



Foto: Cícero Barbosa Filho



*Fertirrigação*

Davi José Silva  
José Monteiro Soares

## 11.1 Introdução

Fertirrigação é a aplicação de fertilizantes via água de irrigação. Utiliza-se o sistema de irrigação como condutor e distribuidor de fertilizantes juntamente com a água de irrigação. São utilizados fertilizantes líquidos ou fertilizantes sólidos solúveis. É uma prática agrícola essencial ao manejo de culturas irrigadas, principalmente quando se utilizam sistemas de irrigação localizada, sendo uma das maneiras mais eficientes e econômicas de fornecer fertilizantes às plantas. A aplicação de fertilizantes em menor quantidade por vez, porém com maior frequência, possibilita a manutenção dos nutrientes na profundidade efetiva das raízes, em níveis adequados, durante o ciclo fenológico das culturas, o que pode aumentar tanto a eficiência do uso de nutrientes pelas plantas quanto a sua produtividade.

Embora a fertirrigação seja uma das maneiras mais eficientes e econômicas de se aplicar os fertilizantes, não se deve perder de vista que a água de irrigação é apenas o veículo para a sua aplicação, devendo-se considerar as exigências nutricionais da cultura. A videira apresenta exigências nutricionais específicas, influenciadas por porta-enxerto, cultivar copa, fase fenológica, sistema de condução, clima, solo e produtividade esperada.

Como a água de irrigação é o veículo que transporta as soluções de fertilizantes, para se obter uma fertirrigação eficiente, é necessário levar em consideração os seguintes fatores do ponto de vista de constituição do sistema de distribuição de água: a) que o desenho hidráulico do sistema de irrigação esteja bem concebido, de modo que o valor do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição de Vazão (CUDV) do sistema de irrigação nas suas subunidades de rega atenda aos limites mínimos aceitáveis (CUDV $\geq$ 90%), para gotejamento, e de 85% para microaspersão; b) que a necessidade de irrigação bruta (NIB) seja calculada em conformidade com a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), a precipitação efetiva da região considerada, o coeficiente de cultura correspondente a cada fase fenológica da videira e a eficiência de aplicação do sistema de irrigação concebido; c) que a lâmina infiltrada seja compatível com a capacidade de retenção de água pelo solo na profundidade efetiva do sistema radicular da videira, em cada classe de solo; d) que a manutenção dos componentes do sistema de irrigação seja frequente e rigorosa.

A Embrapa Semi-Árido vem realizando vários estudos no sentido de fornecer informações técnicas aos vitivinicultores, visando à otimização do manejo de água e, conseqüentemente, à melhoria da eficiência de uso de água pela cultura da videira. Dentre estes estudos, podem-se destacar: disponibilização diária de valores de evapotranspiração de referência em seu site: [www.cpatia.embrapa.br](http://www.cpatia.embrapa.br); divulgação

de publicações técnicas via internet ou impressas, contendo informações relativas ao manejo de água (SOARES; et al., 2006) e distribuição do sistema radicular da videira em várias classes de solo (SOARES; BASSOI, 1995; BASSOI; ASSIS, 1996; SOARES; NASCIMENTO, 1998; BASSOI et al., 2003; SOARES et al., 2005).

## 11.2 Vantagens e desvantagens da fertirrigação

### 11.2.1 Vantagens

De acordo com Costa et al. (1986), dentre as vantagens da aplicação de fertilizantes via água de irrigação, podem-se destacar as seguintes:

- a) Economia de fertilizantes, devido à sua aplicação no volume de solo onde a concentração de raízes de absorção de água e de nutrientes é alta (gotejamento).
- b) Melhor distribuição dos nutrientes no perfil do solo, inclusive daqueles considerados de baixa mobilidade no solo.
- c) Menor custo de aplicação dos fertilizantes.
- d) Possibilidade de aplicação de outros produtos sistêmicos, como: herbicidas, fungicidas, inseticidas, entre outros.
- e) Economia de mão de obra na operação de aplicação de fertilizantes.
- f) Possibilidade de aplicação do nutriente em qualquer estágio fenológico da planta.

### 11.2.2 Desvantagens

A maioria dos inconvenientes da fertirrigação, citados na literatura e percebidos na prática, não se devem ao método, mas sim ao manejo incorreto e à falta de informações acerca dos aspectos citados a seguir:

- a) Entupimento dos emissores por precipitações químicas causadas por incompatibilidade entre fertilizantes e a qualidade da água de irrigação ou por dissolução insuficiente dos fertilizantes.
- b) Aumento excessivo da condutividade elétrica da água de irrigação.
- c) Baixa qualidade (pureza e solubilidade) da maioria dos fertilizantes sólidos usados na fertirrigação.

## 11.3 Métodos de aplicação de nutrientes via fertirrigação

A escolha de equipamentos para injeção de fertilizantes nos sistemas de irrigação depende: do fertilizante, que pode ser do tipo líquido ou sólido; do produto químico a ser aplicado, em relação à sua manipulação pelo homem; da necessidade de mobilidade ou não dos equipamentos a serem utilizados para a injeção de fertilizantes; da disponibilidade de energia elétrica no local da aplicação, e da pressão do sistema de irrigação disponível no ponto de injeção de fertilizantes.

De um modo geral, a injeção de fertilizantes pode ser feita por diversos equipamentos, que funcionam por meio de diferença de pressão, bombeamento e gravidade. Dentre os mais usados no Submédio do Vale do São Francisco, podem-se destacar os seguintes:

### 11.3.1 Bombas injetoras de fertilizantes com acionamento hidráulico

Este equipamento é composto por duas câmaras principais com diafragma de borracha, que são interligadas por um sistema hidráulico a uma válvula piloto, que comanda o funcionamento do injetor, utilizando a pressão da água do sistema de irrigação. A câmara superior é interligada a um sistema dotado de duas válvulas, sendo uma responsável pela sucção da solução de fertilizantes e a outra pela injeção desta solução no sistema de irrigação. Uma vareta vertical central que interliga as duas câmaras principais ao sistema responsável pela sucção e distribuição da solução de fertilizantes é comandada pela válvula piloto, que resulta no seu movimento para cima e para baixo (Figura 1). A velocidade da vareta é função do diferencial de pressão provocado por uma válvula tipo esfera ou gaveta instalada na tubulação secundária ou terciária do sistema de irrigação.

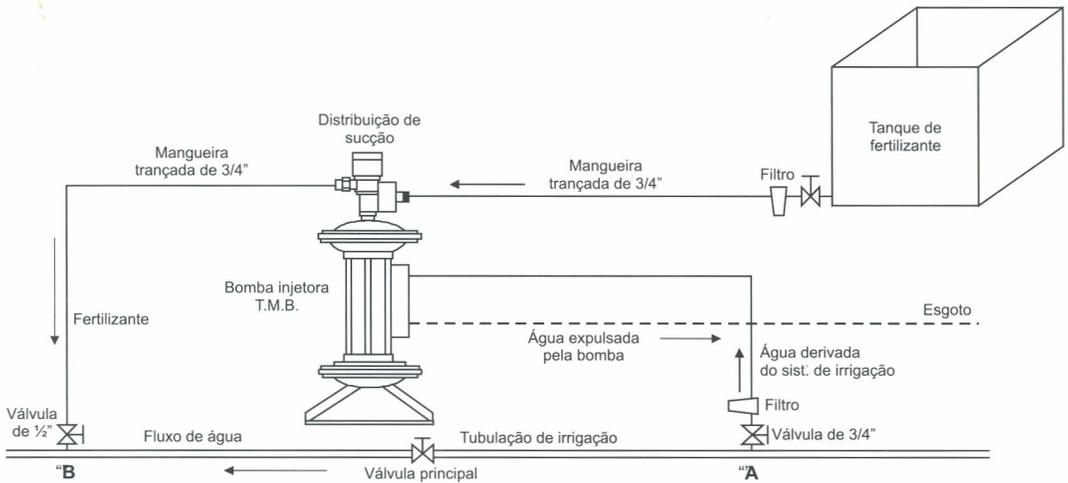


Fotos: José Monteiro Soares

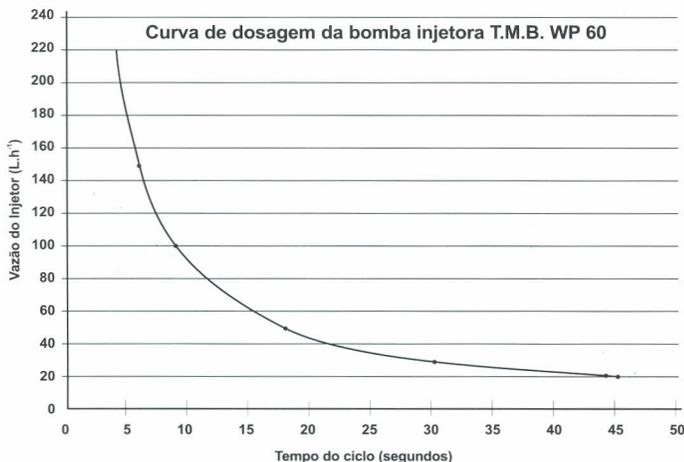
Figura 1. Bomba injetora de fertilizantes com acionamento hidráulico.

A bomba hidráulica injetora de fertilizantes modelo T.M.B. WP 60 pode proporcionar uma taxa de injeção de fertilizantes entre  $10 \text{ L.h}^{-1}$  e  $250 \text{ L.h}^{-1}$ , um volume de injeção da solução de fertilizante da ordem de  $0,25 \text{ L}$  por ciclo e pressão de serviço que pode oscilar entre  $1,8 \text{ kg.cm}^{-2}$  e  $8 \text{ kg.cm}^{-2}$  (BOMBA..., 1988).

Um esquema simples de instalação da bomba injetora hidráulica de fertilizante é apresentado na Figura 2. Como o volume de solução de fertilizantes injetado é de  $0,25 \text{ L}$  por ciclo, faz-se necessário ajustar o tempo de cada ciclo, de modo que o volume total de solução a ser injetado seja realizado dentro do tempo de irrigação previsto para a injeção dos fertilizantes para cada subunidade de rega. Este ajuste deve ser feito por meio da válvula tipo esfera responsável pela derivação da água do sistema de irrigação. Na Figura 3 é apresentado o comportamento da curva que relaciona a taxa de injeção de solução com o tempo por ciclo correspondente à bomba injetora hidráulica de fertilizante modelo T.M.B. WP 60.



**Figura 2.** Esquema de instalação de uma bomba injetora de fertilizante com acionamento hidráulico. Fonte: Bomba (1988).



**Figura 3.** Comportamento da curva vazão versus tempo por ciclo de uma bomba injetora de fertilizantes com acionamento hidráulico modelo T.M.B. WP 60.

Fonte: Bomba (1988).

