

# FERTIRRIGAÇÃO EM FRUTEIRAS TROPICAIS

2ª edição - revista e ampliada



**Ana Lúcia Borges**  
**Eugênio Ferreira Coelho**  
*Organizadores*

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical***  
*Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **FERTIRRIGAÇÃO EM FRUTEIRAS TROPICAIS**

2a. edição revista e ampliada

*Ana Lúcia Borges*  
*Eugênio Ferreira Coelho*  
Editores Técnicos

Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical  
Cruz das Almas - BA  
2009

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

**Embrapa *Mandioca e Fruticultura Tropical***

Rua Embrapa - s/nº, Caixa Postal 007

44380-000, Cruz das Almas, BA

Telefone: (75) 3312-8000

Fax: (75) 3312-8097

www.cnpmf.embrapa.br

sac@cnpmf.embrapa.br

**Comitê Local de Publicações**

Aldo Vilar Trindade - *Presidente*

Ana Lúcia Borges - *Vice-presidente*

Abelmon Silva Gesteira

Carlos Alberto da Silva Ledo

Carlos Estevão Leite Cardoso

Davi Theodoro Junghans

Eliseth de Souza Viana

Luíz Francisco da Silva Souza

Marilene Fancelli

Maria da Conceição Pereira Borba dos Santos - *Secretária*

**Editoração eletrônica:** Maria da Conceição Borba

Saulus Santos da Silva

**Tratamento das ilustrações:** Maria da Conceição Borba

**Fotos da Capa:** Eugênio Ferreira Coelho

SODI SCIENTIFICA S.p.A. (Bomba Dosadora)

**Revisão Bibliográfica:** Ednaide Gondim Magalhães

**Ficha Catalográfica:** Sônia Maria Sobral Cordeiro

**1a. edição**

1a. impressão (2002): 500 exemplares

**2a. edição revista e ampliada**

1a. impressão (2009): 1.500 exemplares

**Todos os direitos reservados.**

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

---

Borges, Ana Lúcia

Fertirrigação em fruteiras tropicais / editores, Ana Lúcia Borges, Eugênio

Ferreira Coelho; autores, Ana Lúcia Borges... [et al.]. – 2 ed. rev e ampl. –

Cruz das Almas : Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009.

179 p. : il; 21 cm.

ISBN: 85-7158-002-2

1. Fertilizante. 2. Fruticultura. 3. Método de aplicação. I. Borges, Ana Lúcia. II. Coelho, Eugênio Ferreira. III. Título

CDD: 631.81 (21. ed.)

© Embrapa 2009

# Autores

---

## **Ana Lúcia Borges**

Engenheira Agrônoma, D.Sc., Pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, BA, analucia@cnpmf.embrapa.br.

## **Antonia Fonseca de Jesus Magalhães**

Engenheira Agrônoma, Pesquisadora aposentada da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, BA.

## **Arlene Maria Gomes Oliveira**

Engenheira Agrônoma, M.Sc., Pesquisadora da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, BA, arlenegomes@uol.com.br.

## **Davi José Silva**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc. Pesquisador da Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE, davi@cpatsa.embrapa.br.

## **Édio Luiz da Costa**

Engenheiro Agrícola, D.Sc., Pesquisador da EPAMIG-CTCO, Prudente de Moraes, MG, edio.costa@epamig.br.

## **Eugênio Ferreira Coelho**

Engenheiro Agrícola, PhD., Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, BA, ecoelho@cnpmf.embrapa.br.

## **José Maria Pinto**

Engenheiro Agrícola, D.Sc., Pesquisador da Embrapa Semi-Árido, Petrolina, PE, jmpinto@cpatsa.embrapa.br.

## **Luiz Francisco da Silva Souza**

Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, BA, lfranc@cnpmf.embrapa.br.

## **Maurício Antonio Coelho Filho**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, BA, macoelho@cnpmf.embrapa.br.

