; SILVA, M. R. da **Suspensão da irrigação na pré-colheita da uva Itália e sua conservação pós-colheita**. Petrolina, PE: [s.n.], 1996. 9 p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. il. (FAO. Estudos de Irrigação e Drenagem, 29).

BASSOI, L. H.; ASSIS, J. S. de Distribuição do sistema radicular de videiras irrigadas em Latossolo Vermelho Amarelo do Trópico Semi-Árido. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 1.; REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 11., 1996, Águas de Lindóia, SP. **Anais...** Piracicaba: SBCS, 1996. 1 CD-ROM.

BURT, C.; CONNOR, K.; RUEHR, T. **Fertirrigation**. San Luis Obispo: Irrigation Training and Research Center California Polytechnic State University, 1995. 295 p. il.

CLARK, G. A.; ALBREGTS, E. E.; STANLEY, C. D.; SAMJSTRLA, A. G.; ZAZUETA, F. S. Water requirements and crop coefficients of drip-irrigated strawberry plants. **Transaction of ASAE**, St. Joseph, v. 39, n. 3, p. 905-912, 1996.

CONCEIÇÃO, M. A. F.; MAIA, J. D. G. Coeficiente da cultura (Kc) para videira Niagra Rosada em Jales, SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 12, 2001, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBA: FUNCEME, 2001. v. 2, p. 411-412.

CORDEIRO, G. G.; SOARES, J. M.; RICHE, G. Monitoramento do lençol freático e da salinidade do solo. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (Petrolina, PE). **Rede de cooperação técnica entre a EMBRAPA-CPATSA/Fazenda FRUTIVALE**: relatório técnico de atividades de pesquisas desenvolvidas na cultura da videira e da mangueira. Petrolina, PE, 1994. p. 96-109. Não publicado.

CURSO internacional de riego localizado: relaciones agua-suelo-planta-atmosfera. Madrid: Inia, 1981. Apêndice 14.

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

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. 2 ed. Rome: FAO, 1977. 156p. (FAO. Irrigation and Drainage, Paper, 24).

ESTEBAN, M. A.; VILLANUEVA, M. J.; LISSARRAGUE, J. R. Effect of irrigation on changes in berry composition of Tempranillo during maturation. Sugars, organic acids, and mineral elements. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 50, n. 4, p. 418-434, 1999.

EVANS, R. G.; SPAYD, S. E.; WAMPLE, R. L.; KROEGER, M. W.; MOHAM, M. O Water use of Vitis vinifera grapes in Washington. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 23, n. 1, p. 109-124, 1993.

GRIMES, D. W.; WILLIAMS, L. E. Irrigation effects on plant water relations and productivity of Thompson Seedless grapevines. **Crop Science**, Madison, v. 30, p. 255-260, 1990.

GUROVICH, L. A. Irrigation scheduling of table grape cultivars in Chile. In: CAMP, C. R.; SADLER, E. J.; YODER, R. E. (Ed.). **Evapotranspiration and Irrigation Scheduling**. San Antonio: Asae, 1996. p. 335-340.

HANSON, B. **Drip tape and tubing for row crops**. In: HANSON, B.; SCHWANKL, L.; GRATTAN, S.; PRICHARD, T. Drip irrigation for row crops. Davis: University of California, p. 5-34, 1997.

HERNANDEZ ABREU, J. M.; RODRIGO LOPEZ, J. **El riego por goteo**. Madrid: Ministério de agricultura, 1977. 32 p. il. (Hojas Divulgadoras, 11-12/77 HD).

JENSEN, M. E.; BURMAN, R. D.; ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1990. 332 p.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: Aviook, 1990. 649 p.

KLIEWER, W. M.; FREEMAN, B. M.; HOSSOM, C. Effect of irrigation, crop level and potassium on Carignane vines. I. Degree of water stress, and effect on growth and yield. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 34, p. 186-196, 1983.

MATHEUS, M. A.; ANDERSON, M. M. Pippening in Vitis vinifera L.: Response to seasonal water deficits. **American Journal Enology and Viticulture**, Davis, n. 1, v. 40, p. 52-60, 1989.