A existência de um elevado número de peças móveis tem proporcionado um alto custo de manutenção deste tipo de bomba injetora, o que vem restringindo o seu uso em novos projetos de irrigação ou mesmo ocasionando a sua substituição por outros modelos em projetos antigos.

### 11.3.2 Bombas injetoras fertilizantes com acionamento elétrico

Este equipamento é composto por um motor elétrico acoplado a uma bomba centrífuga confeccionada com material resistente à corrosão, conforme Figura 4. Esta bomba succiona a solução de fertilizantes a partir de um reservatório e injeta no sistema de irrigação, em um ponto previamente definido, sob uma pressão ligeiramente superior à pressão reinante no ponto considerado. Existem vários modelos de bombas injetoras tipo elétrica. A escolha de cada modelo depende do tamanho da área do projeto e da tensão da rede elétrica disponível nas proximidades do ponto de injeção.



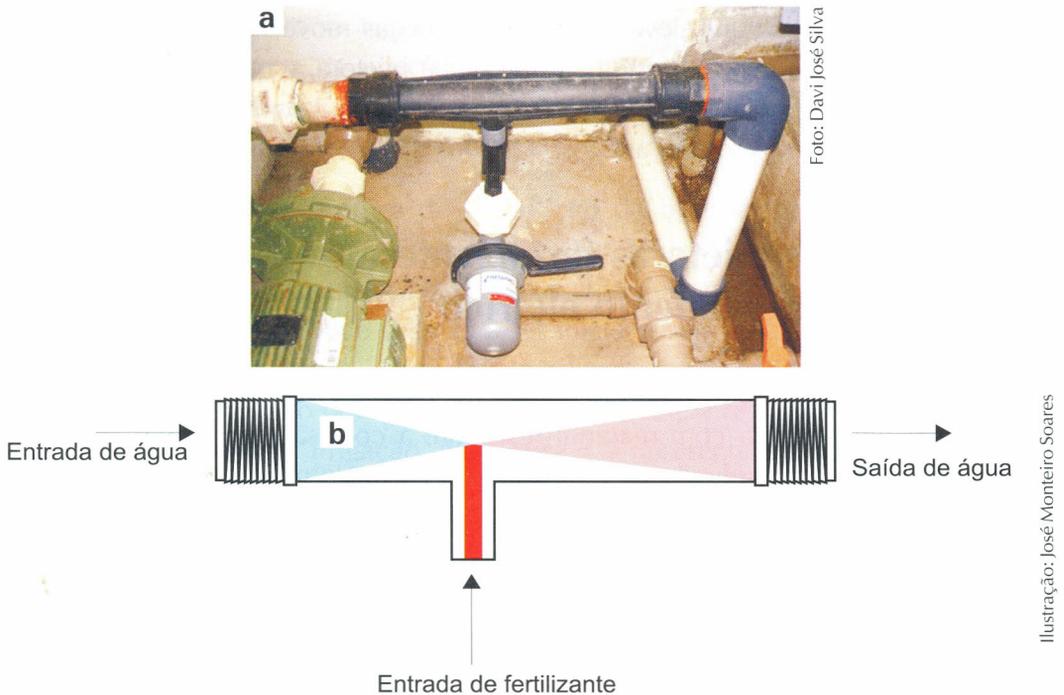
Fotos: José Monteiro Soares

Figura 4. Bomba injetora de fertilizantes com acionamento elétrico.

A taxa de injeção de fertilizantes deve ser controlada por meio de uma válvula esférica confeccionada com PVC. Para isto, será necessária a instalação de uma régua graduada na parede interna do reservatório de fertilizante, no sentido de facilitar a calibração do mesmo para se ajustar a taxa de injeção de fertilizantes. Com o uso de um cronômetro, pode-se regular a taxa ou vazão de injeção, de modo a enquadrá-la no tempo calculado para a injeção de um determinado volume de solução de fertilizante.

### 11.3.3 Injetores de fertilizantes tipo Venturi

O injetor de fertilizante tipo Venturi é uma peça confeccionada com PVC rígido, no formato de um 'T' (Figuras 5a e 5b). O seu orifício interno, também,



**Figura 5.** Injetor de fertilizantes tipo Venturi: a) instalado no sistema de irrigação; b) desenho esquemático.

apresenta a forma de um 'T', sendo composto de dois cones invertidos interligados no sentido longitudinal, de modo que o cone de menor dimensão corresponde à entrada do fluxo de água, enquanto o de maior, ao de saída da água mais a solução fertilizante. No ponto de interligação destes dois cones, existe um orifício cilíndrico e reto, cuja extremidade externa corresponde à entrada da solução fertilizante (Figura 5a).

O princípio de funcionamento deste equipamento está fundamentado na depressão que o fluxo de água provoca no ponto de interligação desses dois cones, em decorrência do aumento da velocidade da água neste ponto, que resulta em uma força que succiona a solução de fertilizantes e pode aumentar com a velocidade da água no referido ponto de interligação (Figura 5a). O consumo de pressão do Venturi varia entre 10% e 30% da altura manométrica reinante no ponto da tubulação do sistema de irrigação onde estiver instalado (SCHWANKL et al., 1998).

Os tamanhos mais usados nas áreas irrigadas do Submédio do Vale do São Francisco são os diâmetros de  $\frac{3}{4}$ " (Figura 5b), cuja vazão de sucção varia entre 70 L.h<sup>-1</sup> e 100 L.h<sup>-1</sup>; de 1" (entre 180 L.h<sup>-1</sup> e 220 L.h<sup>-1</sup>); 1½" (entre 400 L.h<sup>-1</sup> e 500 L.h<sup>-1</sup>) e 2" (entre 1.000 L.h<sup>-1</sup> e 1.600 L.h<sup>-1</sup>). Maiores informações a respeito das características destes equipamentos podem ser encontradas em Costa (2003). Contudo, o projetista deve escolher tanto o modelo quanto calcular o número de injetores Venturi que melhor se adaptem às condições do projeto.

Como se trata de equipamento de baixa vazão, quando comparado com as vazões adotadas nos sistemas de irrigação, ele deve ser instalado na tubulação principal, secundária ou mesmo terciária, dependendo da dimensão do sistema de irrigação, no esquema de 'by-pass' (Figuras 6a e 6b).

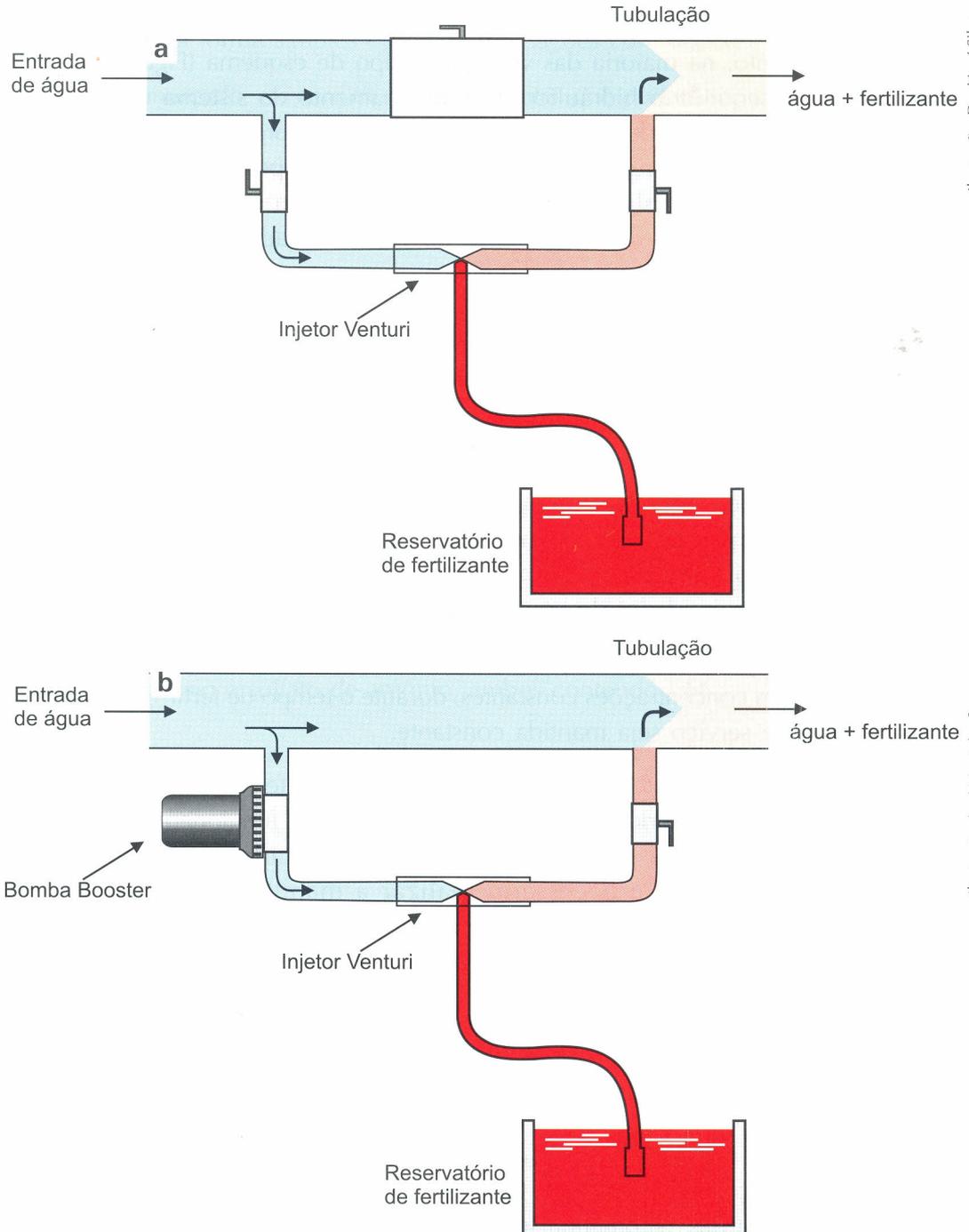


Ilustração: Davi José Silva

Ilustração: José Monteiro Soares

**Figura 6.** Esquemas de instalação do injetor de fertilizantes tipo Venturi: a) by-pass com registro; b) by-pass com bomba booster.

A Figura 6a mostra um esquema de instalação do Venturi em uma tubulação do sistema de irrigação associado a uma válvula esfera em PVC instalada na própria tubulação. Quando esta válvula é parcialmente fechada, cria um diferencial de pressão, forçando a passagem de parte do fluxo de água pelo Venturi, criando, assim, a condição hidráulica necessária ao funcionamento deste equipamento.

