

# IV

## Manejo da fertirrigação

---

*Valdemício Ferreira de Sousa*

*José Maria Pinto*

*Eugênio Ferreira Coelho*

A aplicação de fertilizantes com base apenas na experiência do produtor e em recomendações genéricas pode levar a má utilização dos nutrientes pela planta, desequilíbrio ambiental e prejuízos econômicos para o empreendimento. Portanto, a prática correta da fertirrigação deve ter embasamento técnico e científico levando em consideração todos os fatores principais que influenciam na fertilidade do solo e na nutrição da cultura.

O planejamento e o manejo correto da fertirrigação deve iniciar com o conhecimento da situação química do solo, que permite a determinação da dosagem apropriada de nutrientes, frequência de aplicação, concentração da solução a ser injetada, tempo de aplicação e o acompanhamento da dinâmica de nutrientes no solo.

No manejo correto da fertirrigação, a aplicação de fertilizantes deve iniciar somente após o completo equilíbrio hidráulico do sistema de irrigação, sob pena de comprometer a uniformidade da distribuição. Para minimizar problemas de corrosão e desenvolvimento de microrganismos no sistema, a fertirrigação deve ser finalizada antes do término da irrigação para permitir que todo fertilizante seja eliminado do sistema de irrigação. O término antes da irrigação também permite uma melhor incorporação do fertilizante no perfil do solo. Uma recomendação geral é a de somente irrigar durante o primeiro quarto do tempo total de irrigação, e aplicar fertilizantes no segundo e no terceiro quarto, e irrigar no último quarto. Esta prática, no entanto, deve ser tomada apenas como guia e não como regra.

## 1. Frequência de aplicação de nutrientes na fertirrigação

Uma das maiores vantagens da fertirrigação é a possibilidade da aplicação dos nutrientes recomendados de forma parcelada. A frequência de aplicação de nutrientes ou parcelamento de nutrientes deve ser feito de acordo com a marcha de absorção nutrientes pela cultura nos seus diferentes estádios de desenvolvimento. Desta forma, para efetuar um bom manejo da fertirrigação é necessário conhecer como ocorre a distribuição da absorção dos nutrientes no ciclo da cultura.

Entretanto no âmbito geral, a frequência da fertirrigação depende, dentre outros fatores, do tipo de fertilizante, solo, cultura e sistema de irrigação. Fertilizantes com maior potencial de lixiviação, como os nitrogenados, devem ser aplicados mais frequentemente que aqueles com menor potencial, como os potássicos. Todavia, por não implicar em aumento significativo de mão-de-obra e em razão das principais fontes de nitrogênio e potássio poderem ser misturadas e aplicadas simultaneamente, não se adota na prática diferentes frequências para diferentes nutrientes.

Em solos de textura arenosa, a fertirrigação deve ser realizada uma vez por dia, enquanto em solos de textura variando de média a argilosa, a frequência pode ser maior, sendo mais comum de uma a duas vezes por semana. A cultura a ser fertirrigada é um fator decisivo na definição da frequência de fertirrigação. A dinâmica de absorção de nutrientes de uma cultura de ciclo curto como o meloeiro difere da dinâmica de absorção de uma cultura perene como uma mangueira. Para a cultura de ciclo curto justifica-se frequência de fertirrigação maior, que em caso de culturas perenes. A frequência de fertirrigação de 15 dias tem resultado em boas produtividades para a bananeira tanto em Latossolo Vermelho-Amarelo, no projeto Gortuba, Norte de Minas, como em Latossolo Vermelho-Amarelo de Tabuleiros Costeiros, no Recôncavo Baiano.

O nível de salinidade do solo também deve ser observado. Menores frequências de fertirrigação implicam em maiores quantidades de fertilizantes por vez, o que resulta em aumento da condutividade elétrica e do potencial osmótico da solução do solo, que podem exceder aos valores aceitáveis pelas plantas. Assim, dependendo da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo, poder-se-á manter uma maior ou menor frequência de fertirrigação.

No caso da irrigação por aspersão, deve-se levar em conta que a frequência de fertirrigação deve ser menor ou igual à frequência de irrigação, sendo que os demais critérios para definição da frequência serão os mesmos abordados.