**Otávio Alvares de Almeida**

Engenheiro Civil, D.Sc., Analista da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Cruz das Almas, BA, otavio@cnpmf.embrapa.br.

**Valdemício Ferreira de Sousa**

Engenheiro Agrônomo, D.Sc., Pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI, vfsousa@cpamn.embrapa.br.

# Apresentação

---

As incertezas de disponibilidade dos recursos hídricos têm levado a incrementos sucessivos no uso de sistemas de irrigação de alta eficiência, sistemas esses que estão ligados à aplicação conjunta de fertilizantes via água de irrigação. O crescimento na demanda hídrica para fins de irrigação deverá aumentar ainda mais, nas próximas décadas, devido ao impacto que o aquecimento global deverá causar no clima da terra e, conseqüentemente, na sustentabilidade dos sistemas agrícolas de produção. Isso implicará em aumento na demanda de água pelas plantas e agravamento na ocorrência de secas, com conseqüente aumento da área irrigada e fertirrigada.

A fertirrigação ou a aplicação de fertilizantes via água de irrigação difere significativamente da aplicação sólida do adubo, principalmente porque acelera o ciclo dos nutrientes. Na forma convencional, os nutrientes sólidos são depositados próximo da planta e na superfície do solo e necessitam da água da chuva ou da irrigação para atingirem a solução do solo. No caso, ficam dependentes da intensidade e frequência das chuvas para se moverem no solo, podendo ou não alcançar o sistema radicular. Muitas vezes, esses fertilizantes sólidos são depositados em posições que podem não corresponder à região do solo de maior concentração de raízes. Na aplicação via água de irrigação, o tempo de chegada do fertilizante às raízes das plantas é significativamente reduzido, uma vez que o mesmo, já solúvel na água, infiltra no solo em solução de forma uniforme, garantindo máximo alcance pelo sistema radicular. Com isso, maior número de raízes passa a absorver nutrientes, fazendo com que a planta exerça o seu potencial de absorção. Além disso, a aplicação de fertilizantes juntamente com a água de irrigação, aliada à alta uniformidade de distribuição do sistema, reduz a lixiviação, resultando em maior eficiência do que a obtida na adubação convencional.

No Brasil, a fertirrigação encontra-se em franca expansão, com destaque para as propriedades irrigadas por pivô central e sistemas localizados. Vários fatores têm e ainda poderão contribuir para o crescimento da fertirrigação no Brasil, dentre eles: difusão de novas tecnologias, disponibilidade de fertilizantes fluidos no mercado, custo crescente da mão-de-obra e necessidade de aumentar a eficiência de utilização dos insumos agrícolas para redução de custos.

O crescimento da fruticultura irrigada no Brasil e, especialmente, no Nordeste, gera uma demanda cada vez maior de fertilizantes e equipamentos de fertirrigação. Na sua dinâmica, essa demanda apresenta duas faces: a primeira, de estimular o desenvolvimento de novos produtos para atendimento de necessidades específicas das culturas, das particularidades de cada região e das exigências de mercado; a segunda, de estimular a produção de informações atualizadas sobre essa tecnologia, ao mesmo tempo compatibilizando a linguagem fácil com o rigor técnico, de forma a contribuir para a capacitação de irrigantes e demais profissionais da área.

O objetivo deste livro é trazer informações sobre fertirrigação voltadas para fruteiras tropicais, de forma a aumentar o nível de conhecimento do usuário no tema e capacitá-lo a praticar corretamente a fertirrigação.