MCCARTHY, M. G.; LOVEYS, B. R.; DRY, P. R.; STOLL, M. **Regulated deficit irrigation and partial rootzone drying as irrigation management techniques for grapevines**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/004/Y3655E/y3655e11.htm>>. Acesso em: 4 mar. 2004.

MERRIAM, J. L.; KELLER, J.; ALFARO, J. **Irrigation system evaluation and improvement**. Logan: Utah State University, 1973. 172 p.

MICHELAKIS, N; VOYOUKALOU, E.; CLAPKI, G. Water use and soil moisture depletion by olive trees under different irrigation conditions. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 29, n. 3, p. 315-325, 1996.

MOHAN, S.; ARUMUGAM, N. Crop coefficients of major crops in south India. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 26, p. 67-80, 1994.

NASCIMENTO, T.; SOARES, J. M. **Bulbo infiltrômetro**. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1989. 6 p. (Embrapa-CPATSA. Comunicado Técnico, 32).

PEACOCK, W. L.; CHRISTENSEN, L. P.; ANDRIS, H. L. Development of drip irrigation schedule for average-canopy vineyards in San Joaquin Valley. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 38, p. 113-119, 1987.

PEREIRA, L. S.; ALLEN, R. G. Novas aproximações aos coeficientes culturais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 16, n. 4, p. 118-143. jun. 1997

PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T. **Análise de coeficientes de uniformidade de distribuição de água em sistema de irrigação localizada**. Petrolina, PE: Embrapa-CPATSA, 1991. 24 p. (Embrapa-CPATSA, Boletim de Pesquisa, 41).

RANA, G.; KATERJI, N. Measurement and estimation of actual Evapotranspiration in the field under Mediterranean climate: a review. **European Journal of Agronomy**, St. Louis, v. 13, p. 125-152, 2000.

REYNOLDS, A. G. E.; NAYLOR, A. P. Pinot noir and Reselling grapevines respond to water stress duration and soil water-holding capacity. **HortScience**, Alexandria, v. 29, n. 12, p. 1505-1510, 1994.

RICHARDS, D. The grape root system. **Horticultural Reviews**, Leuven, v. 5, p. 127-168, 1983.

SAAYMAN, D.; LAMBRECHTS, J. J. N. The effect of irrigation system and crop load on the vigour of Barlinka tables on a sandy soil, Hex River Valley. **South African Journal of Enology Viticulture**, South Africa, v. 16, n. 2, p. 26-34, 1995.

SCALOPPI, E.J. Critérios básicos para seleção de sistemas de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, n.139, p.54-62, 1986.

SILVA, B. B. da; SLACK, D. C.; KILBY, M. W.; HLA, A K. Water requirements of table grapes in arid site. In: CONFERENCE ON AGRICULTURAL AND FOREST METEOROLOGY, 24., 2000, Davis. **Proceedings...** Davis: American Meteorological Society, 2000. p. 20-21.

SMART, R. E.; COOMBE, B. G. Water relations of grapevines. In: **KOLLOWSKI, T. T. (Ed.). Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1983. v. 7, p. 137-196.

SOARES, J. M. **Consumo hídrico da videira Festival sob intermitência de irrigação por gotejamento no Submédio São Francisco**. 2003. 309 f. Tese (Doutorado em Recursos Naturais – Ciclo Hidrológico)– Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

SOARES, J. M.; BASSOI, L. H. Distribuição do sistema radicular da videira em Vertissolo sob irrigação localizada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG . **Anais...** Viçosa: SBCS, 1995. p. 1865-1867.

SOARES, J. M.; COSTA, F. F da. Irrigação da cultura da videira. In: SOUZA LEÃO, P. C. de ; SOARES, J. M. (Ed.). **A Viticultura no semi-árido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2000. p. 147-212.

SOARES, J. M.; COSTA, F. F. da; SANTOS, C. R. dos. Manejo de Água em Fruteiras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA, 27., 1998, Poços de Caldas, MG. **Manejo de Irrigação: anais...** Lavras: UFLA: SBEA, 1998. cap. 4, p. 281-309.

