

## ação e Fertirrigação do Meloeiro por Gotejamento

Irrigação e fertirrigação ...  
2001 FL-PP-08074



CPATSA-25497-1

### Introdução

A irrigação, quando realizada de forma adequada, é uma das práticas agrícolas que mais favorece o desenvolvimento e a produtividade da cultura do melão. A escolha correta do sistema de irrigação e o suprimento de água às plantas, no momento oportuno e na quantidade correta, são decisivos para o sucesso da cultura.

O sistema de irrigação por gotejamento aplica água diretamente no solo sem molhar a parte aérea das plantas e os frutos, reduzindo substancialmente a incidência de doenças fúngicas e bacterianas e aumentando a produtividade e a qualidade dos frutos. Ademais, por não molhar toda a superfície do solo, reduzindo as perdas de água por evaporação, e por apresentar alta eficiência de irrigação, pode reduzir o uso de água em até 60% quando comparado ao sistema por sulco, o segundo sistema de irrigação mais utilizado. Por estas razões, o gotejamento tem sido o sistema mais utilizado nas principais regiões produtoras de melão do Brasil.

Outro aspecto importante para o sucesso da irrigação por gotejamento na cultura do melão é o uso efetivo da fertirrigação. Por permitir que os fertilizantes sejam fornecidos de forma parcelada, atendendo às necessidades das plantas, a utilização da fertirrigação contribui para que a fertilidade do solo seja mantida num nível próximo do ótimo durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura, maximizando a absorção de nutrientes pelas raízes e resultando em ganhos de produtividade e qualidade.

### Sistema por Gotejamento

As principais vantagens do gotejamento, comparativamente ao sistema por sulco, são: menor uso de água (40 a 60%) e de mão-de-obra (60 a 80%); maior produtividade (20 a 30%); alta eficiência de irrigação (80 a 90%); e possibilidade do uso da fertirrigação. Além disto, o gotejamento pode ser utilizado nos mais diversos tipos de solo, topografia e clima. O sistema, por propiciar aumentos significativos na produtividade e na melhoria da qualidade dos frutos, tem se mostrado altamente viável para o cultivo do melão, devido, principalmente, a maior eficiência do uso de água e nutrientes pelas plantas e favorecer menor incidência de doenças.

As principais desvantagens do sistema são o maior custo inicial por unidade de área (R\$2.500 a 5.000/ha), a facilidade de entupimento e a necessidade de remoção das tubulações de gotejadores (linhas

Brasília, DF  
Dezembro, 2001

### Autores

Waldir A. Marouelli  
Eng. Agrícola,  
Ph.D., Embrapa Hortaliças

José Francismar Medeiros  
Eng. Agrônomo,  
D.Sc., ESAM

Henoque R. Silva  
Eng. Agrônomo,  
Ph.D., Embrapa Hortaliças

José M. Pinto  
Eng. Agrícola,  
D.Sc., Embrapa Semi-Árido

Washington L.C. Silva  
Eng. Agrônomo,  
Ph.D., Embrapa Hortaliças

laterais) distribuídas no campo no final de cada safra.

Para que possa atender com eficiência às necessidades hídricas da cultura, o sistema deve ser devidamente dimensionado, levando-se em consideração aspectos agronômicos, hidráulicos e operacionais. Os procedimentos para o dimensionamento agronômico e hidráulico podem ser encontrados em publicações específicas, não sendo abordado nesta circular técnica. No Brasil, a elaboração do projeto, a qualidade do equipamento e a implantação do sistema ficam, na maioria das vezes, sob a responsabilidade das empresas revendedoras dos equipamentos de irrigação. O produtor deve procurar, na região, empresas idôneas e de reconhecida competência técnica que ofereçam equipamentos de qualidade e assistência adequada. Para a escolha do projeto mais viável, o produtor deve procurar ajuda de um técnico especializado.

Uma variação do gotejamento superficial, em que a linha lateral é colocada sobre o solo, é o subterrâneo, onde a lateral é enterrada junto à linha de plantio a uma profundidade entre 20 e 30 cm.

As principais vantagens deste sistema são: aplicação de água e nutrientes junto às raízes; redução da evaporação; não contato do fruto ou partes da planta com água de irrigação; e não necessidade de remoção das linhas de gotejadores no final de cada ciclo da cultura, reduzindo a mão-de-obra e aumentando a vida útil do material.

A principal dificuldade, principalmente em solos arenosos, é a necessidade eventual de se irrigar por aspersão na fase inicial da cultura para a germinação e estabelecimento inicial das plantas (10 a 15 dias).

O sistema de irrigação por gotejamento é composto pelo conjunto motobomba, cabeçal de controle, incluindo sistema de

filtragem e de injeção de fertilizantes, válvulas e chave de partida, e pelo sistema de distribuição de água, incluindo linhas adutora, de distribuição e de gotejadores, válvulas e acessórios. Para maior eficiência da irrigação e bom funcionamento do sistema devem ser utilizadas válvulas reguladoras de pressão, anti-vácuo e de final de linha.

O sistema pode ser automatizado por meio de painéis controladores, válvulas hidráulicas e sensores. Nos controladores básicos, são programados os horários e a duração das irrigações, devendo ser reprogramados manualmente para ajustar variações na demanda de água da cultura. Em controladores mais sofisticados, este ajuste pode ser realizado automaticamente pelo controlador por meio de sensores de umidade de solo e/ou climáticos para cálculo da evapotranspiração da cultura. Os sistemas automatizados têm maior custo inicial, mas reduzem a utilização de mão-de-obra, erros de operação e, por permitir que o sistema opere 24 horas por dia, proporcionam uma economia significativa no dimensionamento hidráulico.

As linhas laterais de gotejadores podem ser agrupadas nas categorias de fitas e tubos. O diâmetro varia de 16 a 20 mm e a espessura de parede entre 0,1 e 1,2 mm. As de maior espessura apresentam, via de regra, maior durabilidade. As linhas de gotejadores com espessura de parede entre 0,1 até 0,6 mm são as mais utilizadas por reduzir custos e facilitar o rebobinamento no final de cada safra. A vazão por gotejador pode variar desde menos de 0,5 L/h até mais de 4,0 L/h, sendo aqueles com vazões entre 1,0 e 2,5 L/h os mais utilizados. Os gotejadores do tipo autocompensante apresentam pequena variação de vazão quando submetidos a variações de pressão na linha lateral, permitindo maior uniformidade na distribuição da água.

Para o cultivo do melão, os gotejadores devem ser espaçados de modo que se forme uma faixa molhada ao longo da linha de plantio. O espaçamento entre gotejadores depende do diâmetro do bulbo molhado formado pelo gotejador, que por sua vez depende, principalmente, do tipo de solo. Como regra geral, pode-se adotar um espaçamento de 20 a 30 cm para solos de textura grossa e de 40 a 60 cm para solos de texturas média e fina. A linha de plantio deve ser posicionada junto à linha lateral, com as plantas distanciadas de 5 a 10 cm do gotejador. Para evitar problemas com excesso de umidade para as plantas, principalmente em solos de textura fina, alguns produtores costumam deslocar a tubulação entre 15 a 25 cm com relação à linha de plantio, após o estabelecimento inicial da cultura.

### Qualidade da Água para Irrigação

A água encontrada na natureza pode conter impurezas que inviabilizem o seu emprego para fins de irrigação. As impurezas dependem da procedência da água e podem estar em suspensão ou dissolvidas. Em dissolução podem ser encontrados gases, sais, metais pesados e agrotóxicos. As impurezas em suspensão podem ter origem mineral, como areia, silte e argila, ou orgânica constituída por matéria morta e organismos vivos. A matéria orgânica morta pode ter origem animal ou vegetal, como folhas, galhos e outros. Dentre os organismos vivos presentes na água destacam-se as bactérias e os protozoários.

O principal problema de qualidade de água na irrigação por gotejamento é relacionado com a obstrução de gotejadores pelas impurezas em suspensão, formação de precipitados e atividade microbiológica. Na Tabela 1 é apresentado um critério para avaliação do risco de obstrução de gotejadores em função da qualidade física, química e biológica da água.

### Aspectos Químicos

A presença de certos elementos químicos na água podem provocar problemas de salinidade, permeabilidade do solo, toxicidade às plantas e obstrução de gotejadores. Regras básicas para interpretação destes riscos, em função da qualidade química da água de irrigação, são apresentadas na Tabela 2.

A concentração de sais dissolvidos na água não é, geralmente, suficiente para prejudicar o desenvolvimento do meloeiro. Os danos são devidos, principalmente, aos sais que se acumulam no solo, salinizando-o gradativamente. Este problema é mais freqüente na região Nordeste, onde é comum a presença de sais solúveis na água e/ou no solo, e a evapotranspiração é maior que a precipitação natural, o que pode provocar acúmulo de sais no solo.

O meloeiro apresenta tolerância moderada a concentração de sais na solução do solo. Irrigação com água ligeiramente salina (até 2,0 dS/m), desde que bem manejada e em solo com boa drenagem, produz frutos mais doces, com alto teor de sólidos solúveis e produtividade próxima da potencial. Todavia, durante o crescimento inicial, a planta é mais sensível à salinidade. Para se estimar o efeito da salinidade na produtividade da cultura, pode-se utilizar a seguinte equação (Cuenca, 1989):

$$P = 100 - 7,25 \times (CEe - 2,20) \quad (\text{equação 1})$$

em que:

P = produtividade relativa (%);

CEe = condutividade elétrica do extrato de saturação do solo (dS/m).

Os valores 7,25 e 2,20, indicados principalmente para cultivares do tipo amarelo e pele-de-sapo, representam a declividade da reta de redução de produtividade e a máxima condutividade

**Tabela 1.** Risco potencial de entupimento de gotejadores em função da qualidade da água de irrigação.

Qualidade	Risco de entupimento		
	Pequeno	Médio	Alto
Física			
Sólidos suspensos (mg/L)	< 50	50-100	> 100
Química			
pH	< 7,0	7,0-8,0	> 8,0
Sólidos dissolvidos (mg/L)	< 500	500-2.000	> 2.000
Manganês (mg/L)	< 0,1	0,1-1,5	> 1,5
Ferro total (mg/L)	< 0,1	0,1-1,5	> 1,5
Ácido sulfídrico (mg/L)	< 0,5	0,5-2,0	> 2,0
Biológica			
Bactérias (nº/mL)	< 10.000	10.000-50.000	> 50.000

Fonte: Gilbert & Ford (1986).

**Tabela 2.** Restrições de uso da água para fins de irrigação de acordo com os aspectos químicos.

Aspecto químico	Restrição de uso		
	Nenhum	Moderado	Severo
Salinidade			
CEa (dS/m)	<0,7	0,7-3,0	>3,0
STD (mg/L)	<450	450-2000	>2000
Permeabilidade do solo			
RAS = 0-3; CEa (dS/m) =	>0,7	0,7-0,2	<0,2
RAS = 3-6; CEa (dS/m) =	>1,2	1,2-0,3	<0,3
RAS = 6-12; CEa (dS/m) =	>1,9	1,9-0,5	<0,5
RAS = 12-20; CEa (dS/m) =	>2,9	2,9-1,3	<1,3
RAS = 20-40; CEa (dS/m) =	>5,0	5,0-2,9	<2,9
Toxidez			
Sódio (RAS)	<3,0	3,0-9,0	>9,0
Cloreto (meq/L)	<4,0	4,0-10,0	>10,0
Boro (mg/L)	<0,7	0,7-2,0	>2,0
NH <sub>4</sub> e NO <sub>3</sub> (mg/L)	<5,0	5,0-30,0	>30,0

CEa = condutividade elétrica da água; STD = sólidos totais solúveis; RAS = razão de absorção de sódio.  
Fonte: Ayers & Westcot (1991).

elétrica do extrato de saturação do solo que não causa redução de produtividade, respectivamente. Cultivares do tipo gália e cantaloupe toleram, em geral, níveis de salinidade mais elevados.

A salinidade do solo é mantida no nível de tolerância da planta aplicando-se uma quantidade excedente de água para promover a lixiviação dos sais. Sob irrigação por gotejamento, a fração de lixiviação é calculada pela média dos valores obtidos pelas equações abaixo (Smith & Hancock, 1986; Keller & Bliesner, 1990):

$$LR = \frac{CEa}{2 \times CEe_{\max}} \quad (\text{equação 2})$$

$$CEe = \frac{0,5 \times CEa}{1 - LR} \times \ln\left(\frac{1}{LR}\right) \quad (\text{equação 3})$$

em que:

LR = lixiviação mínima requerida (decimal);  
CEa = condutividade elétrica da água de irrigação (dS/m);  
CEe<sub>max</sub> = salinidade do extrato de saturação do solo em que o rendimento é reduzido em 100% (usar 16,0 dS/m para melão).