Os autores

# Sumário

---

<b>I. Aspectos básicos da fertirrigação .....</b>	<b>09</b>
<b>II. Fertilizantes para fertirrigação.....</b>	<b>20</b>
<b>III. Equipamentos de injeção de fertilizantes .....</b>	<b>37</b>
<b>IV. Manejo da fertirrigação .....</b>	<b>61</b>
<b>V. Cálculo e preparo da solução de fertilizantes .....</b>	<b>73</b>
<b>VI. Requerimentos de nutrientes para fertirrigação .....</b>	<b>88</b>
1. Abacaxi .....	88
2. Banana .....	97
3. Citros.....	106
4. Mamão.....	118
5. Manga.....	131
6. Maracujá .....	149
7. Melão.....	157
<b>VII. Referências bibliográficas.....</b>	<b>166</b>



# Aspectos básicos da fertirrigação

---

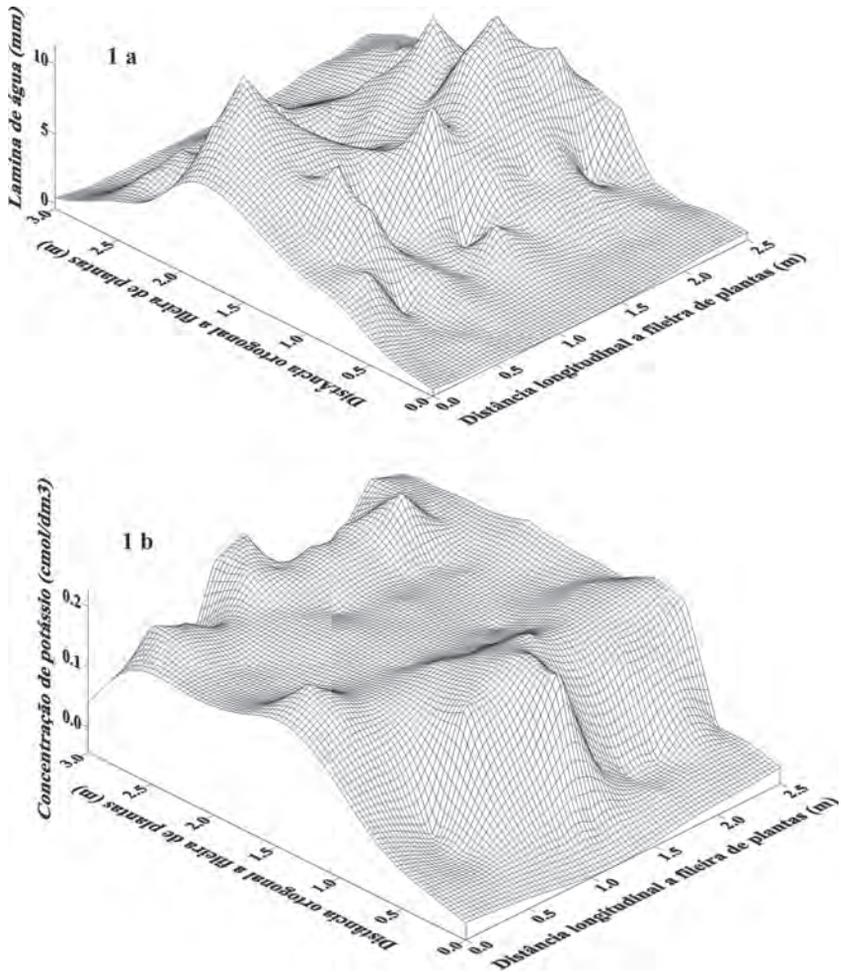
*Eugênio Ferreira Coelho  
Ana Lúcia Borges*