No entanto, na maioria das vezes, este tipo de esquema (Figura 6a) pode provocar um desequilíbrio hidráulico no funcionamento do sistema de irrigação, condicionando a obtenção de valores de Coeficiente de Uniformidade de Distribuição de Vazão (CUDV) inferiores aos limites recomendados pela ABNT, para pleno funcionamento de sistemas de irrigação localizada. Como consequência, tem-se, também, um baixo valor do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição de Fertilizantes, o que afeta de maneira significativa tanto a produtividade quanto a qualidade do fruto. Isto pode ser observado em parreirais, quando se avalia os parâmetros de produtividade ao longo das fileiras de plantas de uma mesma subunidade de rega, que tendem a decrescer do início para o final da fileira, principalmente quando não se utilizam emissores autocompressantes.

Esses problemas podem ser solucionados quando se instala um Venturi associado a uma bomba booster, que tem a função de aumentar a velocidade do fluxo de água que passa pelo Venturi, contudo sem afetar o equilíbrio hidráulico do sistema de irrigação (Figura 6b). Porém, é necessário que haja energia elétrica mono ou trifásica, nas proximidades do ponto de injeção de fertilizantes.

Todos estes equipamentos permitem o controle da taxa de injeção da solução de fertilizantes em concentrações constantes, durante o tempo de fertirrigação, desde que a pressão de serviço seja mantida constante.

Assim, para se obter uma injeção satisfatória de fertilizantes via água de irrigação, torna-se necessário conhecer os mecanismos de funcionamento de cada injetor, tendo como base os catálogos técnicos, fornecidos pelos respectivos fabricantes. Além disso, é necessário realizar a manutenção periódica dos equipamentos após o seu uso e a lavagem dos tanques usados tanto para dissolução dos fertilizantes quanto para sucção, bem como, dos injetores propriamente ditos.

A injeção de fertilizantes deve ser feita antes do sistema de filtragem de água, exceto na condição em que o sistema de filtragem é composto de filtros de areia e disco/tela. Nesta condição, a injeção deve ser feita após o filtro de areia, mas antes do filtro disco/tela. Quando a injeção é feita antes do filtro de areia, este pode reter produtos químicos no perfil da areia e, assim, contaminar a água de irrigação nas irrigações/fertirrigações consecutivas. Nas situações em que os injetores estão fora do cabeçal de controle, recomenda-se o uso de pequenos filtros de tela com 120 mesh antes do injetor de fertilizantes, para evitar que os emissores sejam obstruídos por partículas provenientes do tanque de fertilizantes (BURT et al., 1995).

## 11.4 Fontes de fertilizantes para fertirrigação

Fertilizantes solúveis em água são produtos que apresentam as melhores características para serem aplicados via água de irrigação. Estes podem ser apresentados na forma simples ou em combinações com dois ou mais elementos.

No mercado, existem muitos fertilizantes que podem ser aplicados via água de irrigação. Porém, a escolha deve ser feita com base nas características de cada produto, visando atender às necessidades dos demais elementos envolvidos no processo, tais como: sistema de irrigação, textura do solo, qualidade da água, custo e exigências nutricionais da planta.

### 11.4.1 Fertilizantes nitrogenados

O nitrogênio é o nutriente utilizado com maior frequência na fertirrigação. Existem vários fertilizantes contendo compostos nitrogenados que podem ser usados na fertirrigação da videira. As formas mais comuns destes compostos são: nitratos, amônio, amida e aminoácidos (Tabela 1). Todas essas formas são passíveis de sofrer transformações e/ou ser absorvidas pela videira em maior ou menor proporção. Quanto à preferência da videira pela absorção de nitrato ou de amônio, Hajrasulihá et al. (1998) observaram que na cultivar Thompson Seedless não houve diferenças na absorção de nitrogênio, quando este foi aplicado via gotejamento, nas formas de nitrato de potássio e sulfato de amônio, ambos contendo <sup>15</sup>N.

**Tabela 1.** Características dos fertilizantes nitrogenados utilizados em fertirrigação.

Fertilizante	Concentração do nutriente (%)		Solubilidade (g.L <sup>-1</sup> ) a 20 °C	Índice salino global <sup>(1)</sup>	Índice salino parcial <sup>(2)</sup>	pH
	N	Outros				
Nitrato de amônio	34	–	1.900	105	3,28	6,6
Nitrato de cálcio	14	28 de CaO	1.200	61	4,07	–
Nitrato de magnésio	7 a 11	10 a 16 de MgO	2.500	–	–	6,0–7,0
Nitrato de potássio	13	46 de K <sub>2</sub> O	320	74	1,30	8,5–9,0
Sulfato de amônio	20	24 de S	730	69	3,45	5,4
Uréia	45	–	1.000	75	1,70	8,0–8,5
Nitrato de sódio	16	–	730	100	6,25	–
Uran	32	–	–	–	–	–
DAP	17	40 de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	400	34	0,56	–
MAP	11	44–60 de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	220–374	30	0,53	4,7–5,2
Fosfato de uréia	18	44 de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	–	–	–	1,0–3,0

<sup>(1)</sup> Relativo ao valor do índice salino do nitrato de sódio (NaNO<sub>3</sub>), considerado como 100.

<sup>(2)</sup> Índice salino dividido pelo teor de N no fertilizante.

Fonte: adaptado de Frizzone e Botrel (1994) e Vitti et al. (1994).

O trabalho realizado por Silva et al. (2003), com cinco cultivares de uvas sem sementes (Perlette, Thompson Seedless, Marroo Seedless, Catalunha e Sugaone) enxertadas sobre IAC 572, mostrou que estas cultivares possuem menor exigência em nitrogênio que as cultivares com sementes. O ensaio foi realizado em um Argissolo Amarelo de textura arenosa (84% de areia), no Submédio do Vale do São Francisco, irrigado por microaspersão. A dose de 75 kg.ha<sup>-1</sup> de N, nas formas de ureia e nitrato de cálcio, foi a que proporcionou as maiores produtividades nas cultivares Marroo Seedless, Perlette e Sugaone, correspondentes a 26,4 t.ha<sup>-1</sup>, 12,5 t.ha<sup>-1</sup> e 10,6 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Após três ciclos consecutivos de produção, a aplicação de N, via fertirrigação, numa frequência de três vezes por semana, promoveu o acúmulo do íon NO<sub>3</sub><sup>-</sup> no perfil deste solo (Tabela 2), devido às altas concentrações de nitrogênio aplicadas (SILVA; LEÃO, 2004).

A resposta da videira ao nitrogênio aplicado via fertirrigação está relacionada às exigências da cultura em uma determinada fase de desenvolvimento, à textura do solo, ao teor e à qualidade da matéria orgânica do solo, ao teor de nitrogênio mineral (nitrato e amônio) no solo, ao pH do solo e às características do fertilizante utilizado. Em solos de textura arenosa, com baixa capacidade de retenção de água, a aplicação de nitrogênio em pequenas doses e com maior frequência aumenta a sua disponibilidade no solo. Vitti et al. (1994) relatam que a fertirrigação é utilizada com maiores vantagens em solos de textura arenosa do que em solos de textura argilosa, porque os solos arenosos possuem baixa capacidade de adsorção dos íons NO<sub>3</sub><sup>-</sup> e NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, o que favorece a lixiviação de nitrogênio em condições de alta precipitação pluviométrica ou de aplicação de lâminas de irrigação em excesso. Isto explica a necessidade da aplicação fracionada de nitrogênio, em pequenas doses, ao longo dos vários estádios fenológicos da planta, para que esse elemento esteja presente na profundidade efetiva do sistema radicular, na quantidade exigida pela videira.

**Tabela 2.** Concentração de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e NO<sub>3</sub><sup>-</sup> em amostras de solo coletadas após o terceiro ciclo de produção em duas cultivares de uvas sem sementes cultivadas em solo arenoso, Petrolina, PE.

Profundidade (cm)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	No <sub>3</sub> <sup>-</sup>
	-----mg.kg <sup>-1</sup> de solo-----	
	<b>Superior Seedless</b>	
0-20	2,45	16,25
20-40	1,84	14,72
	<b>Catalunha</b>	
0-20	3,37	8,59
20-40	3,37	6,44

Fonte: Silva et al. (2003).

Os resultados obtidos sugerem que, para uma recomendação adequada de nitrogênio via fertirrigação para videira, deve-se considerar a produtividade esperada, a quantidade de N extraída no ciclo anterior, os teores de N nas folhas, o manejo da fertirrigação adotado, o teor de matéria orgânica e as formas e concentração de N no solo. As épocas de aplicação dos fertilizantes nitrogenados devem obedecer à fenologia da videira.

## 11.4.2 Fertilizantes potássicos

O potássio é absorvido pela videira na forma de  $K^+$ , sendo a sua necessidade mais intensa durante os estádios de lignificação dos ramos e de maturação das bagas. Os fertilizantes potássicos apresentam menor solubilidade que os nitrogenados, não existindo, contudo, limitações para sua aplicação via água de irrigação. Dentre as fontes de potássio, tem-se o cloreto, o sulfato e o nitrato de potássio (Tabela 3). O cloreto e o nitrato de potássio possuem alta solubilidade, enquanto o sulfato de potássio, além de ser menos solúvel, possibilita a formação de sulfato de cálcio, ainda menos solúvel, quando a água de irrigação é rica em cálcio e magnésio (mais de  $50 \text{ mg.L}^{-1}$  de  $Ca^{2+} + Mg^{2+}$ ). O cloreto de potássio, fertilizante amplamente utilizado em outras espécies vegetais, é utilizado com restrições no cultivo da videira, devido a observações práticas de que o cloro em excesso causa injúrias à planta e/ou compromete a produtividade e a qualidade dos frutos.

**Tabela 3.** Características dos fertilizantes potássicos utilizados na fertirrigação.

Fertilizante	Concentração do nutriente (%)		Solubilidade ( $\text{g.L}^{-1}$ ) a $20^\circ\text{C}$	Índice salino global <sup>(1)</sup>	Índice salino parcial <sup>(2)</sup>	pH
	$K_2O$	Outros				
Cloreto de potássio	60	48 de Cl	340	115	1,98	6,5
Nitrato de potássio	46	13 de N	320	74	130	8,5–9,0
Sulfato de potássio	52	17 de S	110	46	0,96	3,4
Nitrato de sódio e de potássio	14	14 de N	–	31	–	–
Sulfato de potássio e de magnésio	22	22 de S + 11 de Mg	290	43	–	–
MKP	34	52 de $P_2O_5$	226	–	–	4,5

<sup>(1)</sup> Relativo ao valor do índice salino do nitrato de sódio ( $NaNO_3$ ) considerado como 100.

<sup>(2)</sup> Índice salino dividido pelo teor de  $K_2O$  no fertilizante.

Fonte: adaptado de Coelho (1994) e Vitti et al. (1994).