No caso da equação 3, a determinação de LR é feita por tentativa e erro, ou seja, assume valores de LR até que o valor computado de CEE seja igual ao valor associado ao nível de produção desejado. Por exemplo, para obtenção de produtividade máxima ( $P = 100\%$ ), obtém-se pela equação 1  $CEE = 2,20 \text{ dS/m}$ .

Dentre as principais medidas para prevenir ou minimizar problemas de salinidade, destacam-se: instalação de sistemas de drenagem em solos que não apresentam boa drenagem natural; adoção de práticas culturais que aumentam a infiltração e reduzam a evaporação de água do solo; realização de manejo adequado de irrigação; e seleção de cultivares mais adaptadas aos níveis de salinidade existentes.

O sódio, quando em excesso na água, pode interagir com o solo reduzindo sua permeabilidade e dificultando a infiltração de água e a oxigenação do solo. As principais medidas preventivas ou corretivas são: aplicar corretivos no solo e na água, como o gesso; e romper a crosta superficial do solo, por meio da escarificação, aração profunda e uso de materiais orgânicos, para propiciar melhor infiltração de água.

Água com pH acima de 7,5 e com alta concentração de bicarbonato (maior que  $2 \text{ meq/L}$ ) pode provocar a obstrução gradativa dos gotejadores, devido à precipitação de sais. A obstrução pode ainda se dar pela oxidação de ferro e manganês, que é favorecida por pH e temperaturas elevadas. O ferro e manganês presentes na água podem também formar precipitados insolúveis na presença de sulfeto.

O procedimento mais utilizado para reduzir a precipitação de sais em tubulações e gotejadores é a redução do pH da água para a faixa entre 5,5 e 7,0 por meio da injeção

de ácidos, como sulfúrico, muriático, nítrico ou cítrico. A quantidade de ácido a ser aplicada varia entre 0,02 e 0,2% da capacidade do sistema, sendo função da qualidade da água, temperatura e tipo de ácido. O uso do ácido fosfórico deve ser evitado, pois possui baixo poder acidificante e pode formar precipitados na presença de cálcio. Nas principais regiões produtoras de melão, parte da água utilizada para irrigação é subterrânea de origem calcária, com teores de cálcio e bicarbonato acima de 8 e 6  $\text{meq/L}$ , respectivamente, apresentando alto potencial para a obstrução de gotejadores e alcalinização do solo.

Os problemas decorrentes da presença de ferro, manganês e sulfetos são muitas vezes solucionados pela cloração da água ( $1 \text{ mg/L}$  de cloro residual livre). Os precipitados resultantes da oxidação devem ser filtrados antes de adentrarem o sistema de irrigação. A obstrução parcial de gotejadores, devido à precipitação de ferro e sais de cálcio, pode ser minimizada pela injeção de ácido durante 30 a 60 min numa concentração que reduza o pH da água para 4,0. Problemas mais sérios podem ser resolvidos injetando-se ácido para baixar o pH da água para 2,0. Após a aplicação do ácido, irrigar com água normal e com a pressão mais elevada possível.

A água utilizada para irrigação pode ainda estar contaminada por agrotóxicos e metais pesados, como o mercúrio, chumbo e cádmio, que podem causar problemas de fitotoxicidade às plantas e, ao serem absorvidas por elas, podem contaminar o consumidor final.

### Aspectos Físicos

As características físicas da água incluem a totalidade de sólidos em suspensão e as substâncias orgânicas dissolvidas. Partículas em suspensão podem restringir o uso da

água para irrigação, caso não sejam devidamente eliminadas. As tubulações e, principalmente, as bombas hidráulicas podem ter sua vida útil reduzida quando a água apresentar quantidades excessivas de materiais de origem mineral e vegetal em suspensão. Esses materiais, em especial a areia, atuam de forma abrasiva danificando as partes internas de bombas e tubulações.

Partículas inorgânicas suspensas (argila, silte e areia) e os materiais orgânicos (fragmentos de plantas, resíduos de animais, algas, insetos etc.) podem causar obstrução dos gotejadores. Tal problema, que é crítico em gotejamento, pode ser minimizado pela filtragem da água e lavagem periódica das linhas de gotejadores. A maioria dos fabricantes de gotejadores recomenda filtros de 75 a 150  $\mu\text{m}$  (100 a 200 mesh). A recomendação geral é remover todas as partículas maiores que 10% do diâmetro do orifício ou da passagem de fluxo do gotejador.

Os problemas com os detritos vegetais podem ser minimizados com o uso de telas na própria captação. Os filtros do tipo ciclone, centrífugos e tanques de sedimentação são próprios para eliminar areia grossa, mas não são indicados para sólidos orgânicos. Os filtros de disco e tela são indicados para eliminar praticamente quaisquer tipos de sólidos suspensos, mas são facilmente obstruídos por materiais

orgânicos. Os filtros de areia podem eliminar grandes quantidades de sólidos suspensos e materiais orgânicos antes de serem obstruídos. Apesar de eliminar partículas com diâmetro menor que 100  $\mu\text{m}$ , os filtros de areia devem ser seguidos por um filtro secundário de tela ou discos para evitar que partículas de areia do próprio filtro entrem no sistema. Água com quantidade excessiva de materiais em suspensão requer lavagem freqüente do elemento filtrante para não provocar perdas excessivas na pressão de serviço do sistema. Nesse caso, filtros com retrolavagem automática são desejáveis. A seleção do tipo de filtro em função da origem e da concentração do material em suspensão pode ser verificada na Tabela 3.

### Aspectos Biológicos

Águas superficiais contaminadas por organismos patogênicos podem servir de veículo para a transmissão de doenças aos consumidores, como amebíase, giardíase, verminoses, febre tifóide e cólera, quando utilizadas para irrigação. Felizmente, o cultivo do melão é, em geral, realizado longe dos centros urbanos, onde a água disponível para irrigação ainda apresenta baixo índice de contaminação por tais patógenos.

A água de irrigação pode, ainda, estar contaminada por organismos fitopatogênicos e atuar como veículo na

**Tabela 3.** Critério para seleção do tipo de filtro para sistema de irrigação por gotejamento.

Material orgânico	Material inorgânico	Tipo de filtro*
< 5 mg/L	< 5 mg/L	Tela manual
	5 a 10 mg/L	Disco manual
	> 10 mg/L	Tela ou disco automático
5 a 10 mg/L	< 5 mg/L	Tela ou disco automático
	5 a 10 mg/L	Areia manual
	> 10 mg/L	Areia manual
> 10 mg/L		Areia automático

\* Se filtro de areia for recomendado, deve-se usar um filtro de tela ou de disco em série para evitar que areia do filtro atinja os gotejadores

Fonte: Lima & Silva (2000).

disseminação de várias doenças ao meloeiro. Assim, deve-se evitar que o escoamento superficial de água da área cultivada atinja as fontes de água para irrigação. No caso de captação em rios e riachos, esta deve ser realizada à montante da área irrigada.

O desenvolvimento microbiano, como algas e bactérias, na água de irrigação também pode causar sérios problemas de obstrução dos gotejadores. A proliferação de algas, a qual depende de energia luminosa, é estimulada por excesso de nutrientes, como nitrogênio e fósforo. As bactérias, por outro lado, não requerem luz para seu desenvolvimento e quando na presença de sulfetos, ferro, manganês ou argila, produzem massas mucilaginosas (lodo) que podem facilmente obstruir os gotejadores. Baixíssimas concentrações (a partir de 0,2 mg/L) de ferro, manganês e sulfetos são suficientes para propiciar ativo desenvolvimento de bactérias. As ferro-bactérias filamentosas, no seu processo metabólico, transformam o ferro solúvel reduzido ( $\text{Fe}^{+2}$ ) em ferro insolúvel oxidado ( $\text{Fe}^{+3}$ ) produzindo um lodo mucilaginoso. As sulfo-bactérias produzem um lodo branco gelatinoso.

Um dos métodos mais utilizados para o controle de algas e bactérias é o uso de cloro. Todavia, o tratamento é de alto custo e requer manejo cuidadoso. O cloro residual livre no final da linha lateral de gotejadores deve ser entre 0,5 e 2,0 mg/L, se injetado de forma contínua durante a irrigação, ou entre 10 e 20 mg/L se injetado de uma a duas vezes por semana durante os últimos 30 minutos da irrigação. Problemas severos de obstrução podem, muitas vezes, ser minimizados por meio de uma supercloração (100 a 500 mg/L) e da manutenção da solução por 24 horas dentro da tubulação. O cloro deve ser utilizado em água com pH entre 5,5 e 6,5 para maior eficiência.

Algumas das fontes de cloro são o hipoclorito de sódio, hipoclorito de cálcio, gás cloro e ácido hipocloroso.

## **Necessidade de Água da Cultura**

A necessidade de água ao longo do ciclo de desenvolvimento do meloeiro varia de 300 a 550 mm, dependendo das condições climáticas, da cultivar e do sistema de irrigação. O uso diário de água, chamada de evapotranspiração da cultura e expressa em mm/dia, engloba a lâmina de água transpirada pelas plantas mais a água evaporada do solo.

O meloeiro apresenta quatro estádios distintos de desenvolvimento (inicial, vegetativo, frutificação e maturação) com relação às necessidades hídricas. A duração de cada estágio depende, principalmente, da cultivar e das condições edafoclimáticas.

### **Estádio Inicial**

O estágio inicial compreende o período que vai da semeadura até as plantas atingirem cerca de 10% de cobertura do solo. Na região Nordeste, dependendo da cultivar, época de plantio e do manejo do solo e da água, sua duração varia de 18 a 25 dias.

Irrigações em excesso podem favorecer a maior incidência de doenças de solo e a aeração, podendo comprometer o estande. A deficiência de água também pode prejudicar a germinação, enquanto a não uniformidade de irrigação pode acarretar germinação e emergência desuniforme de plântulas.

O plantio deve ser realizado preferencialmente em solo úmido. Caso necessário, a lâmina de irrigação a ser aplicada, antes da semeadura, deve ser o suficiente para elevar a umidade do solo até a capacidade de campo nos primeiros 20 cm

de profundidade do solo. Dependendo do tipo e da umidade inicial do solo, a lâmina líquida a ser aplicada varia entre 7 e 14 mm para solos de textura grossa e entre 15 e 30 mm para os de texturas média e fina. Para formação do bulbo molhado, a lâmina total deve ser fracionada e aplicada durante 2 a 3 dias, fazendo-se duas irrigações por dia no caso de solos arenosos e uma por dia para solos argilosos. Após a emergência, as irrigações devem ser leves e freqüentes, procurando manter a umidade da camada superficial do solo (0 a 10 cm) próxima à capacidade de campo.

### **Estádio Vegetativo**

Compreende o período entre o estabelecimento inicial da cultura e o início de pegamento de frutos. Na região Nordeste, esta fase se estende até 38 a 45 dias após a sementeira.

A deficiência moderada de água no início deste estágio favorece o desenvolvimento do sistema radicular, permitindo maior intervalo entre irrigações e melhoria na eficiência da absorção de nutrientes. Limitações no desenvolvimento vegetativo das plantas, resultantes da ocorrência de deficiência moderada de água no solo, têm pequeno efeito na produção, desde que o suprimento de água no estágio de frutificação seja adequado. Além disto, a deficiência moderada de água no início do florescimento favorece o maior aparecimento de flores femininas.

### **Estádio de Frutificação**

O estágio de frutificação, que vai do pegamento dos frutos até o início da maturação, é o mais crítico quanto à deficiência de água no solo. O manejo inadequado da irrigação nesse estágio afeta a produtividade e a qualidade de frutos. A deficiência de água reduz o pegamento e

tamanho de frutos, comprometendo a produtividade, enquanto o excesso favorece a ocorrência de doenças, como podridões do colo da planta e de frutos. Prolongados períodos de deficiência hídrica seguidos de irrigação em excesso podem causar danos fisiológicos, como rachadura de fruto. Nesse estágio, a necessidade hídrica da cultura é máxima e a umidade do solo deve permanecer próxima à capacidade de campo.

### **Estádio de Maturação**

É o período compreendido entre o início da maturação de frutos (5 a 10 dias antes da primeira colheita) e a última colheita. Neste estágio, há uma sensível redução do uso de água pelas plantas (20 a 30%). Irrigações excessivas prejudicam a qualidade dos frutos, reduzindo o teor de sólidos solúveis e a conservação dos mesmos. As irrigações devem ser paralisadas cerca de 1 a 3 dias antes da última colheita para solos arenosos, e 2 a 5 dias para solos de texturas média e fina.