A fertirrigação ou a aplicação de fertilizantes via água de irrigação difere significativamente da aplicação via solo, principalmente porque torna mais eficiente a absorção dos nutrientes. Na aplicação convencional, os nutrientes sólidos são depositados próximo da planta e na superfície do solo e precisam aguardar a chuva para entrarem na solução do solo. No caso, ficam dependentes das intensidade e das frequências das chuvas para se moverem no solo, podendo ou não serem interceptados pelo sistema radicular. Muitas vezes esses fertilizantes sólidos são depositados em posições que podem não corresponder à região do solo de maior concentração de raízes. Na aplicação via água de irrigação, o tempo de chegada do fertilizante às raízes das plantas é significativamente reduzido, uma vez que o fertilizante já solúvel na água infiltra no solo já em solução de forma uniforme em toda a região da zona radicular, garantindo máxima interceptação dos mesmos pelo sistema radicular. Com isto, maior número de raízes passa a absorver nutrientes fazendo com que a planta possa trabalhar no seu potencial de absorção. Aliado a isto, tem-se que os fertilizantes são aplicados juntamente com a água de irrigação, onde é esperado uma irrigação que siga um manejo que proporcione uso racional de água. Além disso, com alta uniformidade de distribuição e alta eficiência de aplicação há redução da percolação e da lixiviação dos nutrientes, resultando numa aplicação de fertilizantes de maior eficiência do que a obtida na adubação convencional.

## **1. Aplicação de água e fertilizantes na superfície do solo**

O sucesso da fertirrigação depende da distribuição de água às plantas, o que deve ocorrer de forma o mais uniforme possível, sendo o ideal que todas as plantas recebam a mesma quantidade de nutrientes (Figura 1). Isto pode ser possível desde que haja menor variação entre a vazão dos emissores para uma mesma pressão de serviço e menor variação possível de pressão nas linhas laterais e entre linhas laterais de um mesmo setor irrigado. Karmelli & Keller (1975) sugerem uma variação máxima de 5% na vazão dos emissores. No caso do uso de fertirrigação em aspersão convencional deve-se espaçar as linhas laterais e os aspersores de forma a obter o maior coeficiente de uniformidade de distribuição e de aplicação de água possível. No caso da irrigação localizada, o uso de emissores autocompensantes garante uma vazão uniforme na linha lateral, minimizando o efeito da variação de pressão.

A fertirrigação se adequa melhor ao sistema de gotejamento do que ao de microaspersão, pelo fato de que, no caso do gotejamento, o sistema radicular da planta coincide com as regiões de maiores valores de umidade do volume molhado gerado por um ou mais gotejadores, otimizando, com isso o aproveitamento dos fertilizantes. No caso da microaspersão, o mesmo ocorre quando se usa um microaspersor por planta ou quando se utiliza uma faixa molhada contínua; entretanto, é comum o uso de um microaspersor para quatro plantas para o caso de fruteiras como a bananeira e o mamoeiro, onde o emissor é posicionado no centro das quatro plantas. A distribuição individual da água próximo ao microaspersor tende a concentrar água próximo do mesmo e conseqüentemente concentra também os fertilizantes num raio, que dependendo da vazão do emissor e do espaçamento entre plantas pode não promover uma distribuição correta dos fertilizantes prejudicando a absorção dos mesmos. No caso do uso de um emissor para quatro plantas, deve-se ater para a escolha de um emissor que tenha um raio de ação suficiente para aplicar os fertilizantes no entorno das plantas.



**Fig. 1.** Distribuição espacial água de irrigação (1a) e do potássio na água de irrigação (1b). Fonte: Silva et al. (2002).

## 2. Dinâmica dos nutrientes no volume molhado

A distribuição dos solutos no solo depende da mobilidade dos mesmos e das reações com a matriz do solo a que estão sujeitos. Esses atributos dependem dos solutos no meio poroso; e portanto, do nutriente e da fonte de aplicação.