## 2. Quantidade de nutrientes para fertirrigação

Na determinação das quantidades de nutrientes é necessário conhecer: (i) a extração pela cultura durante o ciclo, ou as necessidades nutricionais para atingir uma determinada produtividade; (ii) a quantidade de nutriente do solo e (iii) a eficiência de fertirrigação.

A estimativa da capacidade de fornecimento de nutrientes de um determinado solo pode ser feita a partir do conhecimento de: (i) profundidade do sistema radicular da cultura a ser explorada; (ii) densidade do solo; (iii) área do solo ocupado pelas raízes e (iv) a quantidade de nutrientes disponíveis dado pela análise de solo. Com essas informações e as equações 1, 2 e 3 calcula-se a massa de solo ocupada pelas raízes e a quantidade de um dado nutriente disponível no solo:

$$ms = a.z.d \quad (1)$$

$$qnds = ms.nd.0,001 \quad (2)$$

$$QND = np.qnds \quad (3)$$

em que:

ms = massa de solo ocupada pelas raízes (t);

a = área do solo ocupado pelas raízes (m<sup>2</sup>);

z = profundidade do sistema radicular da cultura (m);

d = densidade do solo (t/m<sup>3</sup>);

qnds = quantidade de nutriente disponível por planta (kg);

nd = nutrientes disponíveis (g/t);

QND = quantidade de nutriente disponível (kg/ha);

np = número de plantas por ha.

A dose do nutriente a ser aplicada à cultura via água de irrigação será dada por:

$$Dn = (Qnex - QND) / Eff \quad (4)$$

em que:

Dn = dose de nutrientes a ser aplicada à cultura (kg/ha);

Qnex = quantidade de nutrientes exportados pela planta (kg/ha);

Eff = eficiência da fertirrigação.

A dose de nutrientes a ser aplicada via fertirrigação pode ser determinada conhecendo-se a eficiência de uso do nutriente (EUN), dada em kg de nutriente por tonelada produzida e estabelecendo-se a produtividade esperada (Pe) em toneladas, obtém-se a dose de nutriente ser aplicada à cultura (QNN) em kg.

$$QNN = EUN . Pe \quad (5)$$

A quantidade de nutrientes a ser aplicada em cada fertirrigação pode ser, ainda, facilmente determinada a partir da quantidade total de nutrientes recomendada e da duração do ciclo da cultura para as condições locais do plantio. A quantidade de nutrientes a ser aplicada em cada fase ou estágio da cultura é determinada pela equação 6.

$$Q_{nf} = Q_t \cdot Q_r \cdot 0,01 \quad (6)$$

em que:

$Q_{nf}$  = quantidade de nutrientes a ser aplicada em cada fase da cultura (kg/ha);

$Q_t$  = quantidade total de nutriente recomendada (kg/ha);

$Q_r$  = quantidade de nutriente relativa a uma dada fase da cultura (%).

O número de aplicações em cada fase do ciclo da cultura pode ser determinado através das equações 7 e 8.

$$N_{ap} = \frac{N_{df}}{F} \quad (7)$$

em que:

$N_{ap}$  = número de aplicações numa dada fase do ciclo da cultura;

$N_{df}$  = número de dias numa dada fase do ciclo da cultura (dia);

$F$  = frequência de fertirrigação (dia).

A quantidade de nutriente a ser aplicada por fertirrigação será:

$$Q_{na} = \frac{Q_{nf}}{N_{ap}} \quad (8)$$

em que:

$Q_{na}$  = quantidade de nutriente por aplicação (kg);

Para determinar a quantidade do fertilizante ou do adubo a ser aplicado por fertirrigação basta dividir a quantidade  $Q_{na}$  pela concentração do nutriente no fertilizante, como mostra a equação 9.

$$Q_{fa} = \frac{Q_{na}}{C_F} \cdot 100 \quad (9)$$

em que:

$Q_{fa}$  = quantidade de fertilizantes por fertirrigação (kg);

$C_F$  = concentração do nutriente no fertilizante (%).