### **Manejo da Água de Irrigação**

O manejo da água de irrigação engloba uma série de procedimentos visando responder quando e quanto irrigar. A reposição da água do solo no momento oportuno e na quantidade adequada envolve parâmetros relacionados a planta, ao solo e ao clima. Vários são os métodos disponíveis para o controle da irrigação, todos possuindo vantagens e desvantagens. Os métodos que permitem um controle criterioso, como o do balanço hídrico e o da tensão da água do solo, baseiam-se no conhecimento das características físico-hídricas do solo, necessidades hídricas da cultura e/ou fatores climáticos associados à evapotranspiração. Entretanto, estes métodos requerem equipamentos para o monitoramento da umidade do solo (tensiômetros, blocos de

resistência elétrica etc.) e/ou equipamentos para estimativa da evapotranspiração (tanque Classe A, termômetros, higrômetros, radiômetros etc.), além de pessoal qualificado. Por acreditar que são caros e de uso complicado, a grande maioria dos produtores irrigam suas lavouras de forma empírica. Como resultado, as irrigações são muitas vezes realizadas de forma inadequada comprometendo a produtividade e a qualidade de frutos.

Dentre as vantagens da adoção de um programa adequado de manejo, destacam-se: aumento da produtividade; melhor qualidade de fruto; maior rentabilidade da cultura; otimização no uso de água, de energia, de nutrientes e de agrotóxicos e, portanto, maior sustentabilidade ambiental e financeira.

A seguir são apresentados três métodos, com diferentes graus de precisão, para o manejo da irrigação na cultura do melão.

### Método do Turno de Rega Simplificado

O cultivo do melão é realizado principalmente em regiões semi-áridas ou em períodos onde a ocorrência de chuva é baixa. Sob tais condições, a variabilidade da evapotranspiração de ano para ano é

pequena, o que torna possível manejar a irrigação a partir de dados climáticos históricos e tipo de solo da região.

O método não requer a utilização de equipamentos para o manejo da irrigação. Possibilita estimar valores de turno de rega e lâmina de irrigação para cada estágio de desenvolvimento do meloeiro, em função das condições climáticas médias da região (temperatura e umidade relativa do ar), do tipo de solo, da profundidade efetiva do sistema radicular da cultura e do sistema de irrigação. Do ponto de vista do irrigante, é altamente desejável a possibilidade de antever as prováveis datas e lâminas de água necessárias, visto que as práticas culturais e a necessidades de trabalho podem ser previamente planejadas.

A seguir é apresentado o procedimento para a utilização do método simultaneamente com um exemplo de cálculo para a seguinte condição:

- Local: Mossoró/RN;
- Solo: textura grossa (arenoso);
- Mês: setembro;
- Temperatura média do ar: 28°C;
- Umidade relativa média do ar: 60%;
- Estádio: frutificação;
- Condutividade elétrica da água: 0,6 dS/m.

**Passo 1:** Determinar, pela Tabela 4, a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) em

**Tabela 4.** Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), em mm/dia, em função da temperatura e umidade relativa média do ar.

Temp (°C)	Umidade relativa (%)								
	40	45	50	55	60	65	70	75	80
20	7,3	6,7	6,1	5,5	4,9	4,3	3,6	3,0	2,4
22	8,0	7,3	6,6	6,0	5,3	4,6	4,0	3,3	2,7
24	8,6	7,9	7,2	6,5	5,8	5,0	4,3	3,6	2,9
26	9,4	8,6	7,8	7,0	6,2	5,5	4,7	3,9	3,1
28	10,1	9,3	8,4	7,6	6,7	5,9	5,1	4,2	3,4
30	10,9	10,0	9,1	8,2	7,3	6,4	5,4	4,5	3,6
32	11,7	10,7	9,7	8,8	7,8	6,8	5,8	4,9	3,9
34	12,5	11,5	10,4	9,4	8,4	7,3	6,3	5,2	4,2

Obs.: Valores de ET<sub>o</sub> nos intervalos de umidade relativa e temperatura apresentados podem ser obtidos por interpolação linear.  
Fonte: Computado a partir da equação de Ivanov (Jensen, 1973).

função de dados históricos médios de temperatura e umidade relativa do ar disponíveis na região. Dados climáticos para as regiões produtoras do Rio Grande do Norte, inclusive contendo valores de  $ET_o$ , podem ser obtidos na página <http://www.esam.br/serviços>.

Pela Tabela 4, para a temperatura de 28°C e umidade relativa de 60%, obtém-se  $ET_o = 6,7$  mm/dia.

**Passo 2:** Determinar, pela Tabela 5, o coeficiente de cultura ( $K_c$ ) para cada estágio de desenvolvimento.

Pela Tabela 5, para o estágio de frutificação, tem-se  $K_c = 1,00$ .

**Passo 3:** Determinar a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) para cada estágio de desenvolvimento:

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (\text{equação 4})$$

em que:

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

$K_c$  = coeficiente de cultura (adimensional);

$ET_o$  = evapotranspiração de referência (mm/dia).

Pela equação 4, para  $K_c = 1,00$  e  $ET_o = 6,7$  mm/dia obtém-se:

$$ET_c = 1,00 \times 6,7 \text{ mm/dia} = 6,7 \text{ mm/dia}$$

**Passo 4:** Determinar a profundidade efetiva do sistema radicular ( $Z$ ) para cada estágio da cultura.

Não se deve considerar todo o perfil do solo explorado pelas raízes, mas apenas a

profundidade efetiva, que corresponde à camada onde se encontra cerca de 80% do sistema radicular. Na Tabela 5 são apresentados intervalos médios de profundidade nos diferentes estádios do meloeiro. Entretanto, diversos fatores tais como textura de solo, fertilidade, práticas culturais, solos rasos, irrigações muito frequentes e horizontes fortemente diferenciados podem afetar o desenvolvimento das raízes. Para uma melhor estimativa da profundidade efetiva, é aconselhável avaliar o sistema radicular no próprio local de cultivo. A abertura de uma pequena trincheira perpendicularmente à linha de plantio permite uma avaliação visual da profundidade a ser considerada.

Pela Tabela 5, a profundidade efetiva pode variar entre 30 e 40 cm durante o estágio de frutificação. Para a maioria dos solos da região Nordeste, a profundidade efetiva neste estágio é de  $Z = 30$  cm.

**Passo 5:** Determinar, pela Tabela 6, o turno de rega para cada estágio da cultura, em função da  $ET_c$ , da profundidade efetiva do sistema radicular e da textura do solo.

Pela Tabela 6, para  $ET_c = 6,7$  mm/dia,  $Z = 30$  cm, solo de textura grossa e estágio de frutificação, o turno de rega recomendado no mês de setembro é de  $TR = 2$  vezes por dia = 0,5 dia.

**Passo 6:** Determinar a eficiência de irrigação do sistema.

Para sistemas por gotejamento devidamente dimensionados, a eficiência de irrigação

**Tabela 5.** Coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) e profundidade efetiva média do sistema radicular ( $Z$ ) nos diferentes estádios de desenvolvimento do meloeiro.

Estádio	Kc		Z (cm)
	Solo nu	Plástico*	
Inicial (I)	0,35	0,20	5-10
Vegetativo (II)	0,70	0,60	15-30
Frutificação (III)	1,00	0,90	25-40
Maturação (IV)	0,80	0,70	25-40

\* Plantio em solo com cobertura plástica ("Mulch").

Fonte: Adaptado de Allen et al. (1998) e Sousa et al. (1999).

**Tabela 6.** Sugestão de turno de rega (dias) para a cultura do melão irrigada por gotejamento em função da evapotranspiração da cultura (ETc), profundidade de raízes, tipo de solo e estágio de desenvolvimento.

ETc (mm/dia)	Profundidade efetiva de raízes											
	10 cm			20 cm			30 cm			40 cm		
	Textura do solo			Textura do solo			Textura do solo			Textura do solo		
	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina	Grossa	Média	Fina
Estádio inicial ou de frutificação												
2	2 x dia	1	1	1	2	3	--	--	--	--	--	--
3	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	2	1	2	3	--	--	--
4	4 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1	2 x dia	1	2	1	2	3
5	6 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	1	1	2 x dia	1	2	1	1	2
6	7 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1	2 x dia	1	2
7	8 x dia	4 x dia	2 x dia	4 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1	2 x dia	1	2
8	--	--	--	4 x dia	2 x dia	1	3 x dia	1	1	2 x dia	1	1
9	--	--	--	5 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1	3 x dia	1	1
10	--	--	--	6 x dia	3 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1	3 x dia	2 x dia	1
11	--	--	--	6 x dia	3 x dia	2 x dia	4 x dia	2 x dia	1	3 x dia	2 x dia	1
12	--	--	--	7 x dia	3 x dia	2 x dia	4 x dia	2 x dia	1	3 x dia	2 x dia	1
Estádio vegetativo ou de maturação												
2	2 x dia	1	2	1	3	5	--	--	--	--	--	--
3	2 x dia	1	1	1	2	3	1	3	5	--	--	--
4	3 x dia	1	1	2 x dia	1	2	1	2	4	1	3	5
5	4 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	2	1	2	3	1	2	4
6	5 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1	2 x dia	1	2	1	2	3
7	6 x dia	3 x dia	1	3 x dia	1	1	2 x dia	1	2	1	2	3
8	--	--	--	3 x dia	1	1	2 x dia	1	2	2 x dia	1	2
9	--	--	--	4 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1	2 x dia	1	2
10	--	--	--	4 x dia	2 x dia	1	3 x dia	1	1	2 x dia	1	2
11	--	--	--	4 x dia	2 x dia	1	3 x dia	1	1	2 x dia	1	2
12	--	--	--	5 x dia	2 x dia	2 x dia	3 x dia	2 x dia	1	2 x dia	1	1

Obs.: Textura grossa: areia, areia franca, franco arenoso.

Textura média: franco, franco siltoso, franco argilo-arenoso, silte.

Textura fina: franco argilo-siltoso, franco argiloso, argila arenosa, argila siltosa, argila, muito argiloso.

Fonte: Computado segundo Keller & Bliesner (1990) e Marouelli et al. (1996).

varia entre 80 e 90%. Todavia, é comum se observar no campo sistemas com eficiência entre 60 e 80%, seja em razão do dimensionamento inadequado, equipamento de baixa qualidade ou manutenção inadequada (principalmente entupimento).

A eficiência de irrigação é função principal da uniformidade de emissão e das perdas devido à percolação profunda não controlável. Depende também de perdas menores controláveis como escoamento superficial, vazamentos e perdas resultantes do manejo inadequado da irrigação.

Em projetos de irrigação com gotejadores autocompensantes é comum dimensionar as unidades de irrigação com uniformidade de emissão de 0,90. Todavia, em vez de se utilizar valores de uniformidade fornecidos pela empresa revendedora, recomenda-se sua determinação diretamente no campo antes do plantio. Isto pode ser feito medindo-se a vazão dos gotejadores em condições normais de operação. Um critério simples e preciso é o de medir a vazão de 10 gotejadores ao longo de 6 linhas laterais. Os gotejadores, incluindo-se o primeiro e o último de cada lateral, devem estar igualmente espaçados ao longo das laterais; o mesmo deve ser considerado em relação

às laterais. A uniformidade de emissão é computada por:

$$Eu = \frac{\bar{q}_{25\%}}{\bar{q}_{100\%}} \quad (\text{equação 5})$$

em que:

$Eu$  = uniformidade de emissão (decimal);

$\bar{q}_{25\%}$  = média das 25% menores vazões medidas;

$\bar{q}_{100\%}$  = média das vazões de todos os gotejadores.

Perdas por percolação profunda não controlável, para irrigação de alta frequência, podem ocorrer mesmo em sistemas adequadamente manejados. A eficiência associada a estas perdas ( $Es$ ) é função principal do tipo de solo. Para solos de textura grossa recomenda-se  $Es = 0,90$ , para solos de textura média  $Es = 0,95$  e para solos de textura fina  $Es = 1,00$ .

Para o presente exemplo, considerar uma uniformidade de emissão de  $Eu = 0,90$  (gotejadores autocompensantes). Para solo de textura grossa, a eficiência associada às perdas por percolação profunda não controlável é de  $Es = 0,90$ .

**Passo 7:** Determinar a lixiviação mínima requerida para o controle da salinidade. Para irrigação por gotejamento, LR deve ser determinado como a média dos valores computados pelas equações 2 e 3.