SOARES, J. M.; COSTA, F. F.; NASCIMENTO, T. **Recomendações básicas para manejo de água em fruteiras**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006. 24 p. (Embrapa Semi-Árido. Circular Técnica, 82).

SOARES, J. M.; LIMA, M. I. de; CORDEIRO, G. G.; PEREIRA, J. R.; NASCIMENTO, T.; BARRETO, D. S. B. Monitoramento de manejo de água e nutrientes em videira sob irrigação por gotejamento na Fazenda Boa Esperança. In: EMBRAPA Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. **Rede de**

cooperação técnica entre a Embrapa-CPATSA/Fazenda Boa Esperança: relatório técnico de atividades de pesquisas desenvolvidas na cultura da videira e da mangueira. Petrolina, 1997. Não publicado.

SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T. **Interação entre percentagem de área molhada por planta e frequência de irrigação sob irrigação por gotejamento, videira.** Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1995a. 2 p. Resumo.

SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T. **Interação entre percentagem de área molhada por planta e frequência de irrigação sob irrigação por microaspersão, videira.** Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1995b. 2 p. Resumo.

SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T.; CASTRO NETO, M. T. de; SILVA, D. D da. Monitoramento do manejo de água na cultura da videira em nível de campo sob irrigação por gotejamento. In: EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido. **Rede de cooperação técnica entre a Embrapa-CPATSA/Fazenda Frutivale:** relatório técnico de atividades de pesquisas desenvolvidas nas culturas da videira e da mangueira. Petrolina, 1994. p. 3-39. Não publicado.

SOARES, J.M.; COSTA, A. L. C.; MOURA, M.S.B. de Avaliação da distribuição do sistema radicular da videira na região do Submédio São Francisco. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 10., CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 11., SEMINARIO FRANCO-BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 2., 2005, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005, p. 260. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 55).

VILLALOBOS, F. J.; FERERES, E. Evapotranspiration measurements beneath corn, cotton and sunflower canopies. **Agronomy Journal**, Madison, v. 82, n. 1, p. 1153-1159, 1990.

WILLIAMS, L. E.; PHENE, C. J.; GRIMES, D. W.; TROUT, T. J. Water use of mature Thompson Seedless grapevines in California. **Irrigation Science**, New York, v. 22, p. 11-18, 2003, p. 11-18.

9.8 Anexos

Anexo I

Tabela 1. Valores de precipitação efetivos mensais calculados para condições específicas e valores de f(Ar) para diferentes capacidades de armazenamento de água pelo solo na profundidade efetiva da raiz.

Et (mm)	Precipitação mensal (mm)															
	12,5	25	37,5	50	62,5	75	87,5	100	112,5	125	137,5	150	162,5	175	187	200
Precipitação efetiva média mensal (mm) para D = 75 mm																
25	8	16	23	25												
50	8	17	24	32	39	46	50									
75	8	18	26	34	41	48	55	62	69	75						
100	9	18	27	36	44	51	58	66	73	80	87	93	100			
125	9	20	29	38	46	54	62	70	77	84	92	99	106	112	119	125
150	10	21	30	40	48	57	65	73	81	89	97	104	112	119	126	133
175	10	22	32	42	51	60	69	78	86	94	102	110	118	126	133	141
200	11	23	34	44	54	64	73	82	91	99	108	116	124	133	141	149
225	12	24	36	47	57	67	77	87	96	105	114	123	132	140	149	157
250	12	26	38	50	60	71	81	92	101	111	120	130	139	148	157	166
Fator de correção (f) para outros valores de D diferentes de 75 mm																
D - mm	20	25	37,5	50	60	75	100	125	150	175	200					
F(D)	0,73	0,77	0,85	0,92	0,96	1,00	1,03	1,04	1,05	1,07	1,14					

Fonte: USDA (1970), citado por Jensen et al.(1990).