Exemplo: Calcular a quantidade de nutrientes a ser aplicado por fertirrigação ao longo do ciclo de desenvolvimento do meloeiro para a seguinte situação:

- Ciclo da cultura: 65 dias
- Produtividade esperada: 40 t/ha
- Eficiência de uso do fertilizante: 2,5 kg/t
- Sistema de irrigação: gotejamento, vazão 3,75 L/h/gotejador
- Vazão do sistema de irrigação: 40 m<sup>3</sup>/h
- Área da cultura: 1 ha
- Tanque de fertilizante disponível: 100 litros
- Vazão da bomba injetora: 60 L/h
- Frequência de irrigação: 2 dias
- Solo: textura média
- Teor de N no solo: 40 mg/dm<sup>3</sup>
- Concentração da solução desejada na saída do gotejador: 100 mg de N/L

· Fonte de nitrogênio disponível: uréia (45% N)

· Para cultivar de ciclo de 65 dias, irrigação por gotejamento e solo de textura média, recomenda-se o seguinte parcelamento de nutrientes (Tabela 6):

**Tabela 6.** Parcelamento do nitrogênio total a ser aplicado via fertirrigação.

Ciclo (dias)								
Fundação	1-7	8-14	15-21	22-28	29-35	36-42	43-49	50-56
Quantidade relativa de nutriente (%)								
20	2	3	5	10	20	20	15	5

A quantidade de N a ser aplicada, que é determinada em função da produtividade esperada, será de 100 kg/ha (2,5 kg/t x 40 t/ha). Para irrigação por gotejamento em solo de textura arenosa, considerando que o turno de rega é de 2 dias, a frequência de fertirrigação adotada será de dois dias, ou três vezes por semana ( $N_p = 3$ ). Assim, a quantidade de N por fertirrigação na fase de 1-7 dias será:

$$Q_{nf} = 100 \cdot 2 \cdot 0,01$$

A quantidade de nutrientes por aplicação será:

$$Q_{na} = \frac{2,0}{3} = 0,7 \text{ kg de N por aplicação}$$

Sendo a uréia o fertilizante selecionado ( $c_F = 45\%$ ), a quantidade desta por aplicação será:

$$Q_{fa} = \frac{0,7}{45} \cdot 100 = 1,6 \text{ kg de uréia por aplicação}$$

Este procedimento pode ser aplicado para as demais fases do ciclo da cultura, resultando na Tabela 7.

**Tabela 7.** Determinação da quantidade de N a aplicar por fertirrigação.

Época (dias após plantio)	Percentual requerido (%)	Quantidade de N requerida (kg)	Quantidade de N por aplicação (kg)	Quantidade de uréia/aplicação (kg)
Fundação	20	20	20	44,40
1 - 6	2	2	0,7	1,60
7 - 13	3	3	1,0	2,22
14 - 20	5	5	1,7	3,80
21 - 27	10	10	3,3	7,33
28 - 34	20	20	6,7	14,90
35 - 41	20	20	6,7	14,90
42 - 48	15	15	5,0	11,10
49 - 55	5	5	1,7	3,80

O volume de água necessário para solubilizar 1,0 kg de N referente ao ciclo de 1-6 dias para atender concentração de 100 mg/L na saída dos gotejadores pode ser determinado usando a equação:

$$V_t = \frac{700 \cdot 60}{40 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-3}} = 10,5 \text{ L}$$

Assim, devem ser usados 10,5 litros de água para 0,7 kg de N ou 1,6kg de uréia nas aplicações de 1-6 dias. O mesmo cálculo deve ser feito com as aplicações seguintes. Como exemplo de cálculo, no ciclo de 28-34 dias, que requer 6,7 kg de N por aplicação, o volume de água necessário será:

$$V_t = \frac{6700 \cdot 60}{40 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-3}} = 100,5 \text{ L}$$

Cada aplicação de 6,7kg de N ou 14,9 kg de uréia deverá ser feita em 100,5 litros de água. Como o volume disponível para a fertirrigação é de 100 litros, deverá ser feita três aplicações entre o



28° e o 34° dia após o plantio, usando-se em cada aplicação o tanque de 100 litros cheio de água.