Os valores de LR, para obtenção de produtividade máxima ( $CEe_{max} = 16,0$  dS/m;  $CEe = 2,2$  dS/m) e água de irrigação com condutividade elétrica de  $CEa = 0,6$  dS/m, computados pelas equações 2 e 3, são de:

$$LR = \frac{0,6 \text{ dS/m}}{2 \times 16,0 \text{ dS/m}} = 0,02$$

$$2,2 \text{ dS/m} = \frac{0,5 \times 0,6 \text{ dS/m}}{1 - LR} \times \ln\left(\frac{1}{LR}\right) \Rightarrow$$

$$LR = 0,00$$

Portanto, a lixiviação mínima requerida, dada pela média de LR fornecido pelas duas equações, é de  $LR = 0,01$ .

**Passo 8:** Determinar o volume total de água a ser aplicado por irrigação para cada estágio de desenvolvimento.

$$Vt = 10 \times \frac{ETc \times TR \times Ai}{Eu \times E'} \quad (\text{equação 6})$$

em que:

$Vt$  = volume total de água a ser aplicado por irrigação ( $m^3$ );

TR = turno de rega (dia);

$Ai$  = área irrigada por vez (ha);

$E' = Es$ , se  $Es > (1 - LR)$ , ou  $E' = (1 - LR)$ , caso  $Es < (1 - LR)$ .

Conforme computado anteriormente,  $Es = 0,90$  e  $LR = 0,01$ , ou seja,  $Es > (1 - LR)$  e desta forma  $E' = Es = 0,90$ . Assim, para uma área irrigada de  $Ai = 2$  ha,  $ETc = 6,7$  mm/dia,  $TR = 0,5$  dia,  $Eu = 0,90$  e  $E' = 0,90$ , tem-se que o volume de água a ser aplicado por irrigação é de:

$$Vt = 10 \times \frac{6,7 \text{ mm/dia} \times 0,5 \text{ dia} \times 2 \text{ ha}}{0,90 \times 0,90} = 83m^3$$

**Passo 9:** Calcular o tempo de irrigação para aplicação do volume de água necessário:

$$Ti = 6 \times \frac{Vt \times SI \times Sg}{Ai \times Vg} \quad (\text{equação 7})$$

em que:

$Ti$  = tempo de irrigação (min);

SI = espaçamento entre laterais (m);

$Sg$  = espaçamento entre gotejadores (m);

$Ai$  = área irrigada (ha);

$Vg$  = vazão do gotejador (L/h).

Considerando um espaçamento entre as linhas laterais de 2,0 m, espaçamento entre gotejadores de 0,30 m e vazão de gotejador de 2,0 L/h, tem-se que o tempo de cada irrigação, após a completa pressurização do sistema, é de:

$$T_i = 6 \times \frac{83\text{m}^3 \times 2,0\text{m} \times 0,3\text{m}}{2\text{ha} \times 2,0\text{L/h}} = 75\text{min}$$

### Método do Tanque Classe A com Turno de Rega Fixo

A precisão do método do "Turno de rega simplificado" pode ser sensivelmente melhorada calculando-se a ETo em tempo real, e não com base em dados climáticos históricos. Neste método, o turno de rega é computado utilizando-se a Tabela 6, semelhantemente ao método anterior.

A adoção de um turno de rega fixo, para cada estágio de desenvolvimento da cultura, é conveniente para fins de controle da irrigação, uma vez que facilita a programação das irrigações, pulverizações e outros tratamentos culturais.

O tanque Classe A é um dos métodos mais práticos e utilizados para se determinar a ETo em tempo real. Utilizando-se coeficientes empíricos, a ETo é estimada a partir da evaporação do tanque por meio da seguinte relação:

$$E_{To} = K_p \times E_{ca} \quad (\text{equação 8})$$

em que:

$K_p$  = coeficiente de tanque (adimensional);  
 $E_{ca}$  = evaporação do tanque Classe A (mm/dia).

Os valores de  $K_p$  podem ser determinados a partir da Tabela 7, sendo função da velocidade do vento, umidade relativa do ar e tamanho da bordadura ao redor do tanque.

O tanque Classe A consiste de um recipiente circular de aço inoxidável ou ferro galvanizado, com 121 cm de diâmetro interno e 25,5 cm de profundidade,

instalado sobre um estrado de madeira de 15 cm de altura. O nível da água deve ser mantido no tanque de tal modo que o máximo fique a 5,0 cm da borda superior e o mínimo não seja inferior a 7,5 cm. A evaporação é medida diariamente com auxílio de um micrômetro de gancho dentro de um poço tranquilizador, sempre pela manhã (8:00 às 9:00 h).

Para evitar que animais bebam água no tanque, ocasionando erros na medição da evaporação, deve-se cercar uma área de aproximadamente 25 m<sup>2</sup> (5 m x 5 m) ao redor do tanque com uma tela de arame fino e de malha larga. A colocação da tela diretamente sobre o tanque altera a taxa de evaporação, inviabilizando a utilização dos valores de  $K_p$  apresentados na Tabela 7.

**Passo 1:** Determinar diariamente a evapotranspiração de referência (ETo) pelo método do tanque Classe A.

**Passos 2 a 7:** Seguir os mesmos passos do método do "Turno de rega simplificado".

**Passo 8:** Determinar o volume total de água a ser aplicado por irrigação em cada estágio de desenvolvimento:

$$V_t = 10 \times \frac{A_i \times \sum_{i=1}^n E_{Tc_i}}{E_u \times E'} \quad (\text{equação 9})$$

em que:

$n$  = número de dias entre irrigações consecutivas ( $i \geq 1$  dia).

No caso de mais de uma irrigação por dia, calcular  $V_t$  para um dia, para então dividir o valor calculado pelo número de irrigações a serem realizadas por dia e determinar o volume de água a ser aplicado por irrigação.

**Passo 9:** Calcular o tempo de irrigação pela equação 7.

**Tabela 7.** Coeficiente Kp para o tanque Classe A em função da bordadura, umidade relativa do ar e velocidade do vento.

Tanque circundado por grama ou meloeiro						
Vento (m/s)	Umidade relativa (%)					
	Baixa (<40%)		Média (40-70%)		Alta (>70%)	
	R (m)*		R (m)*		R (m)*	
	10	100	10	100	10	100
Leve (<2)	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,85
Moderado (2-5)	0,60	0,65	0,70	0,75	0,75	0,80
Forte (5-8)	0,55	0,60	0,60	0,65	0,65	0,75

Tanque circundado por solo nu						
Vento (m/s)	Umidade relativa (%)					
	Baixa (<40%)		Média (40-70%)		Alta (>70%)	
	R (m)*		R (m)*		R (m)*	
	10	100	10	100	10	100
Leve (<2)	0,60	0,55	0,70	0,65	0,80	0,75
Moderado (2-5)	0,55	0,50	0,65	0,60	0,70	0,65
Forte (5-8)	0,50	0,45	0,55	0,50	0,65	0,60

\* R: posição do tanque - menor distância do tanque ao limite da bordadura (grama ou solo nu).

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

### Adequação de TR e Kc

O turno de rega calculado por meio da Tabela 6 e os valores de Kc propostos na Tabela 5 podem requerer ajustes em função de condições específicas de solo, clima, cultivar e sistema de cultivo. A adequação pode ser realizada monitorando-se a umidade ou a tensão da água no solo com a auxílio de tensiômetros. Numa unidade de irrigação deve-se instalar de duas a três estações de monitoramento em pontos representativos da área. Em cada estação deve-se instalar dois tensiômetros, um a 50% da profundidade efetiva do sistema radicular e outro imediatamente abaixo das raízes. De um modo geral, sugere-se que sejam instalados a 10 e 25 cm de profundidade até a início da floração e a 15 e 40 cm após esta fase. Os sensores devem ser posicionados a uma distância entre 10 e 15 cm do colo da planta e do gotejador.

A quantidade de água aplicada deve ser considerada insuficiente quando a tensão média, indicada pelos tensiômetros mais superficiais e avaliada antes da irrigação, for sistematicamente maior que a tensão crítica de água no solo recomendada para o

meloeiro, ou seja, maior que 25-30 kPa durante os estádios vegetativo e de maturação e 10-15 kPa durante o estágio de frutificação. Neste caso, deve-se fazer um ligeiro aumento (entre 5 e 10%) nos valores de Kc que estão sendo utilizados e, assim, aumentar a quantidade de água aplicada nas irrigações subsequentes. Por outro lado, a irrigação será excessiva se a tensão média indicada pelos tensiômetros mais profundos atingir valores inferiores a 20 kPa, devendo-se então reduzir o valor de Kc utilizado. Tal procedimento permitirá que, ao longo das irrigações, os valores de Kc sejam ajustados para melhor representar condições específicas de cultivo, as quais podem variar em função da cultivar usada, de práticas de cultivo e do sistema de plantio.

No caso em que a tensão indicada pelos tensiômetros superficiais for maior que a tensão crítica recomendada (> 50%) e a tensão dos tensiômetros profundos muito baixa (< 15 kPa) deve-se reduzir o intervalo entre irrigações. Tal constatação é um indicativo de que o solo não tem capacidade de reter toda água aplicada e que está ocorrendo perda de água e nutrientes por drenagem profunda.

## Método do Tanque Classe A com Turno de Rega Variável

Uma melhor precisão no manejo da irrigação pode ser alcançado por meio do uso de tensiômetros, ou outro tipo de sensor de unidade, para indicação do momento correto de se realizar as irrigações.

Tensiômetros são equipamentos compostos de cápsula porosa, tubo, manômetro e tampa, que medem a tensão ("força") com que a água é retida pelo solo, a qual afeta diretamente a absorção de água pelas plantas. São disponíveis com manômetro tipo "Bourdon" ou de mercúrio, ou para leitura com tensímetro digital.

Para irrigação por gotejamento, as irrigações devem ser realizadas a todo momento que a tensão de água no solo atingir cerca de 25-30 kPa, durante os estádios vegetativo e de maturação, e de 10-15 kPa, durante o estágio de frutificação (usar os menores valores para solos de textura grossa). A lâmina de água a ser aplicada por irrigação é computada seguindo os mesmos passos apresentados no método "Tanque Classe A com turno de rega fixo".

Semelhantemente ao relatado no método anterior, é recomendada a instalação de sensores a 50% da profundidade efetiva do sistema radicular, para indicar o momento das irrigações, e imediatamente abaixo do sistema radicular da cultura, para adequação dos valores de Kc utilizados, caso necessário.

## Componentes do Sistema de Fertirrigação

O sistema básico de fertirrigação é composto de um tanque de solução e um dispositivo de injeção. Os componentes devem ser de materiais que não sofram ação corrosiva de fertilizantes.

O tanque de solução, onde o fertilizante líquido ou solubilizado é colocado, deve ser de polietileno, PVC, polipropileno, fibra-de-vidro, aço inoxidável ou outro material

resistente à corrosão. Tanques de ferro galvanizado, latão e alumínio não devem ser utilizados, a menos que recebam pintura especial. O volume do tanque deve ser suficiente para armazenar a solução necessária para fertirrigar a área relativa a um setor de irrigação, sem a necessidade de recarga.

As mangueiras utilizadas devem ser reforçadas para resistir a temperaturas ambientes extremas e pressões de serviço de até 1.500 kPa. Mangueiras de etil-vinil-acetato (EVA) não deterioram sob ação da luz solar e são compatíveis com praticamente todos os fertilizantes. As conexões de nylon, polipropileno, polietileno e aço inoxidável são normalmente de uso satisfatório.

Vários são os tipos de mecanismos disponíveis para a injeção de fertilizantes, diferindo em preço, fonte de energia utilizada, precisão e vida útil. Os dispositivos de injeção mais utilizados são os do tipo venturi, tanque de diferencial de pressão e bombas injetoras.

### Injetor tipo Venturi

Os injetores do tipo venturi são os mais utilizados para fertirrigação, especialmente em sistemas de irrigação por gotejamento, devido sua simplicidade e baixo custo. São geralmente construídos de cloreto de polivinil (PVC), polipropileno ou aço inoxidável.

A instalação mais freqüentemente observada é aquela em que o injetor é conectado à linha de irrigação por meio de uma tubulação de derivação (linha "bypass"), com um registro de controle colocado na linha de irrigação entre a linha "bypass" (Figura 1). Para a injeção da solução, o registro é parcialmente fechado para que parte da água de irrigação passe através do venturi aspirando a solução. A principal desvantagem desta montagem é a redução

da pressão do sistema de irrigação, devido à perda de carga provocada pelo injetor (entre 70 e 150 kPa). Esta redução na pressão, quando não previamente prevista no dimensionamento hidráulico do sistema de irrigação, pode prejudicar a uniformidade da distribuição de água e fertilizante, comprometendo o desempenho da cultura.