## Nitrogênio

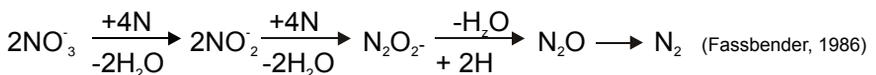
O nitrogênio pode ser aplicado via água de irrigação a partir de diferentes fontes. A fonte amídida, uréia, reage com a água (hidrólise), formando amônia ( $\text{NH}_3$ ) e gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), pela ação da enzima urease, se a mesma estiver presente no solo. Da hidrólise resulta o íon amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), que é adsorvido pelos colóides ou partículas eletricamente carregadas (negativamente) do solo. O movimento desse íon depende da concentração dos mesmos e da capacidade de troca catiônica do solo (CTC). Se a CTC do solo for significativa, o próprio solo ajudará na retenção do movimento dos íons de amônio. Estes íons reagirão biologicamente no solo resultando em nitratos, o que pode ocorrer ao longo de duas a três semanas no solo, a temperaturas entre 25 e 30°C. Todas as formas de amônio resultarão em nitratos. A nitrificação se desenvolve melhor em condições de pH do solo entre 7 e 9,5. A aplicação de fontes amoniacais em solos alcalinos, sob altas temperaturas e umidade do solo baixas implica em volatilização direta do amônio.

No caso do uso de fontes de nitrogênio amoniacal, deve-se observar que o amônio é um íon e que uma vez lançado pelo emissor no volume molhado o  $\text{NH}_4^+$  será adsorvido aos colóides do solo que servirão de freio ao movimento do mesmo que dará continuidade assim que se satisfizer a capacidade de troca catiônica do solo. Outro ponto a ser observado é que a nitrificação requer a presença de bactérias aeróbicas; assim, a nitrificação não ocorre muito próximo do gotejador onde as condições tendem a ser anaeróbicas. A nitrificação ocorrerá a distâncias maiores do emissor.

As fontes nítricas, uma vez aplicadas ao solo via água, se hidrolizam liberando o  $\text{NO}_3^-$ , que é utilizado diretamente pelas plantas (Fassbender, 1986). Os nitratos são altamente solúveis em água e não são adsorvidos às partículas do solo, o que o torna altamente móvel tanto por convecção como por difusão no solo. Dessa forma, após a transformação do amônio em nitrato, sucessivas irrigações

podem levar esses íons para as bordas do volume molhado. Caso a irrigação seja feita de forma a gerar perda por percolação, certamente haverá lixiviação de nitratos. Exceto pelo nitrato de amônio, as demais fontes nítricas são neutras. Um ponto a ser observado no uso das fontes de nitrogênio comuns em fertirrigação é o balanço catiônico-aniônico na solução do solo. Nesse balanço, um tipo de cátion ou ânion em excesso na solução poderá ser mais absorvido pelas raízes limitando a absorção de outros cátions importantes (Vieira et al., 2001). Se o nitrogênio na forma de  $\text{NH}_4^+$  é aplicado em excesso, isto provocará uma redução na absorção dos outros cátions,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$ , bem como absorção acima do normal de fosfatos, sulfatos e cloretos. O aumento de  $\text{NO}_3^-$  na solução do solo provoca a redução na absorção do fosfato e sulfatos e aumento na absorção de  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{++}$  e  $\text{Mg}^{++}$  (Burt et al., 1995).

As perdas de nitrogênio na fertirrigação podem se atribuídas à lixiviação, a ser comentada nos impactos da fertirrigação no solo, e também podem ser favorecidas pela denitrificação biológica ou não-biológica. Na denitrificação biológica, os nitratos são reduzidos, se convertendo em  $\text{N}_2$  gasoso ou óxido nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) pela ação de bactérias anaeróbias do solo (Rolston et al., 1979).



As condições que favorecem estas transformações são umidades elevadas, acima ou próximas da capacidade de campo do solo. Essas condições não são esperadas numa irrigação por aspersão, enquanto na irrigação localizada pode ocorrer junto ao gotejador durante a irrigação, podendo ser evitado se o tempo de aplicação dos fertilizantes nitrogenados via água for pequeno dentro do tempo de irrigação. Altos valores de pH do solo contribuem para essas transformações, sendo que em pH próximo de 4,8 tais transformações serão mínimas (Fassbender, 1986).