Os mesmos cálculos devem ser feitos para todas as aplicações. No caso de se aplicar conjuntamente uréia e cloreto de potássio, o cálculo do volume de água a ser usado para o cloreto de potássio é feito da mesma forma, sendo que o volume de solução a ser usado deve referir-se ao maior volume encontrado, isto é, se para a uréia obteve-se 100 litros e para o cloreto de potássio 120 litros, fazer opção por 120 litros e ajustar a concentração da uréia para tal volume.

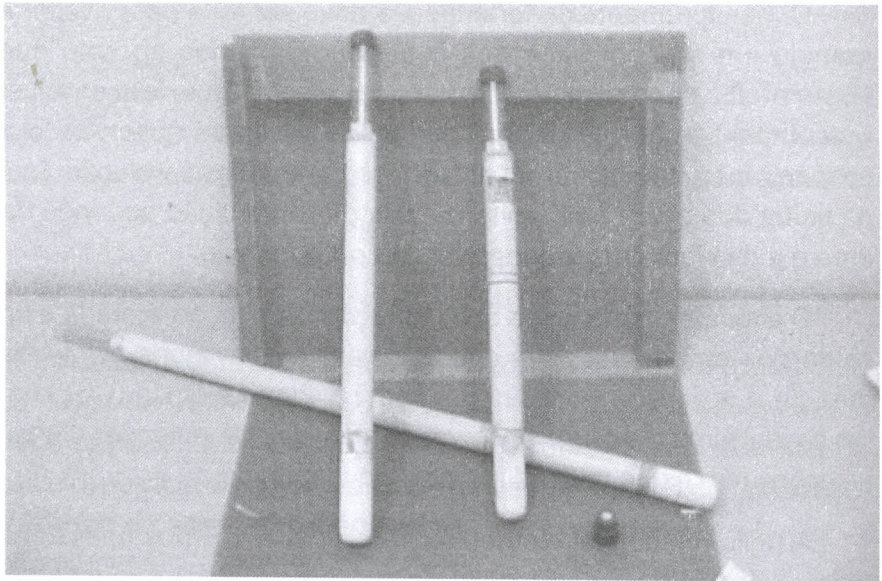
### **3. Monitoramento da fertirrigação**

O monitoramento da fertirrigação deve ser feito para avaliar o manejo em si, com base nos impactos causados no solo que possam influenciar o desenvolvimento das plantas, que deve envolver o acompanhamento da aplicação dos fertilizantes observando a concentração da solução injetada, concentração da solução final na saída dos emissores, uniformidade de distribuição ao longo da área e a distribuição dos nutrientes no perfil do solo.

O acompanhamento da concentração da solução injetada e na saída dos emissores, deve ser feita com amostragens coletadas durante a aplicação e medindo a condutividade elétrica (CE) com um condutivímetro portátil, observando além da uniformidade valores, se esses não estão muito diferentes do planejado.

A uniformidade de distribuição da vazão e CE nos emissores deverá ser feita a cada dois meses para detectar possíveis entupimentos na tubulação e emissores. A uniformidade de distribuição adequada deverá estar acima de 90%. No caso de obter valores menores, as causas mais prováveis são a variação de pressão no sistema de irrigação, vazamentos na tubulação, emissores com defeitos e/ou entupimento. Ao constatar esses defeitos as correções devem ser feitas imediatamente.

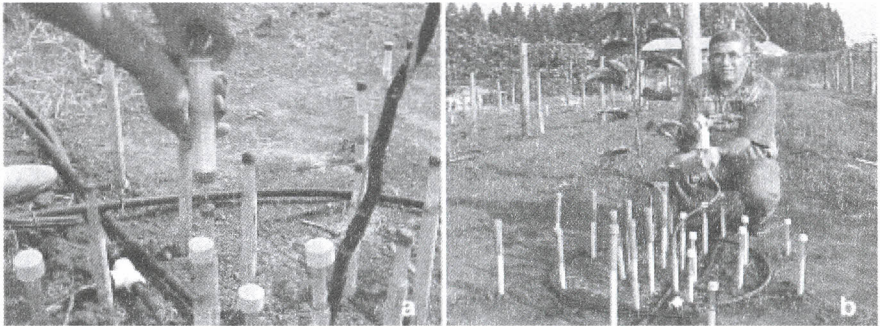
Em cultivos com fertirrigação é muito importante realizar o acompanhamento da dinâmica ou distribuição dos nutrientes no perfil do solo. Esta prática permite estabelecer ou ajustar a aplicação adequada dos fertilizantes e o manejo da água de irrigação, além de poder prevenir danos ambientais com a salinização dos solos e a contaminação do lençol subterrâneo e fontes de água superficiais. Esse acompanhamento pode ser feito por meio de amostragens do solo e posterior determinação da condutividade elétrica e concentração de íons, que utiliza o extrato de saturação do solo ou por amostragens de solução do solo, pela utilização de extratores de solução do solo. Os extratores são confeccionados com cápsulas porosas utilizadas em tensiômetros e são de fácil manuseio (Figura 19).