Para eliminar o problema de redução de pressão, que em alguns casos pode representar mais de 1/3 da pressão do sistema, o injetor venturi pode ser instalado na linha "bypass" em série com uma pequena bomba centrífuga que forneça ao sistema uma pressão igual ou ligeiramente superior à perda de carga provocada pelo injetor (Figura 2). Como a bomba não entra em contato com o produto químico injetado, bombas centrífugas de baixo custo podem ser utilizadas.

### **Tanque de Diferencial de Pressão**

O tanque de diferencial de pressão é o dispositivo mais tradicional para a aplicação de fertilizantes na água de irrigação. O tanque, com tampa para fechamento hermético, é conectado à tubulação de irrigação por meio de uma linha "bypass", com registros antes e após o tanque. Um terceiro registro, parcialmente fechado, colocado na tubulação de irrigação entre o "bypass" faz com que a água adentre no tanque e conduza a solução para a linha de irrigação (Figura 3). O fertilizante a ser colocado dentro do tanque deve ser previamente solubilizado.

Para que toda a solução contida no tanque seja aplicada, a quantidade de água a passar dentro do tanque deve ser no mínimo quatro vezes o volume do tanque, o que faz com que o tempo da fertirrigação seja geralmente longo. A taxa de injeção varia bruscamente durante a fertirrigação, o que pode prejudicar a uniformidade da fertirrigação. Embora em menor intensidade que o venturi, este dispositivo também reduz a pressão do sistema de irrigação.

### **Bomba Injetora**

As bombas injetoras são os dispositivos mais versáteis para injeção de fertilizantes, especialmente aquelas movidas por motores elétricos. Muito embora apresentem custo mais elevado que outros dispositivos de injeção, elas são de fácil operação, permitem a aplicação de taxas relativamente constantes e precisas da solução e, no caso daquelas que usam fonte de energia externa, não afetam a pressão de serviço do sistema de irrigação.

Para evitar corrosão, os componentes das bombas devem ser de materiais como PVC, polipropileno, polietileno, teflon, viton, nylon, EVA e aço inoxidável. Deve-se evitar componentes de neopremo, borracha de butadieno e estireno, ferro galvanizado, latão, alumínio e bronze.

As bombas mais utilizadas são as do tipo pistão e diafragma. As bombas de diafragma, comparativamente às bombas de pistão, apresentam as vantagens da menor área interna exposta à solução e do fácil ajuste da taxa de injeção, mesmo com a bomba em operação.

As bombas injetoras são acionadas, de um modo geral, por motores elétricos ou hidráulicos. Bombas movidas por motores hidráulicos, do tipo turbina ou pistão, usam a pressão e o fluxo de água como força motriz, e são instaladas em uma linha "bypass" (Figura 4). Como são movidas hidráulicamente, elas reduzem a pressão da água do sistema de irrigação, porém em menor intensidade que os injetores do tipo venturi. Bombas movidas por motores elétricos injetam a solução diretamente na linha de irrigação (Figura 5).

### **Fontes de Nutrientes**

Os nutrientes mais utilizados via fertirrigação são aqueles com maior mobilidade no solo como o potássio e, principalmente, o nitrogênio. O fósforo e os

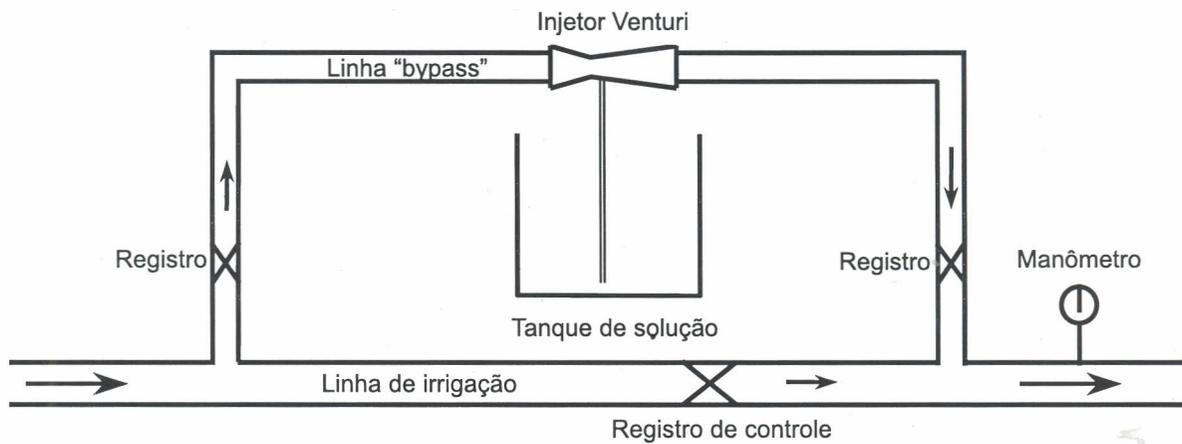


Figura 1. Esquema da instalação de um injetor de fertilizante do tipo Venturi.

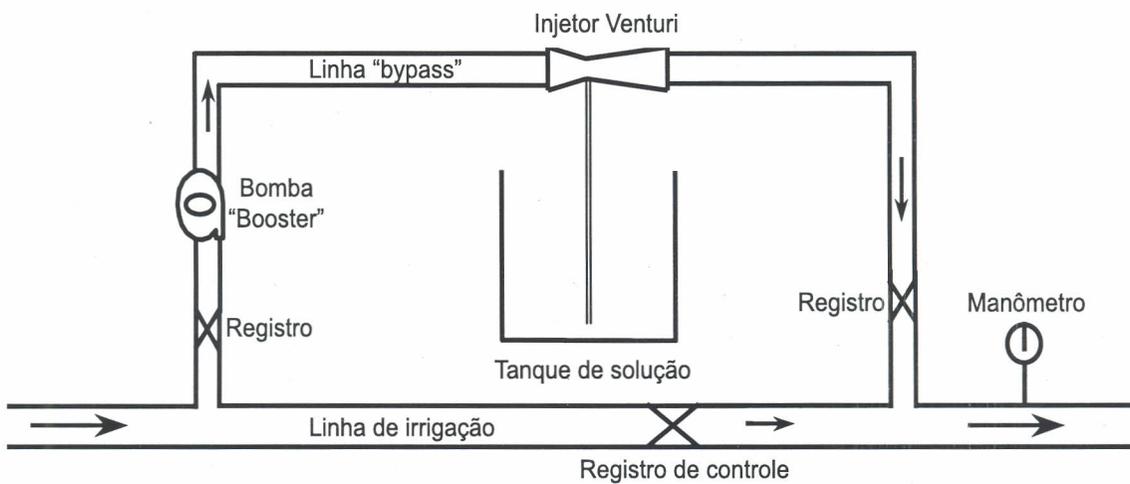


Figura 2. Esquema da instalação de um injetor de fertilizante do tipo Venturi em série com uma bomba "booster" centrífuga.

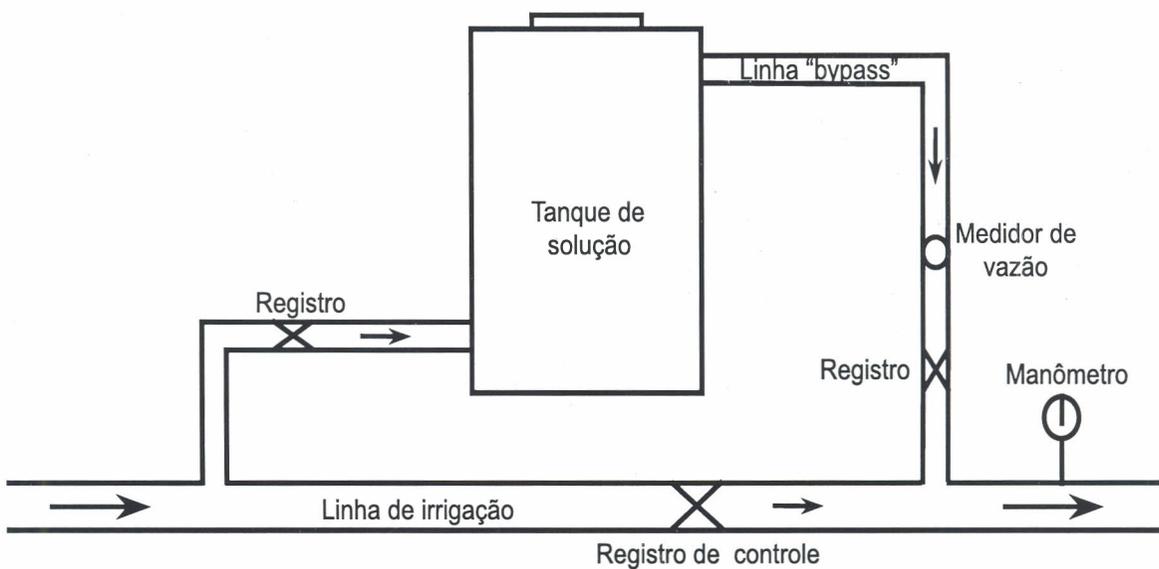


Figura 3. Esquema da instalação de um tanque de diferencial de pressão para injeção de fertilizantes.

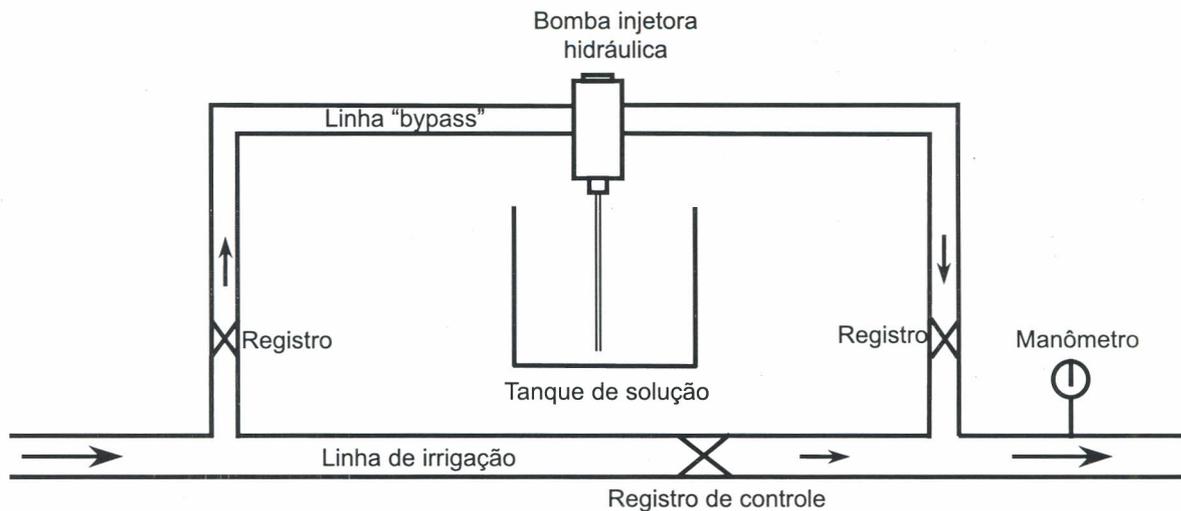


Figura 4. Esquema da instalação de uma bomba injetora hidráulica de fertilizantes.

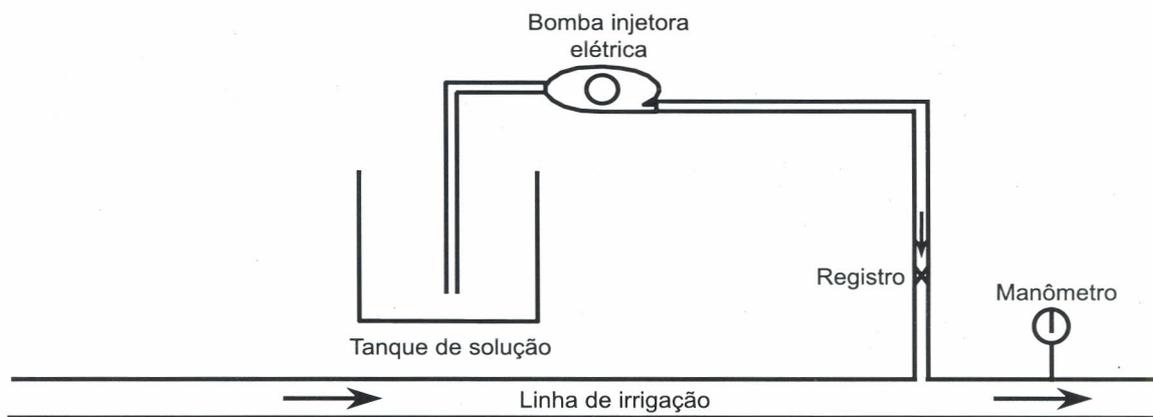


Figura 5. Esquema da instalação de uma bomba injetora elétrica de fertilizantes.

micronutrientes, por apresentarem pouca mobilidade no solo, são geralmente aplicados em adubação de plantio.