Segundo Ayers e Westcot (1991), a toxicidade mais frequente é a provocada pelo cloreto contido na água de irrigação. Como o cloro não é adsorvido pelos colóides do solo, torna-se facilmente absorvido pelas raízes e translocado para as

folhas, onde se acumula. Se a sua concentração excede a tolerância da planta, ocorrem danos cujo sintoma característico é a necrose das folhas. Em culturas sensíveis, estes sintomas manifestam-se quando são alcançadas concentrações da ordem de 0,3% a 1,0% de cloreto na folha. As cultivares Thompson Seedless e Perlette toleram concentrações de até 472 mg.dm<sup>-3</sup> de cloretos na água de irrigação, enquanto as cultivares Cardinal e Black Rose toleram apenas a metade desse valor (AYRES; WESTCOT, 1991).

As fontes de potássio usadas na água de irrigação no Submédio do Vale do São Francisco são os fertilizantes: sulfato de potássio, que também, é fonte de enxofre; nitrato de potássio, com menor frequência, que também é fonte de nitrogênio; cloreto de potássio. Tanto o sulfato quanto o nitrato de potássio possuem baixa solubilidade e alto custo por unidade de potássio quando comparados com o cloreto.

### 11.4.3 Fertilizantes fosfatados

O fósforo, que é absorvido principalmente na forma de  $H_2PO_4^-$ , caracteriza-se por apresentar baixa mobilidade no solo, devido à alta capacidade de adsorção pelos coloides minerais. Assim, com o crescimento da utilização dos métodos de irrigação localizada, a aplicação de fósforo ao solo, que normalmente era bem localizada, na forma de fosfatos solúveis ou parcialmente solúveis, como os superfosfatos e termofosfatos, passou a ser realizada via fertirrigação, nas formas de ácido fosfórico, MAP e DAP e, mais recentemente, como MKP (PeaK) e fosfato de ureia (Tabelas 1 e 3). O ácido fosfórico é um fertilizante apresentado na forma líquida, possui de 46% a 76% de  $P_2O_5$ , densidade 1,68 g.cm<sup>-3</sup>, solubilidade 457 g.L<sup>-1</sup> e pH 2,3. Esses fertilizantes apresentam, como características comuns, alta solubilidade e elevada acidez, tais como ácido fosfórico e fosfato de ureia.

Os fertilizantes que contêm fósforo podem provocar entupimentos dos emissores nos sistemas de irrigação localizada, devido à incompatibilidade do fósforo com sais de cálcio e de magnésio, quando estes estão presentes na água de irrigação. Assim, deve-se atentar para a composição das misturas de fertilizantes e, também, para a qualidade da água de irrigação.

De acordo com Burt et al. (1995), é preferível usar fontes de fósforo na forma de fertilizantes ácidos, quando aplicados via água de irrigação, por meio de sistemas de irrigação localizada. Assim, o uso do ácido fosfórico, além de fornecer fósforo, baixa o pH da água de irrigação e ajuda a manter os emissores livres de microrganismos. A aplicação de ácido fosfórico via água de irrigação somente será efetiva quando o pH da água de irrigação permanecer em torno de 3,0 durante 30–60 minutos, para evitar a precipitação de fosfato de cálcio. Deve-se, contudo, tomar cuidados na

aplicação deste e de outros ácidos, porque valores de pH menores que 5,5 podem aumentar a corrosão de equipamentos metálicos do sistema de irrigação, aumentar a toxicidade de alguns micronutrientes ou mesmo causar danos às raízes das plantas.

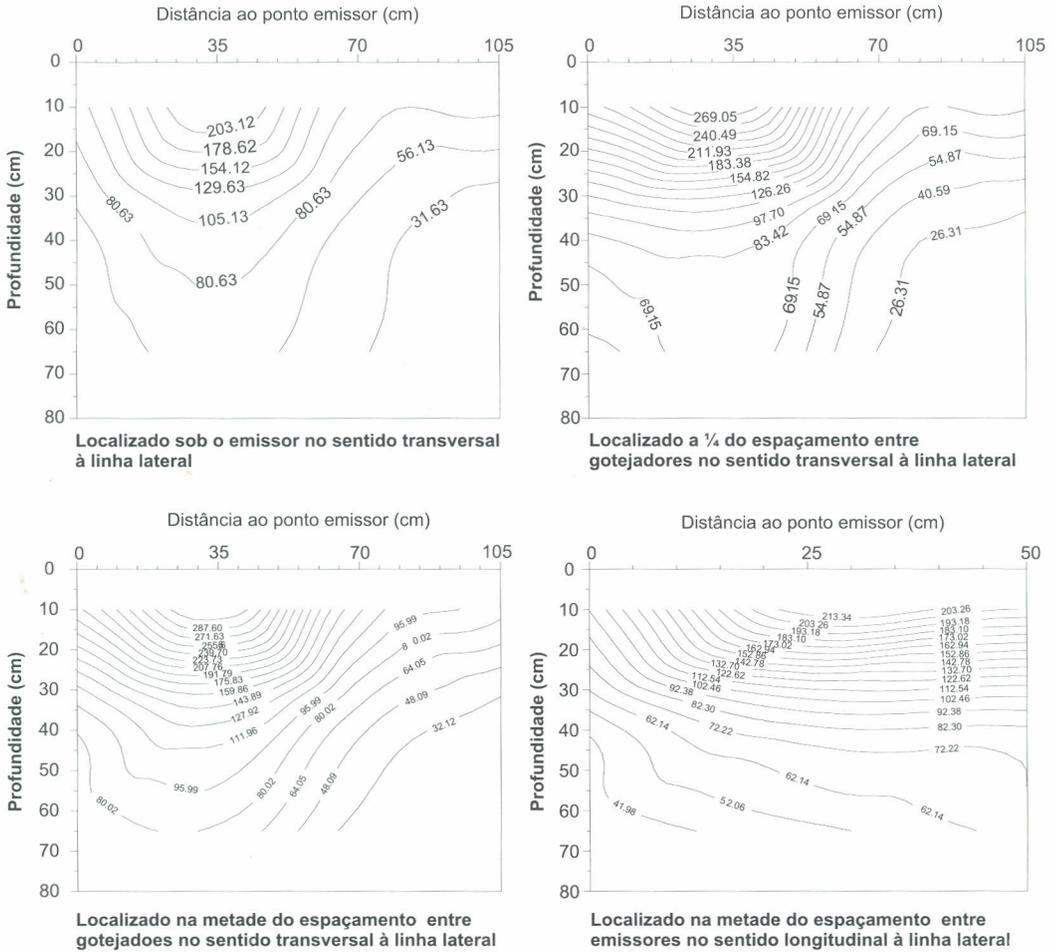
A mobilidade do fósforo no solo está relacionada com a textura do mesmo. Solos de textura argilosa possuem maior capacidade de adsorção de fósforo. Não somente a quantidade, mas, também, o tipo de mineral de argila interfere nesse fenômeno. Além da textura, a frequência de aplicação e a quantidade de água aplicada são variáveis que, também, afetam o transporte de fósforo no solo. Assim, em solos arenosos irrigados por métodos de irrigação localizada, como gotejamento, pode ocorrer uma movimentação considerável do fósforo, colocando-o, inclusive, fora da zona de maior concentração de raízes. Soares et al. (1997) obtiveram movimentação de fósforo para regiões profundas (56,13 mg.dm<sup>-3</sup> de P na camada de 50 cm a 80 cm de profundidade) abaixo da zona de maior concentração de raízes de videira, em um Neossolo Quartzarênico (94% de areia), irrigado por gotejamento, devido à sua aplicação na forma de ácido fosfórico, numa frequência de duas vezes ao dia (Figura 7). O aumento na mobilidade deve-se ao aumento da taxa de aplicação e à pequena área molhada, o que satura os sítios de adsorção próximos ao ponto de aplicação.

#### 11.4.4 Fertilizantes contendo cálcio, magnésio e enxofre

A aplicação de cálcio via água de irrigação mostra-se vantajosa para culturas que apresentam elevada demanda por este nutriente, comparável ao nitrogênio e ao potássio, como é o caso da videira. A calagem, que é normalmente realizada nos solos cultivados com videiras no Brasil, é uma das principais fontes de cálcio para a cultura. Em solos arenosos, com baixa capacidade de troca catiônica, e que apresentam pH acima de 6,0, a utilização de nitrato de cálcio como fonte de nitrogênio tem se mostrado adequada, permitindo elevar os teores de cálcio no solo. Deve-se atentar para a alternância de fontes de nitrogênio, visando manter o equilíbrio entre os cátions Ca, Mg e K no solo.

Outro cuidado que deve ser tomado é evitar a mistura de fertilizantes contendo cálcio e fósforo, mesmo que a água de irrigação contenha baixos níveis de fosfatos e de sulfatos, devido à incompatibilidade destes íons, pois pode favorecer a formação de precipitados no interior das tubulações e dos emissores de água.

O magnésio (Mg<sup>2+</sup>) e o enxofre (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>) são dois elementos medianamente utilizados pela videira. O calcário dolomítico e alguns fungicidas são, respectivamente, fontes de magnésio e de enxofre para as plantas. Em caso de necessidade, o sulfato de magnésio pode ser empregado como fonte de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e Mg<sup>2+</sup> na



**Figura 7.** Distribuição de fósforo no perfil do solo, aplicado na forma de ácido fosfórico via água de irrigação, em cultura de videira irrigada por gotejamento.

Fonte: Soares et al. (1997).

fertirrigação da videira. O nitrato de magnésio é, também, uma alternativa viável para o suprimento de  $Mg^{2+}$  via fertirrigação, embora apresente um custo elevado.

### 11.4.5 Fertilizantes contendo micronutrientes

O zinco e o boro são os micronutrientes demandados em maior quantidade pela videira no Submédio do Vale do São Francisco. Os quelatos e os sulfatos contendo micronutrientes são os compostos geralmente utilizados para corrigir deficiências de zinco. Os boratos solúveis são as principais fontes de boro, embora, também, existam produtos contendo boro quelatizado no mercado. Na Tabela 4, são apresentadas algumas características destes fertilizantes.

**Tabela 4.** Características dos fertilizantes contendo micronutrientes utilizados na fertirrigação.

Fertilizante	Concentração de nutriente (%)	Solubilidade (g.L <sup>-1</sup> )
Sulfato de cobre	25 de Cu	220
Sulfato de manganês	28 de Mn	1.050
Sulfato manganoso (MnSO <sub>4</sub> .3H <sub>2</sub> O)	27 de Mn	7.420
Molibdato de sódio	39 de Mo	560
Molibdato de amônio	48 de Mo	400
Sulfato de zinco	22 de Zn	750
Quelato de zinco (Na <sub>2</sub> ZnEDTA)	14 de Zn	–
Ácido bórico	16 de B	50
Bórax	11 de B	50
Solubor (Na <sub>2</sub> B <sub>8</sub> )O <sub>13</sub> .4H <sub>2</sub> O)	20 de B	220
Sulfato de ferro	19 de Fe	240
Tenso TM Fe	6 de Fe	Alta
Quelato de Fe (NaFeEDDHA)	6 de Fe	140

Fonte: Vitti et al. (1994); Villas Bôas et al. (1999).