A denitrificação não biológica ocorre devido a reações entre os componentes nitrogenados inorgânicos presente no solo, sendo muito importante no caso de uso de fontes amoniacais e uréia. Estas transformações são favorecidas pela elevação do pH do solo, principalmente para valores acima de 7,0 e baixas condições de umidade. Na fertirrigação sob condições de intervalos de irrigação maiores, como é o caso da aspersão, estas perdas podem ser mais facilitadas que no caso da irrigação localizada, onde os teores de umidade do solo se mantêm a níveis relativamente elevados continuamente.

## **Fósforo**

O fósforo tem suas restrições a aplicação via água de irrigação pela sua característica de adsorção à matriz do solo, com conseqüente baixa mobilidade e possibilidade de precipitação na forma de fosfatos (Chase, 1985). Se aplicado na superfície do solo em forma sólida não move mais que 0,03 m, mas em condições de fertirrigação pesquisas têm registrado movimento de 0,20 m, tanto horizontal como verticalmente, a partir de um gotejador, num solo franco arenoso (Rolston et al., 1979). Rauschkoub et al. (1976) aplicaram ortofosfato em solo franco argiloso, via irrigação por gotejamento e observaram que o mesmo se moveu a distancia horizontal do emissor de 0,25 m e a profundidade de 0,30 m, concordando com Maciel (1998).

O fósforo requer cuidados na aplicação, principalmente no caso de águas com alto teor de cálcio e magnésio. O uso de ácido fosfórico, nesses casos, mantém baixo o pH durante a fertirrigação, evitando formação de precipitados no sistema de irrigação (Rolston et al., 1979).

Os sistemas de irrigação localizados são os mais adequados à aplicação de fósforo via fertirrigação, principalmente o gotejamento, que localiza ainda mais a aplicação à zona radicular. De toda forma,

o fósforo aplicado via fertirrigação em gotejamento enterrado tem grandes chances de aumentar o desempenho do nutriente, uma vez que o mesmo é depositado dentro da zona de maior atividade do sistema radicular (Bar-Yosef, 1999).

## **Potássio**

O potássio pode ser utilizado na fertirrigação sem problemas de entupimentos, para as fontes comumente disponíveis para tal fim, mesmo que sólidas. A movimentação do mesmo no solo vai depender da concentração e da CTC do solo, sendo que, uma vez saturadas as superfícies de adsorção, haverá menor impedimento a movimentação dos íons. Pesquisas têm mostrado que o potássio aplicado via gotejamento tem resultado em avanços laterais e verticais do nutriente de 0,60 m a 0,75 m de distância do emissor (Rolston et al., 1979). Avaliações da distribuição do potássio no volume molhado do solo gerado pela microaspersão em bananeira mostraram que as maiores incidências do nutriente e as maiores variações do mesmo com o tempo ocorreram até 0,40 m de profundidade no perfil do solo (Silva et al., 2002).

## **Micronutrientes**

Os micronutrientes, tais como ferro, zinco, cobre e manganês, podem reagir com os sais da água de irrigação, ocasionando formação de precipitados; assim, seu uso deve ser feito na forma de quelatos tal como o EDTA (ácido etileno diamino triacético), DTPA (ácido dietileno triamino pentaacético) e outros (Rolston et al., 1979), ficando assim solúveis e mais móveis que na condição original, uma vez que o uso de quelatos evita a adsorção e precipitação dos íons. Mesmo assim, com uso de quelatos, há possibilidade de que o micronutriente seja despreendido do mesmo e substituído por outros íons ficando imóvel no solo.

### **3. Absorção de nutrientes pelas raízes na fertirrigação**

A absorção de nutrientes pelo sistema radicular depende dentre outros, dos seguintes fatores segundo Bar-Yosef (1977): a) taxa de absorção diária de nutrientes; b) relação entre a concentração de nutrientes na solução do solo e da taxa de absorção; e c) necessidade diária das plantas. Pode-se dizer também que a absorção de nutrientes no solo depende da disponibilidade do mesmo na solução do solo e da sua concentração do na solução.