Várias fontes de fertilizantes sólidos e líquidos podem ser utilizadas para a fertirrigação. Para a escolha da fonte deve-se considerar aspectos como: solubilidade, compatibilidade, conveniência de uso, disponibilidade no mercado e custo. Dentre os fertilizantes sólidos, existem os usados na fertilização convencional e aqueles específicos ou mais apropriados para fertirrigação, com maior pureza e solubilidade. Os principais fertilizantes utilizados para fertirrigação, com teores médios de nutrientes e solubilidade em água, são apresentados na Tabela 8.

Muitos dos fertilizantes sólidos para adubação convencional, especialmente os granulados, são manufacturados utilizando-se substâncias hidrófobas para evitar que absorvam umidade com facilidade, não devendo ser utilizados para fertirrigação. Deve também ser evitado o uso de formulações sólidas N-P-K, pois, de uma maneira geral, são pouco solúveis em água. O uso de fertilizantes não totalmente solúveis não garante que a quantidade final de nutriente aplicado seja igual a quantidade de nutriente indicada no rótulo do fertilizante.

Existem no mercado formulações sólidas NPK com micronutrientes próprias para fertirrigação. A desvantagem é que, além de

**Tabela 8.** Teores médios de nutrientes e solubilidade em água à 20 °C dos principais fertilizantes utilizados para fertirrigação.

Fertilizante	Concentração (%)*	Solubilidade (kg/L)*
Acido fosfórico	53 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	líquido
Cloreto de cálcio	22 Ca, 38 Cl	1,00
Cloreto de potássio	60 K <sub>2</sub> O, 47 Cl	0,35
Fosfato diamônico (DAP)	45 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; 16 N	0,57 (10 °C)
Fosfato monoamônico (MAP)	48 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ; 10 N	0,37
Fosfato monopotássio (MKP)	34 K <sub>2</sub> O; 52 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,23
Nitrato de amônio	34 N	1,95
Nitrato de cálcio	15 N; 34 Ca	2,20
Nitrato de potássio	14 N; 44 K <sub>2</sub> O	0,31
Nitrato de sódio (Salitre do Chile)	* 15 N	0,88
Nitrato duplo potássio	15 N; 14 K <sub>2</sub> O	1,10
Sulfato de amônio	21 N; 24 S	0,76
Sulfato de potássio	50 K <sub>2</sub> O; 17 S	0,11
Uréia	46 N	0,85

\* A concentração de nutrientes e a solubilidade dos fertilizantes podem variar dependendo do fabricante.

Fonte: Adaptado de Burt et al. (1995) e Montag (1999).

apresentarem custo mais elevado que dos fertilizantes individuais, não satisfazem, muitas vezes, às necessidades específicas da cultura. O recomendado é que o produtor, com a devida assistência, possa preparar as soluções com base nas necessidades da cultura e na viabilidade econômica.

Outra opção são os fertilizantes líquidos contendo nutrientes específicos ou formulações com diferentes concentrações de NPK com micronutrientes. Embora mais práticos, devido à conveniência de manuseio e dos nutrientes estarem totalmente solubilizados, apresentam custo mais elevado que os sólidos.

### Nitrogênio

As fontes de nitrogênio são, via de regra, altamente solúveis em água (Tabela 8). Por fornecer nitrogênio na forma nítrica e potássio sem o íon cloreto, o nitrato de potássio é um excelente produto para a fertirrigação do meloeiro. Durante a fase de frutificação, quando a demanda por cálcio é expressiva, o nitrato de cálcio é uma boa fonte de cálcio e de nitrogênio. O problema do nitrato de cálcio e, principalmente, do nitrato de potássio é o alto custo. O fosfato monoamônio (MAP) é outra fonte de nitrogênio que pode ser utilizada

principalmente onde a fertirrigação com fósforo é recomendada. Dentre as diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados, a uréia é a que apresenta menor custo por unidade de nitrogênio.

Dentre as diferentes formas de nitrogênio, a nítrica é a preferencialmente utilizada pelas plantas, a qual é absorvida pelas raízes e translocada de imediato para a parte aérea da planta. Enquanto que a amoniacal, preferida pelas plantas mais jovens, é translocada após supridas as exigências das raízes ou transformada para a forma nítrica. Assim, um balanço entre as formas nítrica e amoniacal é recomendado para maximizar o desenvolvimento da cultura. Em termos gerais, a quantidade de nitrogênio na forma amoniacal ou amídica deve ser semelhante à da forma nítrica, ou seja, 50% para cada.

A forma nítrica é a que apresenta maior susceptibilidade à lixiviação. Em termos gerais, pode-se dizer que se nitrato é injetado continuamente e 10% da água de irrigação é drenada abaixo do sistema radicular da cultura, aproximadamente 10% do nitrato aplicado será lixiviado. Por outro lado, o nitrogênio na forma amoniacal é retido pelas cargas negativas das partículas de argila e matéria orgânica, estando pouco sujeito à lixiviação. A uréia, que contém o nitrogênio na forma amídica, é também

menos sujeita a lixiviação que o nitrato, porém apresenta maior mobilidade que o amônio. Todavia, a uréia é transformada rapidamente, nos primeiros 5 a 10 cm do solo, para a forma amoniacal, que é retida pelas cargas negativas presentes no solo. A lixiviação poderá ser significativa após nitrificação do amônio.

A uréia e, principalmente, o sulfato de amônio apresentam alto poder acidificante, não devendo ser utilizados como fontes isoladas de nitrogênio em solos com pH abaixo de 6, especialmente em áreas cultivadas durante vários anos seguidos. Por outro lado, pode ser vantajoso em solos com pH alcalino. Assim, para solos com pH menor que 6, e para temperaturas baixas, onde a taxa de nitrificação é reduzida, a fração de nitrogênio na forma nítrica deve representar pelo menos 2/3 do nitrogênio total a ser aplicado.

A vantagem da uréia em relação ao sulfato de amônio na fertirrigação por gotejamento é sua maior penetração no perfil do solo, o que minimiza a volatilização de nitrogênio (< 5%). Perdas significativas de nitrogênio (> 40%) podem ocorrer, especialmente em solo/água com pH acima de 7, devido à transformação do amônio em amônia gasosa. Além de menos sujeita à volatilização (< 5%), a forma nítrica pode reduzir substancialmente a volatilização se aplicada juntamente com nitrogênio na forma amoniacal.

### Potássio

A aplicação de potássio via irrigação praticamente não apresenta problemas, devido a alta solubilidade da maioria das fontes disponíveis, como o cloreto, o nitrato e o sulfato de potássio (Tabela 8). Destas, a mais nobre para fertirrigação é o nitrato de potássio, que além de não conter cloreto ou sulfato, possui nitrogênio na forma nítrica. A grande desvantagem do nitrato de potássio é o alto custo, comparativamente

ao do cloreto de potássio e da uréia. O cloreto de potássio é a fonte de potássio de mais baixo custo utilizada para fertirrigação. O cloreto de potássio de coloração rosa, normalmente usado em fertilização convencional, provoca obstrução de filtros e gotejadores, não devendo ser utilizado. O indicado para fertirrigação tem coloração branca. Todavia, a aplicação de cloreto de potássio a partir da frutificação do meloeiro pode prejudicar a qualidade de frutos, em termos de sabor e conservação, devido ao íon cloreto, devendo-se optar por outras fontes de potássio. O sulfato de potássio é uma fonte de custo ligeiramente menor do que o nitrato de potássio que pode ser utilizada durante a frutificação, quando começa a reduzir a demanda por nitrogênio e aumentar a por potássio. Apresenta, porém, menor solubilidade que o nitrato e o cloreto de potássio e, na presença de sódio, pode salinizar o solo. O sulfato de potássio não deve também ser aplicado em água rica em cálcio ou misturado com fertilizantes contendo este elemento, pois pode precipitar e entupir os gotejadores.

O potássio é um elemento que é adsorvido pelas cargas negativas das partículas de argila e matéria orgânica presentes no solo, sendo menos móvel que o nitrogênio. Pode, no entanto, ser parcialmente lixiviado quando aplicado em excesso, especialmente em solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica.

### Fósforo

Muitos dos fertilizantes fosfatados sólidos comercializados para adubação convencional, incluindo os superfosfatos, termo-fosfatos e fosfatos naturais, apresentam baixa solubilidade, não sendo recomendados para fertirrigação. Dentre as fontes de fósforo solúveis em água e indicados para fertirrigação, destacam o fosfato monoamônico (MAP), fosfato

diamônico (DAP), fosfato monopotássio e ácido fosfórico, os quais são mais caros que os utilizados para aplicação convencional. O fósforo é um elemento pouco móvel no solo, com baixo potencial de lixiviação, especialmente em solos de textura média e fina. Fertilizantes fosfatados, mesmo aqueles altamente solúveis, são rapidamente transformados em formas menos solúveis, principalmente quando o pH do solo situa-se fora da faixa de 6,0 a 6,5, tendendo a acumular-se o fósforo na camada superficial do solo (5 a 15 cm). Todavia, a fertirrigação com fósforo pode acarretar incrementos de produtividade, principalmente, em solos arenosos.

Fertirrigação com fósforo pode levar a problemas de entupimento de gotejadores decorrente da precipitação de sais insolúveis, dependendo da qualidade da água de irrigação. Não se deve injetar fertilizantes fosfatados em água com pH acima de 7,5 e concentração de cálcio acima de 120 mg/L (6,0 meq/L). Caso o teor de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) esteja acima de 305 mg/L (5,0 meq/L) o risco de entupimento de gotejadores será ainda maior. O risco de precipitação pode ser minimizado reduzindo o pH da água para valores abaixo de 7,0 por meio da injeção de ácidos, tais como o sulfúrico, clorídrico e nítrico.

### **Cálcio, magnésio e enxofre**

O cálcio é absorvido em grandes quantidades pelo meloeiro (60 a 160 kg/ha), sendo responsável pelo bom desenvolvimento radicular, fortalecimento das paredes celulares e, conseqüentemente, melhor conservação do fruto. Assim, fertirrigação com cálcio a partir do florescimento possibilita resultados satisfatórios e elimina a necessidade de pulverizações foliares para suprir este

nutriente. As fontes mais comuns são o nitrato e o cloreto de cálcio, sendo o cloreto a de mais baixo custo. Todavia, a aplicação do íon cloreto durante a frutificação pode prejudicar a qualidade dos frutos. Outras fontes de custo mais elevado são o óxido de cálcio e o cálcio quelatizado. Para evitar problemas de precipitação e entupimento de gotejadores, o cálcio não deve ser injetado simultaneamente com produtos contendo fósforo ou sulfato.

A aplicação de magnésio e enxofre via fertirrigação não acarreta, em geral, ganho significativo de produtividade, devendo ser fornecidos, preferencialmente, em pré-plantio. Quando dissolvidos na água de irrigação, podem formar compostos insolúveis e causar a obstrução de filtros e gotejadores. Todavia, o enxofre é, muitas vezes, aplicado via sulfato de potássio e de amônio, que são fontes solúveis de potássio e nitrogênio utilizadas para fertirrigação.

### **Micronutrientes**

Os sulfatos são as fontes solúveis de zinco, manganês, cobre e ferro de custos mais reduzidos para fertirrigação. Todavia, são pouco eficientes quando aplicados via irrigação, por serem retidos na camada superficial do solo.

As fontes mais eficientes de cobre, ferro e zinco para fertirrigação são as formas quelatizadas. Os quelatos movem-se no perfil do solo, juntamente com a água de irrigação, disponibilizando os micronutrientes às raízes. O alto custo é a principal desvantagem para a utilização das formas quelatizadas.

O bórax e o ácido bórico são as fontes de boro mais comuns. O borax apresenta baixa solubilidade a frio, o que limita a utilização

para fins de fertirrigação. De um modo geral, a maneira mais prática e econômica de fornecer micronutrientes às plantas é via adubação de plantio ou foliar.