Micronutrientes como Zn, Fe, Cu e Mn podem reagir com sais da água de irrigação e causar precipitação e entupimento dos emissores. Por isso, em muitos casos, esses micronutrientes são aplicados como quelatos, que são facilmente solúveis e causam poucos problemas de precipitação e de entupimento. No solo, os micronutrientes quelatizados reagem menos e, por isso, apresentam maior mobilidade do que os sais.

Em termos de aplicação via irrigação, recomendam-se doses pequenas de micronutrientes em irrigação localizada, pois o volume de solo molhado é pequeno e as dosagens convencionais podem ser fitotóxicas. No caso do boro, em função da facilidade de lixiviação que esse nutriente apresenta, o seu parcelamento é a prática mais recomendada.

## 11.5 Manejo de fertirrigação

A irrigação localizada na cultura da videira, mais especificamente o gotejamento, tem uma influência marcante, no sentido de proporcionar uma elevada concentração de raízes num volume de solo relativamente inferior ao volume destinado à planta, quando comparado à irrigação por microaspersão com bailarina ou aspersão. Este método possibilita a aplicação localizada e parcelada de fertilizantes, ao longo do seu ciclo fenológico, o que proporciona uma maior

eficiência de aproveitamento de fertilizantes, quando comparado à adubação convencional.

As áreas de cultivo de videira possuem, em sua grande maioria, sistemas de irrigação estacionários, nos quais é possível fazer a injeção contínua ou descontínua de fertilizantes. Segundo Burt et al. (1995), a fertirrigação pode ser realizada de forma contínua a uma taxa constante (durante o tempo total de aplicação da lâmina de irrigação) ou somente numa parte do processo, como o sistema 'quarter-half-quarter', no qual aplica-se 1/4 da lâmina para estabilização hidráulica do sistema; a seguir, os fertilizantes são aplicados em 2/4 da lâmina e, finalmente, aplica-se 1/4 da lâmina de irrigação para deslocar os nutrientes para "junto das raízes", além de promover a lavagem do sistema de irrigação. Estes mesmos autores comentam que esta última alternativa é mais adequada à aplicação de altas doses de produtos químicos e materiais corrosivos.

Hanson et al. (1997) recomendam que, após a injeção dos fertilizantes, o sistema seja operado por um tempo adicional para permitir a lavagem dos fertilizantes que se encontram nas linhas de irrigação. A permanência desses fertilizantes nas linhas poderá causar o entupimento dos emissores, devido a precipitações químicas ou à presença de algas e bactérias. No entanto, nesses sistemas de manejo, a frente de dispersão de nutrientes é deslocada para uma posição no perfil do solo, que pode estar na zona de maior absorção, acima ou abaixo desta. Nos dois últimos casos, diminuiria a eficiência de uso dos nutrientes.

Existem informações técnicas que podem contribuir para melhorar a injeção de fertilizantes. Definidos o tempo de irrigação e a localização da parcela em relação ao ponto de injeção de fertilizantes, deve-se levar em consideração a distância deste em relação às subunidades de rega na sua área de domínio, monitorando-se a condutividade elétrica da água de irrigação, no sentido de se determinar o tempo exato em que a solução fertilizante chega a cada subunidade de rega, bem como, o tempo de sua finalização. Uma maneira prática para monitorar o início/término da fertirrigação na subunidade de rega é a utilização de uma substância corante, como, por exemplo, a anilina. Mas pode-se, também, utilizar condutivímetro portátil para monitorar a variação da condutividade elétrica da água de irrigação no início da subunidade de rega.

Outro aspecto que deve ser considerado é que, sendo o solo um meio reativo, ocorre um retardamento no transporte do fluxo em relação ao da água, devido à interação dos íons com o solo. Na prática, a fertirrigação pode ser considerada um deslocamento de fluidos miscíveis, no qual ocorre interação entre os solutos e o solo. Essa interação provoca um retardamento do fluxo em relação à água do solo. O fator de retardamento pode ser determinado experimentalmente, sendo expresso em volume de poros (VP). Para íons como fósforo e potássio, esse fator de

retardamento torna-se particularmente importante, devido à adsorção do primeiro e às reações de troca do segundo na superfície dos colóides do solo. Isto foi observado por Araújo et al. (2005, 2007) e Silva et al. (2005a, 2005b) em uma área cultivada com videiras das cultivares Brasil e Sugaone. O fator de retardamento (R) foi determinado em laboratório, utilizando-se colunas de PVC contendo amostras de solo indeformadas e variou de 1,58 VP a 3,04 VP para fósforo e de 1,87 VP a 4,98 VP para potássio. Estes valores de R indicam que é necessário aplicar uma quantidade de água equivalente a 1,58 a 3,04 ou 1,87 a 4,98 vezes o volume de poros desse solo para deslocar a solução fertilizante contendo fósforo ou potássio, respectivamente, até a profundidade efetiva do sistema radicular da videira, devido à interação da mesma com as partículas do solo.

Uma alternativa no sentido de amenizar a complexidade da injeção de fertilizantes, via água de irrigação, é a utilização de tubulações de pequeno diâmetro, paralelas às tubulações secundárias ou terciárias das subunidades de rega, com diâmetros variando de ½" a 1", cuja finalidade é transportar apenas a solução ou a mistura concentrada de fertilizantes até a entrada da subunidade de rega específica. Porém, é necessário que haja simultaneidade entre os tempos de irrigação e de fertirrigação, em cada subunidade de rega, de modo que a injeção da solução contendo fertilizante seja feita no tempo correto, pois a permanência do nitrogênio na tubulação, após a fertirrigação, pode favorecer o desenvolvimento de microrganismos que causam a obstrução dos emissores. Assim, recomenda-se que após a fertirrigação, o sistema de irrigação continue funcionando durante alguns minutos, para proporcionar a eliminação do resíduo de nitrogênio e de outros nutrientes do interior da tubulação.

Os fertilizantes são sais que aumentam a concentração salina da água de irrigação. Ao serem utilizados, não devem superar os níveis admissíveis de salinidade, que são diferentes para cada cultura. Frizzone e Botrel (1994) recomendam que não sejam superados os valores de salinidade indicados na Tabela 5, medidos na saída dos emissores. Por exemplo, uma relação de 1/2 entre as frequências de irrigação

**Tabela 5.** Salinidade máxima permitida na água de irrigação, proporcionada pela injeção de fertilizantes na água.

Relação entre frequência de irrigação/frequência de fertirrigação por semana	Concentração do nutriente na água de irrigação (g.L <sup>-1</sup> )	Condutividade elétrica da água de irrigação (dS.m <sup>-1</sup> a 25 °C)
1/1	1,50	2,30
1/2	2,00	3,10
1/3	2,50	4,00
1/7 ou menos	4,50	6,30

Fonte: Pizarro (1987).

corresponde à irrigação diária e fertirrigação a cada dois dias, cujos valores máximos para concentração de nutrientes e condutibilidade elétrica (CE) da água na saída dos emissores equivalem a 2 g.L<sup>-1</sup> e 3,1 dS.m<sup>-1</sup>, respectivamente. Esta frequência é bastante empregada para a cultura da videira no Submédio do Vale do São Francisco.

Contudo, a concentração de nutrientes depende da vazão da subunidade de rega, do tempo de irrigação e da taxa de injeção do fertilizante. A concentração do fertilizante na água de irrigação pode ser determinada usando a seguinte equação (HANSON et al., 1997):

$$C_f = \frac{C_n \times IR}{Q}$$

em que:  $C_f$  = concentração do fertilizante na água de irrigação, expressa em mg.L<sup>-1</sup>;

$C_n$  = concentração do nutriente do fertilizante, presente em solução, expressa em mg.L<sup>-1</sup>;

IR = taxa de injeção, expressa em L.h<sup>-1</sup>;

Q = vazão do sistema de irrigação, expressa em L.h<sup>-1</sup>.

Para o preparo da solução fertilizante, deve-se conhecer a solubilidade dos fertilizantes (Tabelas 1, 3 e 4). Costa (2003) sugere adotar 75% da solubilidade informada pelo fabricante, uma vez que os fertilizantes contêm níveis variados de impurezas, enquanto a água de irrigação possui composição química bastante distinta. Nas tabelas apresentadas, a solubilidade refere-se a uma temperatura de 20 °C. Como a solubilidade dos fertilizantes aumenta com o aumento da temperatura (Figura 8), recomenda-se utilizar uma menor solubilidade dos fertilizantes para períodos de temperatura inferior a 20 °C.

A compatibilidade entre os fertilizantes, também, deve ser observada (Figura 9). Quando se prepara uma solução envolvendo a mistura de dois ou mais fertilizantes, para reduzir custos, deve-se verificar a sua compatibilidade, para diminuir a probabilidade de formação de precipitados, tanto no tanque de solubilização quanto no interior do sistema de irrigação. Sempre que forem feitas misturas de fertilizantes diferentes dos utilizados convencionalmente, deve-se fazer o “teste da jarra”, que consiste em se misturar os fertilizantes em uma jarra na mesma proporção que será utilizada no reservatório, esperando por duas horas após a mistura. Se não ocorrer a formação de precipitado, a mistura poderá ser usada sem problemas.

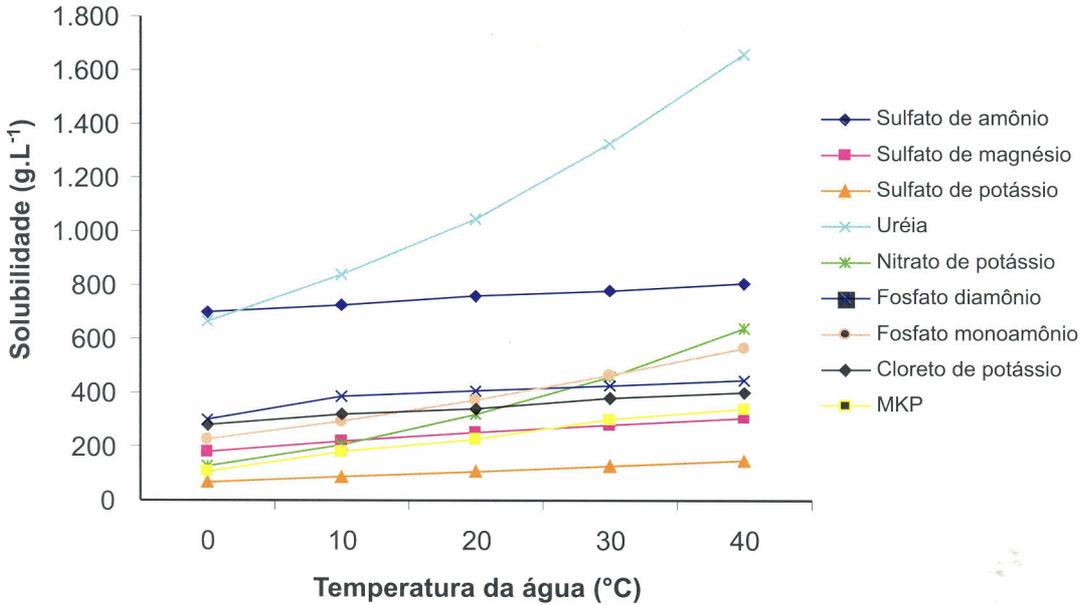


Figura 8. Solubilidade de alguns fertilizantes sólidos em função da temperatura.