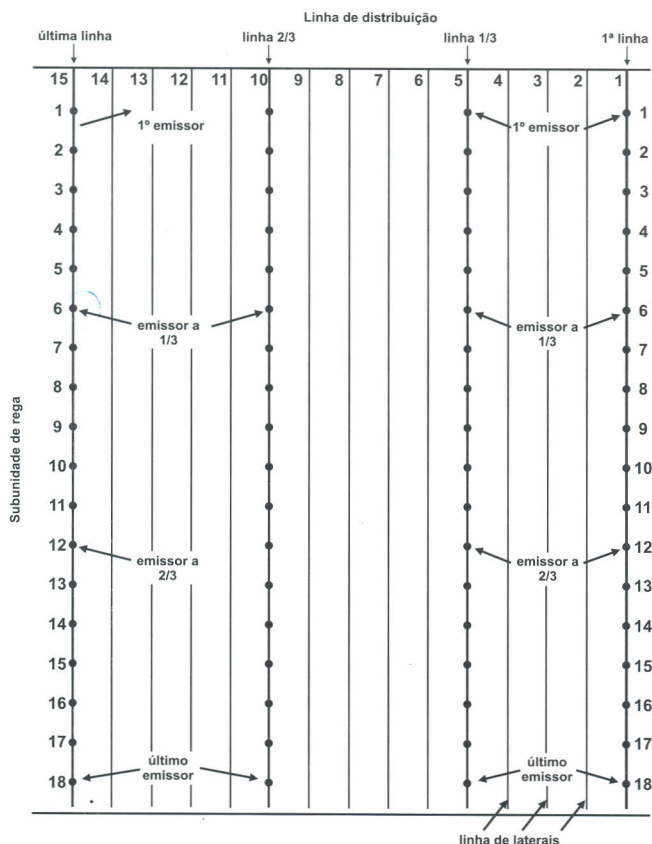


Figura 1. Desenho esquemático para determinação do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição de Vazão (CUDV).

Desenho: José Monteiro Soares.

Anexo II

Coeficiente de Uniformidade de Distribuição de Vazão (CUDV) - Comentários e experiências

A Figura 1 mostra o desenho esquemático de um teste de campo para determinação do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição de Vazão (CUDV), sob sistemas de irrigação por gotejamento ou por microaspersão, tendo por base a metodologia proposta por Pinto et al. (1991), como segue:

$$CUDV = \frac{\bar{q}}{\bar{Q}} \cdot 100 \quad (1)$$

em que CUDV é o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição de Vazão (%); \bar{q} é a vazão mínima média correspondente a 25% das vazões de menor valor e \bar{Q} é a vazão média compreendendo 100% das vazões coletadas.

Hanson (1997) menciona que a UE pode ser calculada com base nas seguintes equações:

$$UE = UE_{CV} \cdot UE_{PRESSÃO} \quad (2)$$

em que UE é a Uniformidade de Emissão projetada (%); UE_{CV} é a Uniformidade de Emissão devido ao coeficiente de variação de fabricação (%) e $UE_{PRESSÃO}$ é a Uniformidade de Emissão em resposta à variação de pressão no sistema de irrigação (%), sendo que UE_{CV} pode ser calculado pela seguinte equação:

$$UE_{CV} = 100 \left(1 - \frac{1,27 \cdot CV}{\sqrt{N}} \right) \quad (3)$$

em que CV é o coeficiente de variação de fabricação (%) e N é o número de emissores por planta.

Hanson (1997) menciona que a relação de descarga do emissor (RQ), também, é um fator que deve ser levado em consideração por ocasião da avaliação do CUDV, conforme equação a seguir:

$$RQ = \frac{Q_{mínima}}{Q_{máxima}} = \frac{21,6}{(118,8 - CUDV)} \quad (4)$$

em que $Q_{mínima}$ e $Q_{máxima}$ ($L \cdot h^{-1}$) correspondem às vazões mínima e máxima, respectivamente, dos emissores de uma subunidade de rega.

Com base nesta equação, pode-se verificar que quando CUDV é igual a 90%, RQ é igual a 0,75, indicando que $Q_{mínima}$ corresponde a 75% de $Q_{máxima}$. De acordo com Hanson (1998), tanto a CUDV quanto RQ são critérios que deveriam ser utilizados por ocasião do dimensionamento das laterais de uma subunidade de rega.