### Compatibilidade de Fertilizantes

Para evitar problemas de precipitação e de entupimento de gotejadores, recomenda-se avaliar a compatibilidade dos fertilizantes entre si e com água a ser utilizada. Um teste simples pode ser feito misturando o(s) fertilizante(s) a ser(em) injetado(s) com a água de irrigação em um recipiente, na mesma taxa de diluição a ser utilizada. Agitar a solução por alguns minutos e observar, por cerca de uma hora, a ocorrência de precipitados e a turbidez da solução. Se a solução permanecer clara e transparente, será provavelmente seguro injetar os fertilizantes testados no sistema de irrigação.

Na Tabela 9 é apresentada uma orientação geral sobre a compatibilidade entre vários fertilizantes. Algumas regras básicas de compatibilidade a serem observadas durante a mistura e a injeção de fertilizantes incluem:

- \* Realizar o teste rápido de compatibilidade misturando o(s) fertilizante(s) a ser(em) injetado(s) com a própria água de irrigação.
- \* Colocar inicialmente no tanque de mistura de 50 a 70% da água requerida para a mistura.
- \* Misturar os fertilizantes líquidos à água antes de adicionar os fertilizantes sólidos solúveis.
- \* Adicionar fertilizantes sólidos lentamente na água mantendo a solução agitada para evitar formação de aglomerados que dificultem a solubilização.
- \* Adicionar os ácidos lentamente na água e nunca água ao ácido.
- \* Não misturar fertilizantes contendo sulfato com fertilizantes ou água contendo concentrações de cálcio acima de 400 mg/L

(20 meq/L). O resultado será a formação de gesso insolúvel que irá entupir filtros e gotejadores.

- \* Não injetar fertilizantes fosfatados em água com concentração de cálcio acima de 120 mg/L (6,0 meq/L), sob o risco de formar precipitados de fosfato de cálcio.

- \* Não misturar fertilizantes fosfatados com produtos contendo magnésio e ferro sob o risco de se formar fosfato de magnésio ou de ferro, que são insolúveis.

- \* Usar somente ácido fosfórico com alto grau de pureza para minimizar o risco de obstrução de gotejadores.

- \* Os ácidos e os fertilizantes acidificados são compatíveis com micronutrientes na forma de sulfatos até 1,5% (em peso), mas são incompatíveis com os na forma quelatizada.

- \* Não injetar fertilizantes contendo cálcio em água com mais de 305 mg/L (5,0 meq/L) de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e pH acima de 7,5, sob o risco de precipitar sais de cálcio.

- \* Evitar a injeção de fertilizantes contendo cálcio, magnésio e enxofre, pois podem formar compostos insolúveis.

- \* Não injetar produtos contendo fósforo ou sulfato no mesmo dia que aplicar cálcio.

- \* Não injetar nitrogenados na forma nítrica em água contendo cálcio e magnésio, pois a elevação do pH da água poderá precipitar esses elementos.

### Manejo da Fertirrigação

O procedimento de aplicação de fertilizantes via água de irrigação envolve três fases, sendo que na primeira e na terceira deve-se somente irrigar e na segunda fertirrigar. A primeira permite equilibrar a pressão do sistema de irrigação, de modo a garantir maior uniformidade de distribuição dos fertilizantes. Durante a segunda fase, na qual o fertilizante é efetivamente aplicado, o tempo de aplicação não deve ser inferior a 10 minutos. A terceira fase deve ser suficiente para lavar completamente o sistema de irrigação, e minimizar problemas

**Tabela 9.** Compatibilidade para a mistura entre alguns fertilizantes.

Ácido nítrico	C												
Ácido sulfúrico	C	C											
Cloreto de cálcio	X	L	X										
Cloreto de potássio	X	X	X	C									
Fosfato diamônico (DAP)	L	L	L	X	C								
Fosfato monoamônio (MAP)	L	L	L	X	C	C							
Nitrato de amônio	L	C	L	X	L	X	X						
Nitrato de cálcio	X	L	X	C	C	X	X	X					
Nitrato de potássio	C	C	X	C	C	C	C	C	C				
Sulfato de amônio	C	C	L	X	L	X	X	C	X	L			
Sulfato de potássio	C	C	C	X	C	C	C	C	X	C	C		
Uréia	L	X	L	L	C	C	C	C	C	C	C	C	
Fertilizantes	Ácido fosfórico	Ácido nítrico	Ácido sulfúrico	Cloreto de cálcio	Cloreto de potássio	Fosfato diamônio	Fosfato monoamônio	Nitrato de amônio	Nitrato de cálcio	Nitrato de potássio	Sulfato de amônio	Sulfato de potássio	

C: compatível

L: compatibilidade limitada

X: incompatível

Obs.: Misturas com ácido nítrico ou sulfúrico podem gerar calor.  
 Fonte: Adaptado de Burt et al. (1995) e Montag (1999).

de corrosão, de entupimento de gotejadores e de desenvolvimento de microorganismos no sistema, e uma melhor incorporação do fertilizante na zona radicular. Como recomendação geral, a primeira e a terceira fase devem durar cada uma cerca de um quarto do tempo de irrigação, enquanto que o tempo de fertirrigação deve ser igual a metade. Esta recomendação, no entanto, deve ser tomada apenas como guia e não como regra, devendo ser ajustada para cada caso específico.

### Quantidade, Frequência de Aplicação e Parcelamento de Nutrientes

Por razões econômicas e para evitar problemas de entupimento, nem todos os nutrientes necessitam ser aplicados via fertirrigação. Para o cultivo do melão, sugere-se aplicar na adubação de plantio: entre 10 e 20% do nitrogênio e do potássio total requerido, dependendo da textura do

solo; 100% do fósforo em solos de textura média e fina; 60% do fósforo em solos de textura grossa; saturar o complexo de troca do solo para um índice de saturação de bases (V) de 70%; 100% dos demais macro e micronutrientes (Tabela 10).

Recomendações para o parcelamento de nutrientes ao longo do ciclo de desenvolvimento do meloeiro são apresentadas na Tabela 10. As quantidades são apresentadas de forma relativa, sendo que a quantidade aplicada a cada fertirrigação é determinada conhecendo-se a dosagem total recomendada de cada nutriente.

A frequência da fertirrigação depende, dentre outros fatores, do tipo de fertilizante e do solo. Fertilizantes com maior potencial de lixiviação, como os nitrogenados, devem ser aplicados mais frequentemente que aqueles com menor potencial, como os

**Tabela 10.** Quantidade relativa de nitrogênio, potássio, fósforo e cálcio a ser aplicada via fertirrigação, ao longo do ciclo de desenvolvimento do meloeiro irrigado por gotejamento, para cultivares/regiões com diferentes comprimento de ciclo.

Nutriente	Plantio	Fase da cultura (dias)									
		Ciclo de 75-80 dias									
		1-7	8-14	15-21	22-28	29-35	36-42	43-49	50-56	57-63	64-70
		Ciclo de 85-90 dias									
		1-8	9-16	17-24	25-32	33-40	41-48	49-56	57-64	65-72	73-80
		Ciclo de 95-100 dias									
		1-9	10-18	19-27	28-36	37-45	46-54	55-63	64-72	73-81	82-90
		Quantidade relativa de nutriente (%) <sup>1</sup>									
		Solo de textura grossa									
N	10	1	5	10	15	20	20	10	5	2	2
K	10	1	2	5	7	10	15	20	15	10	5
P	60	0	0	0	5	10	10	10	5	0	0
Ca <sup>2</sup>	V = 70% <sup>3</sup>	0	0	0	0	20	20	20	20	10	10
		Solo de textura média e fina									
N	20	0	5	5	15	15	15	10	5	0	0
K	20	0	0	5	5	10	15	15	15	5	0
P	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ca <sup>2</sup>	V = 70% <sup>3</sup>	0	0	0	10	20	20	20	20	10	0

<sup>1</sup> % de nutriente a ser aplicado em cada fase da cultura em relação a quantidade total recomendada.

<sup>2</sup> % em relação ao total a ser aplicado via fertirrigação.

<sup>3</sup> Aplicar a quantidade necessária para saturar o complexo de troca do solo para V = 70%.

Fonte: Adaptado de Burt et al. (1995) e Scaife & Bar-Yosef (1995).

potássicos. Todavia, para não aumentar o uso de mão-de-obra, e em razão das principais fontes de nitrogênio e potássio poderem ser misturadas e aplicadas simultaneamente, geralmente se adota a mesma frequência. Para gotejamento em solos de textura grossa, a fertirrigação pode ser realizada a cada 1 ou 2 dias, enquanto em solos de textura média e fina entre 2 e 4 dias.

A dosagem total de nitrogênio pode ser computada em função da produtividade esperada do meloeiro, considerando-se que para cada tonelada de fruto produzido deve-se aplicar cerca de 3,0 kg de nitrogênio. Por

exemplo, se a produtividade esperada é de 30 t/ha, a dosagem de nitrogênio será de 90 kg/ha. Quando se utiliza adubação orgânica não se requer a aplicação da parcela de nitrogênio recomendada (10 a 20%) em plantio.

As dosagens de potássio e fósforo devem ser determinadas em função da análise química do solo e da produtividade esperada de frutos.

Na Tabela 11 são apresentadas recomendações de adubação para uma produtividade de 20 t/ha.

Se a produtividade esperada for acima de 20 t/ha, deve-se aplicar uma quantidade

**Tabela 11.** Sugestão de adubação de fósforo e potássio para produtividade esperada do meloeiro de 20 t/ha, segundo a análise de solo.

Fósforo		Potássio	
P no solo (mg/dm <sup>3</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	K no solo (mg/dm <sup>3</sup> )	K <sub>2</sub> O (kg/ha)
0-5	160	0-27	160
6-10	120	28-58	120
11-20	80	59-90	80
20-40	40	91-117	40

Fonte: Soares et al. (1999).

adicional de potássio e fósforo para suprir a maior extração de nutrientes pelas plantas. Sugere-se aplicar 8,0 kg de  $K_2O$  e 1,2 kg de  $P_2O_5$  para cada tonelada de fruto produzido acima das 20 t/ha.

Existem poucas informações sobre dosagens de cálcio para aplicação via fertirrigação. Para suprir as necessidades de cálcio do meloeiro e minimizar a necessidade de aplicações foliares, recomenda-se aplicar entre 40 a 80 kg/ha de cálcio, via fertirrigação, durante a frutificação e crescimento de fruto.

**Exemplo:** Calcular a quantidade de nutrientes a ser aplicada por fertirrigação ao longo do ciclo cultural do meloeiro para a seguinte situação:

- Ciclo da cultura: 75 dias
- Produtividade esperada: 35 t/ha
- Solo: textura média
- Freqüência de irrigação: 1 dia
- Freqüência de fertirrigação: 3 vezes por semana
- Análise de solo\*: 78 mg/dm<sup>3</sup> de K e 12 mg/dm<sup>3</sup> de P.
- Dosagem de cálcio via fertirrigação: 50 kg/ha.

A dosagem de nitrogênio, computada em função da previsão de produtividade, é de 105 kg/ha (3,0 kg/t x 35 t/ha). Pela Tabela 11, para um solo com 78 mg/dm<sup>3</sup> de K e 12 mg/dm<sup>3</sup> de P, obtém-se que as dosagens recomendadas de  $K_2O$  e de  $P_2O_5$  são de 80 kg/ha. A dosagem total de  $K_2O$  será de 200

kg/ha [80 kg/ha + 8,0 kg/t x (35 t/ha - 20 t/ha)]. A dosagem total de  $P_2O_5$  será de 98 kg/ha [80 kg/ha + 1,2 kg/t x (35 t/ha - 20 t/ha)].

A quantidade de nutrientes a ser aplicada por fertirrigação (Tabela 12) é calculada multiplicando-se a dosagem total recomendada do nutriente pela quantidade relativa indicada para cada fase da cultura na Tabela 10, para um cultivo com ciclo de 75 dias, e dividindo o resultado pelo número de fertirrigações a ser realizada por semana (3 vezes para o presente exemplo).

### Diluição de Fertilizantes

Para evitar que fertilizantes sólidos causem problemas de obstrução de filtros e gotejadores, recomenda-se que estes sejam previamente dissolvidos em um tanque secundário. Neste tanque, a solução deve ser deixada em repouso por 24 horas para que resíduos não solúveis sedimentem no fundo do tanque. Somente a solução clara e transparente e livre de resíduos deve ser transferida para o tanque de solução, sem que haja distúrbio dos sedimentos depositados no fundo.