A disponibilidade dos nutrientes depende da concentração dos mesmos na solução e da união ou adsorção desses ao solo (Jungk, 1996). O movimento dos nutrientes para as raízes é considerado de baixa velocidade e se dá a curtas distâncias, visto que a solução do solo encontra-se dentro do sistema capilar tortuoso do solo, muitas vezes não interceptado por raízes. A absorção dos nutrientes pela raiz depende da concentração dos mesmos no entorno da raiz e da cinética de absorção da raiz.

O contato entre a raiz e a solução do solo, necessário para ocorrer a absorção, se dá tanto pela interceptação da raiz na solução do solo, como pelo transporte dos nutrientes do solo para a raiz, pela convecção ou fluxo de massa (predominante) e pela difusão (Jungk, 1996). A quantidade de nutrientes absorvida pode ser tomada pelo produto do volume de água absorvido na transpiração pela concentração de nutrientes na solução de equilíbrio do solo.

Bar-Yosef (1977) observou numa aplicação de nitrogênio em tomate em solo arenoso que 30% a 50% do total aplicado foi absorvido pelas raízes. As perdas ocorreram devido a lixiviação e à baixa concentração de N na zona radicular, o que reduziu a absorção.

A concentração de nutrientes no entorno das raízes constitui o principal fator determinante da absorção (Bar-Yosef, 1977; Jungk, 1996). Existe portanto uma concentração adequada de nutrientes na solução de solo no volume molhado que otimiza

a absorção, sendo que concentrações inferiores ou superiores fazem reduzir a mesma. A absorção do fósforo pelas raízes aumentou com a aplicação em taxas razoáveis, o que promoveu elevação da concentração do nutriente junto a superfície das raízes e conseqüentemente aumentou a difusão do nutriente no volume molhado (Chase, 1985).

O aumento da transpiração da planta pode causar acúmulo de solutos na superfície das raízes, se os mesmos não forem absorvidos. Isto eleva a concentração dos solutos na superfície das raízes reduzindo o potencial total da água no entorno da raiz fazendo reduzir a absorção (Hamza & Alymore, 1992).

#### **4. Impactos da fertirrigação no ambiente solo**

Os impactos que a fertirrigação pode promover no solo podem ser de natureza física ou química. Impactos físicos devido a fertirrigação não têm sido observados em campo, entretanto há possibilidades de ocorrência. Os impactos de ordem química são mais comuns e podem ocorrer tanto com a aplicação de fertilizantes orgânicos como minerais.

Um dos impactos mais comuns observados tem sido relacionados à salinização do solo, o que pode ocorrer pela aplicação de fertilizantes em concentrações elevadas que reduzem o potencial total da água no solo pelo aumento da tensão osmótica e da condutividade elétrica do solo, fato que pode ser agravado com uso de fontes de maior índice salino. A ocorrência da salinização, entretanto, está relacionada à operação da fertirrigação, quando feita de forma inadequada, principalmente pelo uso de elevada concentração da solução de injeção. A salinização, se ocorrer, provavelmente será transitória, uma vez que poderá ser corrigida com lavagem do perfil pelo uso da irrigação ou pelas chuvas. É necessário manter uma concentração da solução de injeção tal

que permita uma concentração na água de irrigação na saída dos emissores que não aumente a concentração salina ou a condutividade elétrica do solo a níveis indesejáveis à cultura.

Outro impacto está relacionado ao uso das fontes nitrogenadas e a variação do pH do solo. Durante o umedecimento do solo, decorrente da irrigação, pode naturalmente haver um aumento do  $\text{NH}_4^+$  devido à mineralização do N tanto da matéria orgânica como de uma fonte amoniacal ou amídica quando aplicada. Já o  $\text{NO}_3^-$  tende a diminuir no solo com o umedecimento em decorrência da desnitrificação pela participação de bactérias onde o  $\text{NO}_3^-$  se decompõe em  $\text{N}_2$  e  $\text{N}_2\text{O}$  que se perdem na forma de gases, sendo tal processo favorecido por condições anaeróbias.