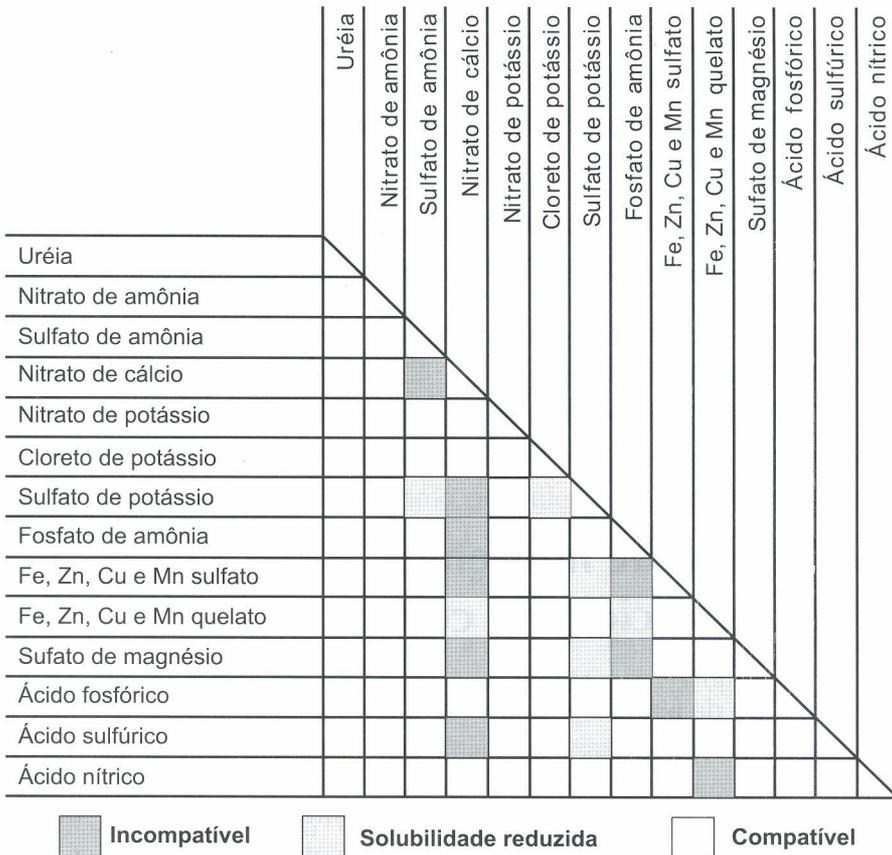


Figura 9. Compatibilidade entre fertilizantes minerais quando solubilizados em água e misturados num mesmo recipiente.

Fonte: Landis et al. (1989), citados por Villas Boas et al. (1999).

Existem algumas regras que devem ser observadas durante a mistura dos fertilizantes (BURT et al., 1995):

- a) Sempre adicionar os fertilizantes líquidos à água antes dos fertilizantes sólidos, porque os primeiros podem aquecer a água, enquanto alguns fertilizantes sólidos podem tornar a solução mais fria, diminuindo a solubilidade.
- b) Sempre adicionar os fertilizantes sólidos lentamente, mexendo ou agitando a solução para prevenir a formação de precipitados.
- c) Sempre adicionar os ácidos à água, não a água aos ácidos. O mesmo se aplica ao cloro gasoso ou líquido.
- d) Nunca misturar ácidos ou fertilizantes ácidos com cloro, porque haverá a formação de um gás tóxico e nunca armazenar ácidos e cloro em uma mesma sala.
- e) Não misturar fertilizantes em diferentes soluções concentradas.
- f) Não misturar fertilizantes contendo cálcio com fertilizantes contendo sulfato. Essa mistura resulta na formação de sulfato de cálcio (gesso), que tem solubilidade muito baixa. Os cristais de gesso formados podem obstruir os filtros ou os emissores.
- g) Não misturar fertilizantes contendo cálcio com fertilizantes contendo fósforo, devido à formação de fosfato de cálcio, também de solubilidade muito baixa.

Águas extremamente duras, contendo grandes quantidades de cálcio e de magnésio, podem formar substâncias insolúveis ao se combinar com fertilizantes fosfatados e sulfúricos.

## **11.6 Aplicação de nutrientes durante o ciclo da cultura**

A aplicação de fertilizantes na videira é realizada em função da necessidade de cada nutriente ao longo das distintas fases fenológicas da planta.

A frequência de aplicação dos fertilizantes vai depender da curva de absorção de nutrientes da planta, do tipo de solo, das condições climáticas (especialmente do regime de chuvas), do sistema de irrigação utilizado e do manejo da irrigação.

A aplicação de fertilizantes via água de irrigação em sistemas de irrigação localizada deve ser escalonada em frequências de 1, 2, 3, 4, 5 ou 6 vezes por semana, porém, nunca inferior a uma vez por semana, principalmente em solos de textura arenosa.

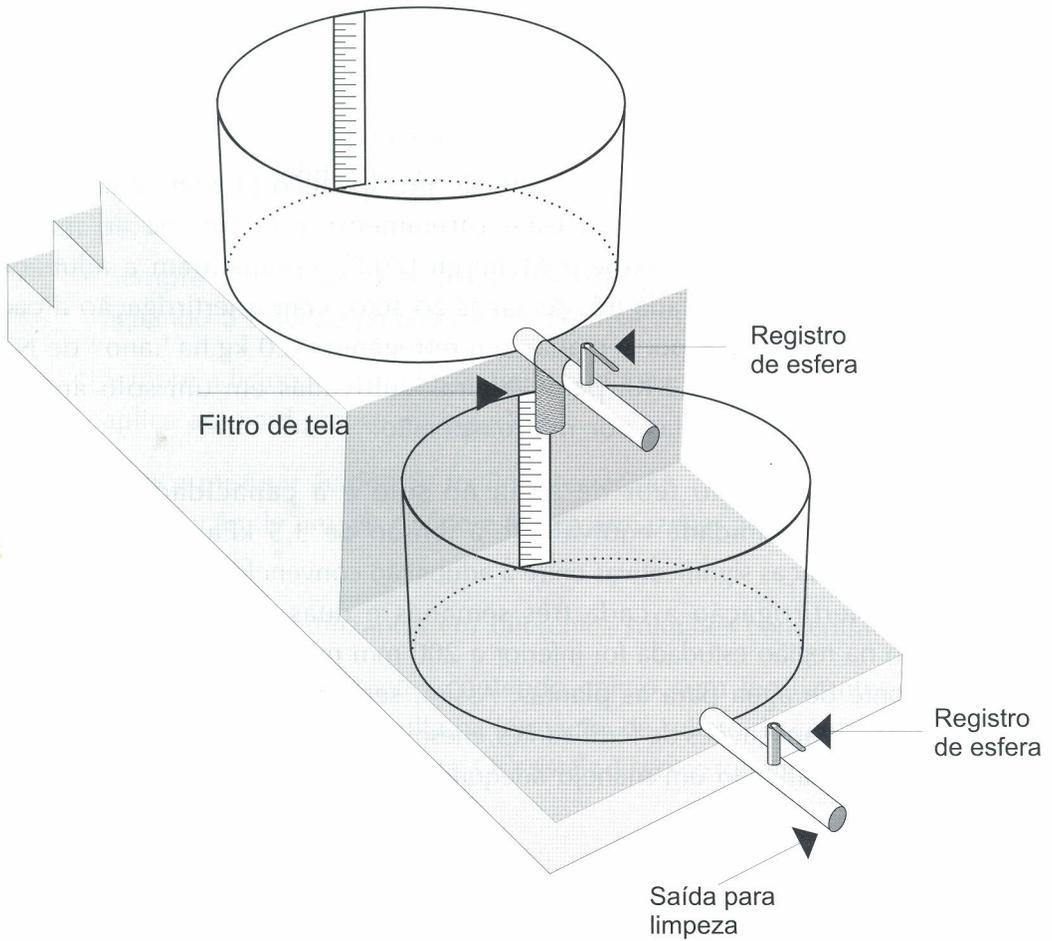
Na ocorrência de baixos índices de precipitação pluvial, a frequência de aplicação de fertilizantes vai estar diretamente relacionada ao manejo adequado da irrigação. Conradie e Myburgh (2000) compararam a adubação convencional, aplicada a cada três semanas ao solo, com a fertirrigação a cada três semanas e duas vezes por semana com nitrogênio ( $120 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  de N) e potássio ( $80 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  de K), para videiras cultivadas em um solo arenoso (> 97% de areia) e irrigadas por microaspersão.

Apesar de o alto teor de areia no solo e a capacidade de campo corresponderem à umidade equivalente à tensão de 3,5 kPa, os autores não observaram diferenças significativas entre a adubação convencional e a fertirrigação, nem entre a fertirrigação a cada três semanas e duas vezes por semana. A precipitação na região estudada foi inferior a 200 mm por ano, sendo a irrigação a principal fonte de água para as plantas. Assim, seria possível manter um maior intervalo entre as aplicações de fertilizantes, mesmo em solos altamente permeáveis, desde que seja realizado um manejo adequado da água, minimizando as perdas por percolação.

São apresentados, a seguir, alguns procedimentos para a preparação e injeção de soluções de fertilizantes com um de injetor Venturi:

- a) Conhecer a capacidade do tanque de solubilização de fertilizantes, que depende do tamanho da subunidade de rega. No Submédio do Vale do São Francisco, a capacidade desses tanques tem sido de 250 L, 500 L, 750 L e 1.000 L. Recomenda-se o uso de tanques confeccionados com materiais não corrosivos, como polietileno, polipropileno, fibra de vidro e amianto revestido com tinta epóxi. Sua instalação pode ser feita conforme orientação na Figura 10.
- b) Quantificar o(s) fertilizante(s) a ser(em) injetado(s), de acordo com a exigência nutricional de cada fase fenológica da videira.