A quantidade mínima de água necessária para solubilizar o fertilizante, que depende da quantidade e da solubilidade do fertilizante (Tabela 8), e da temperatura da solução, é computada por:

$$V_a = \frac{F_p \times A_t}{S_p} \times f_s \quad (\text{equação 10})$$

**Tabela 12.** Exemplo de parcelamento de nutrientes para cultivo do meloeiro com ciclo de 75 dias, produtividade esperada de 35 t/ha e freqüência de fertirrigação três vezes por semana.

Nutriente	Idade da cultura (dias)										
	Plantio	1-7	8-14	15-21	22-28	29-35	36-42	43-49	50-56	57-63	64-70
Quantidade de nutrientes (kg/ha/fertirrigação)											
N	7,0	0,0	1,8	1,8	5,3	5,3	5,3	3,5	1,8	0,0	0,0
$K_2O$	13,3	0,0	0,0	3,3	3,3	6,7	10,0	10,0	10,0	3,3	0,0
$P_2O_5$	32,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Ca	V = 70%	0,0	0,0	0,0	1,7	3,3	3,3	3,3	3,3	1,7	0,0

\* 1 mg/dm<sup>3</sup> = 1ppm = 390 meq/100 ml

em que:

$V_a$  = volume de água para solubilização (L);

$F_p$  = quantidade de fertilizante a ser aplicado por fertirrigação (kg/ha ou L/ha);

$A_t$  = área do setor a ser fertirrigado (ha);

$S_p$  = solubilidade do fertilizante em água (kg/L ou L/L);

$f_s$  = fator de segurança (1,2).

**Exemplo:** Determinar o volume de água necessário para a solubilização do cloreto de potássio a ser aplicado numa área de 2 ha na dose de 30 kg/ha. Considere que a mistura é preparada no dia anterior da injeção e que a temperatura da solução é de 20 °C.

Pela Tabela 8, tem-se para o cloreto de potássio  $S_p = 0,35$  kg/L. Assim, o volume de água necessário computado pela equação 10 será:

$$V_a = \frac{30\text{kg/ha} \times 2\text{ha}}{0,35\text{kg/L}} \times 1,2 = 206\text{ L}$$

O volume de água necessário para se solubilizar mais de um tipo de fertilizante, dentro de um mesmo tanque, depende dos tipos de íons presentes em cada fertilizante. Neste caso, o cálculo pode ser trabalhoso, devendo o volume ser determinado em testes de campo.

### Taxa de Injeção

A taxa de injeção da solução é em função de vários fatores, como quantidade de fertilizante a ser aplicada, área a ser fertirrigada, solubilidade do fertilizante, frequência de aplicação e tempo de irrigação. De uma maneira geral, é possível injetar a maioria dos fertilizantes quando o dispositivo injetor tem uma vazão entre 0,05 e 0,10% da vazão do sistema de irrigação.

### Bombas injetoras e venturi

Quando uma bomba injetora ou um venturi é usado para aplicar a solução na tubulação

de irrigação, a taxa de aplicação pode ser calculada por:

$$q_i = \frac{F_p \times A_t}{C_p \times T_i} \quad (\text{equação 11})$$

onde:

$q_i$  = taxa de injeção (L/h);

$F_p$  = quantidade de fertilizante a ser aplicado por fertirrigação (kg/ha ou L/ha);

$A_t$  = área do setor a ser fertirrigado (ha);

$C_p$  = concentração do fertilizante na solução após diluição (kg/L ou L/L);

$T_i$  = tempo de injeção (h).

A concentração máxima de fertilizantes na solução após diluição não pode ser maior que a solubilidade do fertilizante em água, ou seja,  $C_p \leq S_p$ . No caso de fertilizantes líquidos aplicados sem nenhuma diluição, tem-se  $C_p = 1,0$  L/L.

**Exemplo:** Determinar a taxa de injeção requerida para aplicar 30 kg/ha de cloreto de potássio em 2 ha de melão irrigado por gotejamento. O tempo de irrigação é de 2 horas e o fertilizante começa a ser injetado após  $\frac{1}{4}$  do tempo de irrigação (30 minutos). A solução é injetada por 60 min, deixando 30 min para lavagem do sistema.

Considerando que a solubilidade do cloreto de potássio é de  $S_p = 0,34$  kg/L a 20 °C (Tabela 8) e que será adicionado 20% a mais de água do que a quantidade necessária para solubilização, a concentração do fertilizante na solução após diluição será  $C_p = 0,35$  kg/L/1,2 = 0,28 kg/L. Assim, a quantidade de água a ser adicionada no tanque para solubilizar os 60 kg de cloreto de potássio é de 214 litros (60 kg/0,28 kg/L). Pela equação 11, obtém-se que a taxa de injeção requerida é de:

$$q_i = \frac{30\text{kg/ha} \times 2\text{ha}}{0,28\text{kg/L} \times 1,0\text{h}} = 214\text{L/h}$$

A taxa de injeção para dispositivos do tipo venturi e bombas injetoras pode ser determinada volumetricamente. A medição é realizada com auxílio de um recipiente com volume conhecido e um cronômetro, sendo a taxa de injeção obtida dividindo o volume injetado pelo tempo de amostragem.

### Tanques de diferencial de pressão

Os tanques de diferencial de pressão não proporcionam taxa constante de injeção da solução. A concentração do fertilizante dentro do tanque, variável ao longo do tempo, depende do tamanho e forma do tanque, densidade do produto e fluxo de água através do tanque. A percentagem de fertilizante restante dentro do tanque ao longo da aplicação pode ser estimada pela seguinte função empírica de concentração: (equação 12)

$$C_r = 100 \times \exp\left(-q_t \times \frac{T_i}{V_t}\right) = 100 \times \exp^{-v}$$

em que:

$C_r$  = concentração de produto restante no tanque (%);  
 $q_t$  = fluxo de água através do tanque (L/h);  
 $T_i$  = tempo de injeção (h);  
 $V_t$  = volume do tanque (L);  
 $v$  = volume de água que passa pelo tanque em relação ao volume de solução (adimensional).

Na prática, a concentração do produto restante no tanque ao final da fertirrigação deve ser inferior a 2%. Pela equação 12, tem-se que o volume de água necessário para aplicar 98% da solução é de aproximadamente quatro vezes o volume do tanque. Assim, o tempo da fertirrigação pode ser computado por:

$$T_f = \frac{4 \times V_t}{q} \quad (\text{equação 13})$$

em que:

$T_f$  = tempo mínimo da fertirrigação (h).

O fluxo de água através do tanque pode ser determinado com auxílio de um medidor de vazão instalado na linha de descarga do tanque antes do ponto de injeção, o que pode ser feito instalando um hidrômetro de baixo custo na entrada do tanque.

### Referências Bibliográficas

- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Roma: FAO, 1998. 328p. (Irrigation and Drainage Papers, 56).
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado 1).
- BOSWELL, M.J. **Micro-irrigation design manual**. El Cajon: Hardie Irrigation, 1990. paginação irregular.
- BURT, C.M.; O'CONNOR, K.; RUEHR, T. **Fertigation**. San Luis Obispo: Irrigation Training and Research Center: California Polytechnic State University, 1995. 295p.
- COELHO, A.M. Fertirrigação. In: COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. (Ed.). **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p.210-227.
- CUENCA, R.H. **Irrigation system design: an engineering approach**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1989. 552p.
- FIPPS, G.; DAINELLO, F.J. Growing cantaloupes with drip irrigation and plastic mulch. **Irrigation Journal**, v.46, n. 4, p.8-10, 1996.
- GILBERT, R.G.; FORD, H.W. Emitter clogging. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. (Ed.). **Trickle irrigation for crop production: design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p.142-163.
- HOCHMUTH, G.J.; SMAJSTRLA, A.G. **Fertilizer application and management for micro (drip)-irrigated vegetables**. Gainesville: University of Florida/Cooperative Extension Service/Institute of Food and Agricultural Sciences, 1997. 33p. (Circular, 1181).
- JENSEN, M.E., Ed. **Consumptive use of water and irrigation water requirements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1973. 215p.

KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: VanNostrand Reinhold, 1990. 652p.

LIMA, L.; SILVA, E. Irrigação por gotejamento em café. **ITEM**, Brasília, n.48, p.50-55, 2000.

MARQUELLI, W.A. Desenvolvimento de critério para manejo simplificado da irrigação em regiões áridas e semi-áridas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. **Anais**. Fortaleza: SBEA-UFC, 2000. 3p. CD-ROOM. Trabalho nº 057.

MARQUELLI, W.A.; SILVA, H.R. **Aspectos sanitários da água para fins de irrigação**. Brasília: EMBRAPA-CNPq, 1998. 7p. (Comunicado Técnico da Embrapa Hortaliças, 5).

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C. **Seleção de sistemas de irrigação para hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-CNPq, 1998. 15p. (Circular Técnica da Embrapa Hortaliças, 11).

MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, H.R. **Manejo da irrigação em hortaliças**. Brasília: EMBRAPA-SPI / EMBRAPA-CNPq, 1996. 72p.

MONTAG, U. Fertigation in Israel. In: IFA Agricultural Conference on Managing Plant Nutrition, 1999, Barcelona. Disponível em: <<http://www.fertilizer.org/ifa/publicat/pdf/20.pdf>>. Acesso em: 30 fev. 2001. 21p.

NAKAYAMA, F.S. Water treatment. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. (Ed.). **Trickle irrigation for crop production: design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p.164-187.

PINTO, J.M.; SOARES, J.M.; PEREIRA, J.R.; COSTA, N.D.; BRITO, L.T.L.; FARIA, C.M.B.; MACIEL, J.L. **Sistema de cultivo de melão com aplicação de fertilizantes via água de irrigação**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1996. 24p. (EMBRAPA-CPATSA. Circular Técnica, 36).

RAUSCHKOLB, R.S.; HORNSBY, A.G. **Nitrogen management in irrigated agriculture**. New York: Oxford University, 1994. 251p.

RINCÓN, L. Estimación de las necesidades hídricas del melón. In: NAMESNY, A. **Melones**. Reus: Ediciones de Horticultura, 1997. p.95-103.

ROLSTON, D.E.; MILLER, R.J.; SCHULBACH, H. Fertilization. In: NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A. (Ed.). **Trickle irrigation for crop production: design, operation and management**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p.317-344.

SCAIFE, A.; BAR-YOSEF, B. **Nutrient and fertilizer management in field grown vegetables**. Basel: International Potash Institute, 1995. 104p. (IPI. Bulletin, 13).

SILVA, H.R.; MARQUELLI, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, R.A.; OLIVEIRA, L.A.; RODRIGUES, A.G. SOUZA, A.F.; MAENO, P. **Cultivo do melão para o Norte de Minas Gerais**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000. 21p. (Embrapa Hortaliças. Circular Técnica, 20).

SMITH, M.; HANCOCK, N.H. Leaching requirement of irrigated soil. **Agricultural and Water Management**, v.11, p.13-22, 1986.

SOARES, J.M.; COSTA, N.D.; FARIA, C.M.B.; BRITO, L.T.L.; HOUDHURY, M.M.; PINTO, J.M. **Fertirrigação na cultura do melão**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 1999. 4p. (Instruções Técnicas, 20).

SOUZA, V.F.; RODRIGUES, B.H.; ATHAYDE SOBRINHO, C.; COELHO, E.F.; VIANA, F.M.P.; SILVA, P.H.S. **Cultivo do melão sob fertirrigação por gotejamento no meio-norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 1999. 68p. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 21).

#### Circular Técnica, 25



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:  
**Embrapa Hortaliças**  
Km 09 BR - 060 Rodovia Brasília/Anápolis  
Fone: (61) 385-9009  
Fax: (61) 385-9042  
E-mail: sac.hortaliças@embrapa.br

1ª edição  
1ª impressão (2001): 1.000 exemplares

Irrigação e fertirrigação do  
2001 FL-FL 14361



25497-1

#### Comitê de publicações

Presidente: *Wellington Pereira*  
Secretário-Executivo: *Sulamita T. Braz*  
Membros: *Adonai Gimenez Calbo (Editor Técnico)*  
*André Nepomuceno Dusi*  
*Carlos Alberto Lopes*  
*Dione Melo da Silva (Editor de Arte)*  
*Maria Alice de Medeiros*  
*Maria Fátima Bezerra Ferreira Lima*  
*Waldir Aparecido Marouelli*  
*Warley Marcos Nascimento*

#### Expediente

Supervisor editorial: *Dione Melo da Silva*  
Editoração eletrônica: *Autograff Gráfica e Editora*