**Fig. 19.** Extratores de solução confeccionado com cápsula porosa de cerâmica e tubo de pvc rígido, com a borracha de vedação na extremidade.

Após instaladas no solo nas profundidades desejadas, sua extremidade deve ser fechada e fazer a extração do ar interno para facilitar a entrada da solução pela cápsula. A retirada da solução

pode ser feita com pequenas bombas de vácuo ou com seringas descartáveis, que compreende: (i) fazer um vácuo com uma tensão em torno de 70 kPa podendo utilizar uma seringa descartável; (ii) em torno de 24 horas após o vácuo, deve proceder a retirada da solução do extrator, utilizando a mesma seringa acoplada a uma mangueira flexível para posterior análise em laboratório (Figura 20).



**Fig. 20.** Procedimento da extração de solução do solo utilizando extratores de cápsula porosa e seringa descartável: (a) vácuo; (b) extração da solução.

Recomenda-se a utilização de pelo menos uma bateria de extratores de solução, instalados pelo menos em duas profundidades. Pode-se instalar um extrator na profundidade de maior concentração de raízes, entre 0,50 m e 0,60 m para fruteiras como manga, citros, banana e a 0,40 m para o caso do maracujá e mamão. O outro extrator deve ser instalado a uma profundidade tal que permita detectar lixiviação de nutrientes, portanto abaixo da região efetiva da absorção de nutrientes pelas raízes, à profundidade mínima de 0,80 m. Os extratores devem ser instalados a 0,10 m do gotejador entre o mesmo e a planta para o caso de gotejamento junto a fileira de plantas. No caso de microaspersão, se o emissor for localizado próximo da planta, instalar os extratores a 0,50 m da planta; se o emissor for localizado entre quatro plantas, manter a distância do extrator ao microaspersor de 0,50 m.

Além dos extratores de solução podem ser utilizados também sensores de condutividade elétrica e de pH para fazer o monitoramento da distribuição de nutrientes e da variação de acidez no perfil do solo. Esses sensores são instalados no solo na profundidade desejada e por meio de visor de leituras pode-se acompanhar frequentemente as variações da condutividade elétrica e do pH da solução do solo.

#### **4. Aplicação do fertilizante**

A aplicação dos fertilizantes via água é feito usando-se caixas de volume que varia dependendo do tamanho da área a ser fertirrigada ou da vazão do sistema de irrigação, do tempo disponível para a fertirrigação, da vazão do dispositivo injetor e da própria concentração da água de irrigação que se deseja na saída do emissor.

O uso de fertilizantes tradicionalmente empregados em adubação via solo, por não serem apropriados para fertirrigação podem acarretar solubilidade não adequada. Nesse caso, dar preferência de uso aos mais solúveis e no uso de bombas injetoras ou venturi; se necessário pode-se manter a solução dentro do tanque aberto sob agitação contínua durante a injeção para evitar perdas. No caso da bomba injetora hidráulica, usar o filtro na admissão da água à bomba e, se necessário, usar filtro na mangueira de sucção. Uma vez terminada a fertirrigação manter a bomba em funcionamento com água limpa por pelo menos 5 minutos de forma assegurar a limpeza da mesma. Há também recomendações no sentido de preparar a solução com antecedência à fertirrigação num tanque, deixando a mesma em repouso durante 20 a 30 minutos, após os quais se transfere a solução para outro tanque de onde será bombeada para o sistema de irrigação, deixando na primeira apenas a parte decantada. Nesse procedimento a eficiência de aplicação do fertilizante é menor em função das perdas por decantação.