Exemplo: considerando uma área de videira com quatro anos de idade, plantada no espaçamento de 3m x 2m, irrigada por gotejamento, sendo a necessidade nutricional diária de  $2,5 \text{ g}\cdot\text{planta}^{-1}$  de N na fase de brotação; considerando-se, também, que o vinhedo tem 4 ha divididos em 3 subunidades de rega, o que resulta em 2.223 plantas por subunidade de rega. Com base nestes dados, pode-se quantificar tanto o fertilizante, quanto o volume de água necessário, como segue:



**Figura 10.** Tanques para preparo da solução de fertilizantes.

Quantificação do fertilizante nitrogenado, utilizando-se ureia como fonte de N:

$$Q = D_n \cdot C_f \cdot N_p$$

em que: Q = quantidade do fertilizante a ser aplicada por subunidade de rega (kg);

$D_n$  = dose do nutriente a ser aplicada por planta ( $\text{g.planta}^{-1}$ );

$C_f$  = concentração do nutriente no fertilizante (%);

$N_p$  = número de plantas por subunidade de rega (unidade).

Assim,

$Q_{(\text{Ureia})} = 2,5 \text{ g.planta}^{-1} \text{ de N} \times 100 \text{ g de ureia}/45 \text{ g de N} \times 2.223 \text{ plantas} = 12,35 \text{ kg de ureia.}$

- c) Colocar o(s) fertilizante(s) no tanque de solubilização, adicionar água e iniciar o processo de agitação manual ou mecânica, conforme Figura 11a.
- d) Após alguns minutos de agitação, se for constatada a presença de torrões de fertilizantes no fundo do tanque, sugere-se desmanchá-los até a sua total solubilização (Fig. 11a) e continuar a agitação (Figura 11b).
- e) Após o preparo da solução, transferi-la para o tanque de sucção, sem agitá-la, tendo-se o cuidado de fazer uma pré-filtragem para reter impurezas existentes na solução (Figura 12).
- f) Dar início ao processo de injeção da solução de fertilizantes, provocando

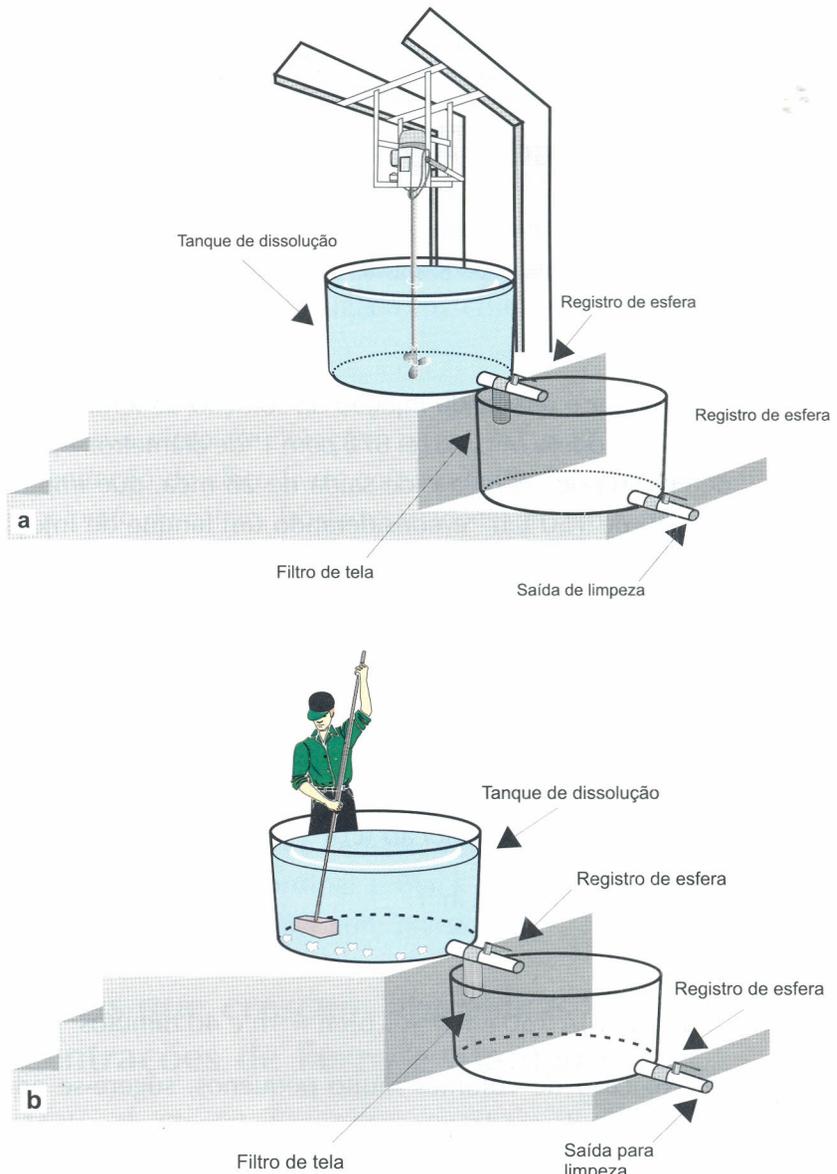


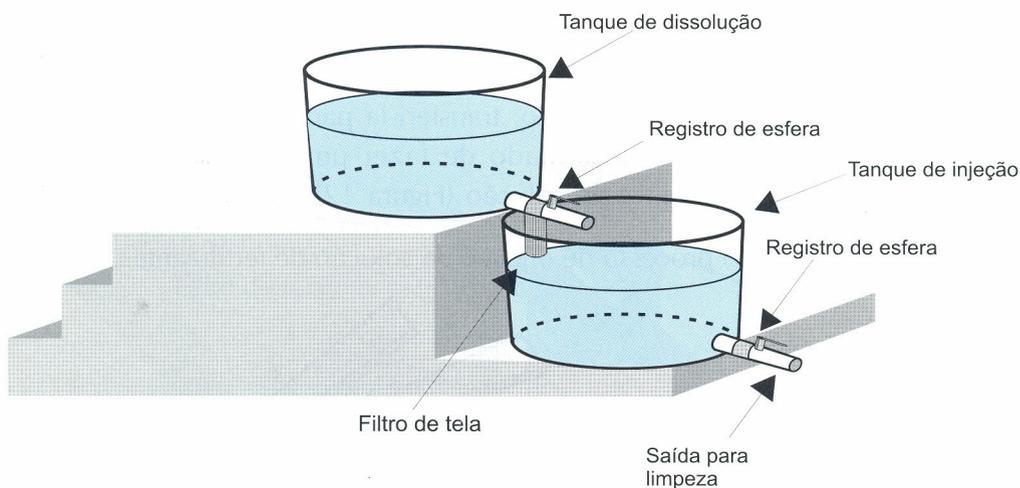
Ilustração: Davi José Silva

Ilustração: José Monteiro Soares e Francisco Fernandes da Costa

**Figura 11.**  
 Dissolução de fertilizantes sólidos:  
 a) agitador mecânico;  
 b) dissolução manual de torrões.

um gradiente de pressão no ponto de injeção, de acordo com a vazão de injeção requerida e o modelo de injetor Venturi utilizado, conforme Figuras 6a e 6b.

Ilustração: Davi José Silva



**Figura 12.** Solução de fertilizantes dissolvida e preparada para a injeção.

- g) Quantificar o tempo de injeção da solução de fertilizantes, utilizando um Venturi (modelo Mic Mazei 878 com 1" de diâmetro), operando sob pressão de entrada de 56 mca e de saída de 28 mca, que implica numa taxa de injeção de 150 L.h<sup>-1</sup> e considerando um tanque de injeção de 250 L.

$$T_{in} = V_{sg} \cdot 1/(t_{inj})$$

em que:

$$T_{in} = \text{tempo de injeção (h)}$$

$$V_{sg} = \text{volume total da solução (L)}$$

$$T_{inj} = \text{taxa de injeção (L.h}^{-1}\text{)}$$

Assim,

$$T_{inj} = 250 \text{ L} \times 1/ (150 \text{ L.h}^{-1}) = 1,66 \text{ h} = 1 \text{ h e } 40 \text{ minutos}$$

Obs.: No caso de volumes muito pequenos, sugere-se adicionar água ao tanque de dissolução, de modo que o tempo de injeção da solução de fertilizantes seja compatível com o tempo de fertirrigação.

## 11.7 Manutenção de sistemas de irrigação localizada

Para que os sistemas de irrigação localizada mantenham o seu desempenho de alta eficiência de aplicação de água, é necessário que a sua manutenção seja realizada de maneira contínua ou periódica, no sentido de prevenir a ocorrência de obstrução dos emissores por meio de materiais de origem orgânica ou de precipitados químicos (SCHWANKL et al., 1998; COSTA, 2003). A injeção de produtos químicos é essencial para a manutenção de sistemas de irrigação localizada. Existem muitas causas para a obstrução desses sistemas de irrigação que requerem a adição de produtos químicos à água. Deve ser adotado um tratamento específico, dependendo da qualidade da água de cada local e do sistema de irrigação adotado (BURT et al., 1995). Os problemas que podem causar a obstrução de emissores e as possíveis soluções são relacionados a seguir.

### 11.7.1 Crescimento de microalgas e bactérias

As microalgas e bactérias na forma de filamentos estão presentes em níveis elevados em águas provenientes de rios, reservatórios, canais e poços. Quando essas águas são utilizadas na irrigação localizada, os emissores podem ser obstruídos gradualmente.

Para contornar este problema, recomenda-se adicionar um biocida à água de irrigação, tal como o cloro. A cloração consiste na aplicação de produtos que contêm alta concentração de cloro livre, como o ácido hipocloroso, o hipocloreto de sódio e o hipocloreto de cálcio. Existem situações em que a cloração deverá ser realizada periodicamente. No entanto, quando a concentração de microalgas e bactérias é muito elevada, exige uma cloração contínua ou durante todo o tempo de irrigação. Maiores informações poderão se obtidas nas publicações de Burt et al. (1995), Hanson et al. (1997), Schwankl et al. (1998) e Costa (2003).

Como os cloretos possuem alta solubilidade e não são absorvidos pelos colóides do solo, ficam livres para a absorção das raízes, podendo causar toxicidade em algumas culturas, como é caso da videira. Ayres e Westcot (1991) mencionam que as cultivares Thompson Seedless e Perlette toleram até  $710 \text{ mg.dm}^{-3}$  de cloretos no solo, enquanto as cultivares Cardinal e Black Rose, até  $355 \text{ mg.dm}^{-3}$ . Diante disto, a injeção de cloro deve ser feita com precaução.