Por outro lado, quando se deseja determinar a UE de um sistema de irrigação como um todo, Hanson (1998) menciona que se deve obedecer às seguintes equações:

$$UE_{SISTEMA} = UE_{ENTRE-SUBUNIDADE-REGA} \cdot UE_{SUBUNIDADE-REGA} \quad (5)$$

$$UE_{SUBUNIDADE-REGA} = UE_{LINHA-LATERAL} \cdot UE_{PRESSÃO-LINHA-DERIVAÇÃO} \quad (6)$$

$$UE_{LATERAL} = 100 \left(1 - \frac{1,27 \cdot CV}{\sqrt{N}} \right) \cdot UE_{PRESSÃO-L.LATERAL} \quad (7)$$

em que $UE_{SISTEMA}$ é a Uniformidade de Emissão do sistema de irrigação como um todo (%); $UE_{ENTRE-SUBUNIDADE-REGA}$ é a Uniformidade de Emissão entre subunidades de rega distintas do sistema de irrigação (%); $EU_{SUBUNIDADE-REGA}$ é a Uniformidade de Emissão na subunidade de rega (%); $UE_{LATERAL}$ é a Uniformidade de Emissão na linha lateral de uma subunidade de rega (%); $UE_{PRESSÃO-L.DERIVAÇÃO}$ é a Uniformidade de pressão na linha de derivação da subunidade de rega (%); $UE_{PRESSÃO-LATERAL}$ é a Uniformidade de pressão na linha lateral de uma subunidade de rega (%).

Obs. 1: $UE_{LATERAL}$ deve ser >90%, enquanto a $UE_{SISTEMA}$ deve estar compreendida entre 80% e 90%. Se $UE_{LATERAL} > 90\%$, significa que $UE_{PRESSÃO-LATERAL}$ é cerca de 95%.

Obs. 2: Deve-se utilizar emissores cujo coeficiente de variação de fabricação seja inferior a 5%.

Soares et al. (1994), avaliando o desempenho do sistema de irrigação por gotejamento, com emissores tipo labirinto em linha, na cultura da videira, em um solo Podzólico Amarelo a Amarelo-Avermelhado Distrófico, em Juazeiro, BA, constataram que os valores de CUDV variaram entre 34,20% e 72,50%, com um valor médio de 50,62%. Isto foi decorrente do elevado número de furos na mangueira, provocados por um inseto, e de emissores fendilhados, da ordem de 16,75%. Observaram, ainda, que as pressões antes da filtragem de água (PAF), variaram de 1,50 atm a 3,20 atm, quando o valor projetado foi de 4,30 atm. Em decorrência disto, as vazões variaram de 1,60 L.h⁻¹ a 2,58 L.h⁻¹, com um valor médio de 2,12 L.h⁻¹, quando a vazão nominal do gotejador é de 4,00 L.h⁻¹. Constataram, ainda, que o tempo de irrigação por subunidade de rega foi mantido constante em 6 h.dia⁻¹, à exceção dos domingos (3 h), porém dividido em duas irrigações intermitentes. Vale salientar que esse tempo de irrigação permaneceu constante ao longo do ano, independente das fases fenológicas da videira e da evapotranspiração de referência. Verificou-se, portanto, que o manejo de água da cultura da videira, na propriedade onde o estudo foi realizado, foi duplamente afetado, o que pôde ter contribuído para a obtenção de baixas produtividades e frutos com qualidades que não atenderam às exigências de mercado externo.

Para minimizar os problemas advindos da operacionalização do sistema de irrigação, recomenda-se que seja feito, pelo menos, um teste para determinar o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição de Vazão, em três subunidades de rega distintas, nos sistemas de irrigação localizada, pelo menos, uma vez por ano.

Soares et al. (1997) analisaram o manejo de água em videira sob irrigação por gotejamento, utilizando emissores tipo labirinto em linha com vazão de $4,00 \text{ L.h}^{-1}$, em solos neoquartzarênicos, em Petrolina, PE, e verificaram que o valor médio de CUDV foi de 84% para uma vazão média de $4,00 \text{ L.h}^{-1}$. Verificaram, também, que a lâmina de água foi variável ao longo do ciclo fenológico da videira e que o tempo de irrigação foi parcelado em nove partes iguais, ao longo do dia, em decorrência da baixa capacidade de retenção de água desse solo.