### 11.7.2 Bactérias que crescem em baixas concentrações de Ferro e Manganês

Concentrações muito baixas de ferro e de manganês (menores que  $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$ ) são suficientes para o crescimento de bactérias. Essas bactérias oxidam ferro e

manganês como fontes de energia, podendo causar a obstrução dos sistemas de gotejamento em algumas semanas. A presença dessas bactérias é mais comum em águas de poços. Para solucionar o problema, recomenda-se a aeração forçada por bombeamento no reservatório de água, que promoverá a precipitação de ferro e de manganês. Uma alternativa é a cloração para a eliminação das bactérias. No caso de pequenos reservatórios, recomenda-se cobri-los com lona preta de polietileno para evitar a entrada de luz solar e inibir o desenvolvimento dessas bactérias.

### 11.7.3 Precipitação de carbonatos de cálcio e de magnésio

A precipitação de carbonatos ocorre nos próprios emissores e pode obstruí-los. Esta pode ser facilmente identificada pela efervescência, quando se aplica ácido muriático sobre o emissor.

A solução mais popular usada historicamente é a aplicação de ácidos para remover o gás  $\text{CO}_2$  dissolvido na água antes que ocorra a precipitação. Muitos tipos de ácidos são utilizados, incluindo o ácido fosfórico, nas concentrações de 34%, 46%, 56% e 75%; ácido sulfúrico e ácido nítrico nas concentrações de 33%, 48%, 54% e 65%; ácido clorídrico ou ácido muriático, ácido cítrico, além de fertilizantes acidificadores e injetores gasosos de  $\text{SO}_2$ , entre outros gases, com o objetivo de abaixar o pH da água (BURT et al., 1995; COSTA, 2003). O abaixamento do pH a 6,5 é suficiente para evitar a precipitação de carbonatos.

O uso contínuo de ácidos nitrogenados pode causar problemas para culturas como a videira, pois o nitrogênio não deve ser aplicado próximo à época de colheita. Com a aplicação de ácidos, o pH do solo próximo ao emissor é abaixado, podendo haver inibição da nitrificação, redução da disponibilidade de micronutrientes, aumento da toxicidade de alumínio e até danos às raízes das plantas (BURT et al., 1995).

A injeção de ácido fosfórico é programada para reduzir o pH da água de irrigação a 3,0, por 30 a 60 minutos. Esse pH baixo ajuda a minimizar a precipitação de fosfato de cálcio. Quando há formação de fosfato de cálcio, esse não pode ser dissolvido pela aplicação adicional de ácido. A utilização de ácido fosfórico deve ser feita com cuidado, principalmente em águas duras, que apresentam alta concentração de cálcio e magnésio. Nestes casos, a injeção de ácido fosfórico pode não ser suficiente para abaixar o pH da água de irrigação para 3. Schwankl et al. (1998) recomendam utilizar ácido sulfúrico, no sentido de prevenir a ocorrência de precipitações no interior de sistemas de irrigação.

Em geral, se existir mais de  $50 \text{ mg.L}^{-1}$  de cálcio na água, o ácido fosfórico não deve ser injetado. Cálcio e magnésio combinados devem permanecer abaixo

de 50 mg.L<sup>-1</sup> e o bicarbonato deve permanecer abaixo de 150 mg.L<sup>-1</sup> para aplicar ácido fosfórico. A concentração de cálcio e de magnésio pode ser de até 75 mg.L<sup>-1</sup> se a concentração de bicarbonato for menor que 100 mg.L<sup>-1</sup> para a aplicação de uma fonte de fósforo neutra (BURT et. al, 1995). Outras informações sobre acidificação da água de irrigação poderão ser encontradas nas publicações de Burt et al. (1995), Hanson et al. (1997), Schwankl et al. (1998) e Costa (2003).

### 11.7.4 Precipitação de Ferro e de Manganês

Ferro e manganês dissolvidos na água, na presença de sulfitos, formam precipitados, proporcionando cor escura à água. A combinação de concentrações de ferro maiores que 0,6 mg.L<sup>-1</sup> e sulfitos totais maiores que 2,0 mg.L<sup>-1</sup> cria um lodo de sulfitos de ferro. Como estes compostos ocorrem com maior frequência em águas subterrâneas, onde permanecem solúveis no estado reduzido, se oxidam e se precipitam em partículas sólidas quando a água é exposta à atmosfera. Além disso, estes elementos podem se precipitar numa faixa de pH entre 4 e 9,5, que corresponde ao pH da maioria das águas que ocorrem na natureza (SCHWANKL et al., 1998).

O tratamento dessas águas pode ser feito pela combinação de aeração, acidificação e cloração.

### 11.7.5 Intrusão de raízes

Em sistemas subsuperficiais de gotejamento, é necessário atentar para o crescimento de raízes nos emissores enterrados, podendo obstruir parcial ou totalmente o sistema de irrigação. Este tipo de problema ocorre, com maior frequência, quando o sistema de irrigação por gotejamento subsuperficial é instalado em culturas perenes, principalmente no período em que as irrigações estão suspensas.

Um programa de quimigação com herbicidas deve ser eficiente para evitar o crescimento de raízes nos emissores. A aplicação de cloro e de produtos ácidos também pode destruir as radículas que penetram nos gotejadores (BURT et al., 1995; SCHWANKL et al., 1998).

## 11.8 Referências

ARAÚJO, C. A. S.; SILVA, D. J.; DAMASCENO, F. C.; ANJOS, J. B. dos. Determinação do fator de retardamento para potássio em solo cultivado com videira. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 17., 2007, Mossoró. **Anais...** Mossoró: Abid, 2007. 1 CD-ROM.

ARAÚJO, C. A. S.; SILVA, D. J.; DAMASCENO, F. C.; ANJOS, J. B. dos. Fator de retardamento para fósforo em colunas de um solo cultivado com videiras irrigadas por microaspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 30., 2005, Recife. **Anais...** Recife: SBCS, 2005. 1 CD-ROM.

AYRES, R. S.; WESCOT, D. W. **A qualidade da água de irrigação na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. (FAO. Estudos: 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. **Anais....** Piracicaba: USP/ESALQ/SLCS/SBCS/SBM, 1996. 1 CD-ROM.

BASSOI, L. H.; HOPMANS, J. W.; JORGE, L. A. C.; MIRANDA, A. A.; SILVA, J. A. M. Grapevine root distribution in drip and microsprinkler irrigation. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 60, n. 2, p. 377-387, 2003.

BOMBA hidráulica T.M.B. "WP-60" inyectora de fertilizante: modelo 1988. [S.l.: s.n, 1988]. 11 p.

BURT, C.; O'CONNOR, K.; RUEHR, T. **Fertigation**. San Louis Obispo: California Polytechnic State University Irrigation Training and Research Center, 1995. 295 p.

COELHO, A. M. Fertigação. In: COSTA, E. F. da; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. (Ed.). **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Sete Lagoas, MG: Embrapa-CNPMS, 1994. p. 201-227.

CONRADIE, W. J.; MYBURGH, P. A. Fertigation of *Vitis vinifera* L. cv. Bukettraube/110 Richter on a sandy soil. **South African Journal of Enology and Viticulture**, [South Africa], v. 21, n. 1, p. 40-47, 2000.

COSTA, E. F. da; FRANÇA, G. E. de; ALVES, V. M. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 139, p. 63-68, 1986.

COSTA, F. F. da. **Práticas de fertirrigação**. Petrolina: Projeter Irrigação, 2003. 40 p. Não publicado.

FRIZZONE, J. A.; BOTREL, T. A. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E. (Ed.). **SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS**, 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Potafos, 1994. p. 227-260.

HAJRASULIHA, S.; ROUSTON, D. R.; LOUIE, D. T. Fate of <sup>15</sup>N fertilizer applied to trickle-irrigated grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Reedley, v. 49, n. 2, p. 191-198, 1998.

HANSON, B.; SCHWANKL, L.; GRATTAN, S.; PRICHARD, T. (Ed.) **Drip irrigation for row crops**. Davis: University of California, 1997. 238 p.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. Madrid: Artes Gráficas Palermo, 1987. 461 p.

SCHWANKL, L.; HANSON, B.; PRICHARD, T. (Ed.) **Micro-irrigation of trees and vines: a handbook for water managers**. Davis: University of California, 1998. 142 p.

SILVA, D. J.; ARAÚJO, C. A. S.; DAMASCENO, F. C.; ANJOS, J. B. dos. Fator de retardamento para potássio em colunas de um solo cultivado com videiras irrigadas por gotejamento. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA AGRICULTURA IRRIGADA, 2005, Teresina. **Anais...** Teresina: ABID; Governo do Estado do Piauí; Embrapa Meio Norte; DNOCS; CODEVASF, 2005a. 1 CD-ROM.

SILVA, D. J.; ARAÚJO, C. A. S.; DAMASCENO, F. C.; ANJOS, J. B. dos. Fator de retardamento para fósforo em um solo arenoso determinado em condições de laboratório. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA AGRICULTURA IRRIGADA, 2005, Teresina. **Anais...** Teresina: Abid, 2005b. 1 CD-ROM.

SILVA, D. J.; LEÃO, P. C. de S. Fertirrigação com nitrogênio em uvas sem sementes: 1. e 2. ciclos de produção. In: SEMINÁRIO NOVAS PERSPECTIVAS PARA O CULTIVO DA UVA SEM SEMENTES NO VALE DO SÃO FRANCISCO, 2004, Petrolina. [**Palestras...**]. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. (Embrapa Semi-Árido. Documentos, 185). 1 CD-ROM.

SILVA, D. J.; SOUZA, L. P. C.; SILVA, E. E. G. Adubação nitrogenada em uva de mesa no Nordeste do Brasil. In: ZANUS, M. C.; LAUREANO, O.; MELO, G. W. B. de; SEBEN, S. de S. (Ed.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 10., 2003, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho 2003. p. 182. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 40).

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. **Anais...** Viçosa: SBCS, 1995. p. 1865-1867.

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., SEMINÁRIO 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).

SOARES, J. M.; COSTA, F. F. da; NASCIMENTO, T. **Recomendações básicas para o manejo de água em fruteiras**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2006. 28 p. (Embrapa Semi-Árido. Circular Técnica, 82).

SOARES, J. M.; LIMA, M. I. de; CORDEIRO, G. C.; PEREIRA, J. R. NASCIMENTO, T.; BARRETO, D. S. B. **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: Embrapa-CPATSA, 1997. Não paginado.

SOARES, J. M.; NASCIMENTO, T. Distribuição do sistema radicular da videira em Vertissolo sob irrigação localizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 2, p.119-246, 1998.

VILLAS BOAS, R. L.; BULL, L. T.; FERNANDES, D. M. Fertilizantes em fertirrigação. In: FOLEGATTI, M. V. (Coord.). **Fertirrigação**: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 1999. p. 293-319.

VITTI, G. C.; BOARETTO, A. E.; PENTEADO, S. R. Fertilizantes e fertirrigação. In: SIMPOSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS, 1993, Piracicaba. **Fertilizantes Fluidos**. Piracicaba: Potafós, 1994. p. 261-281.