O uso de fontes amoniacais na fertirrigação favorece a acidificação do solo durante a nitrificação. Os efeitos acidificantes das diferentes fontes nitrogenadas amoniacais depende da dose e granulação dos mesmos, bem como do pH original do solo e de sua capacidade tampão (Fassbender, 1986).

No caso da uréia, pelo fato de a mesma ter caráter não iônico ela não reage com a água do meio. O uso da uréia na fertirrigação pode resultar, da mesma forma que as fontes amoniacais, em acidificação do solo, uma vez que as reações no solo são semelhantes as que ocorrem com as fontes amoniacais, isto é, na transformação do amônio em nitrato, ocorre liberação de  $\text{H}^+$  no solo, reduzindo do pH. O efeito acidificante da uréia pode se agravar com o uso da mesma em combinação com os fosfatados (superfosfato triplo) e potássicos acidificantes (cloreto de potássio). Deve-se, entretanto, levar em conta as diversas variáveis do solo, inclusive seu poder tampão, que altera o efeito acidificante da uréia. O pH e a condutividade elétrica do solo foi monitorada periodicamente até os 776 dias em um Latossolo Amarelo de textura argilosa após o plantio da cultura do mamoeiro, com fertirrigações semanais de uréia e cloreto de potássio. Os resultados mostraram que uso de uréia e de cloreto de

potássio não teve efeito de redução do pH do solo ou de variação do nível de salinidade (Coelho et al., 2002).

As perdas de nitrogênio na forma de nitrato devem-se à lixiviação do mesmo pela característica de alta solubilidade e não-adsorção no solo. As perdas podem se dar devido ao escoamento superficial, o que pode ocorrer durante os períodos chuvosos, quando o solo estiver com altos teores de umidade.

O uso das fontes de fósforo combinadas com fontes amoniacais, no caso o fosfato monoamônico e o diamônico tem reações diferentes no solo, sendo que o fosfato monoamônico resulta em soluções ácidas e o fosfato diamônico em soluções alcalinas (Fassbender, 1986).

As reações no solo que seguem uma eletroneutralidade, isto é, um balanço de cargas iônicas, é o mesmo que ocorre na solução de nutrientes nas plantas (Kirkby & Knight, 1977; Bar-Yosef, 1999). Quando ocorre maior absorção de cátions que ânions as raízes tendem a compensar excretando prótons ( $H^+$ ), que acidificam a rizosfera. Por outro lado, se há maior absorção de ânions, as raízes tendem a compensar liberando hidroxilas ( $OH^-$ ), que reagem com o  $CO_2$  resultando em bicarbonatos  $HCO_3^-$  que levam a alcalinização da rizosfera. Assim, a aplicação de fontes amoniacais com absorção dessas fontes em excesso pelas raízes pode causar acidificação, enquanto que a aplicação com absorção de fontes nítricas em excesso pode causar alcalinização da solução do solo.

# II

## Fertilizantes para fertirrigação

---

*Davi José Silva  
Ana Lúcia Borges*

A escolha do fertilizante a ser aplicado na água de irrigação deve ser feita após avaliação das características dos produtos, para que sua utilização seja adequada ao sistema de irrigação, exigência da planta e do solo.

As fontes de fertilizantes empregadas devem apresentar alta solubilidade, para que a concentração final do nutriente na solução seja, de fato, a calculada, como também para não causar entupimentos nos emissores, principalmente nos gotejadores. A temperatura da água e a pureza do fertilizante interferem na sua solubilidade.

### 1. Fertilizantes

#### 1.1. Fertilizantes nitrogenados

O nitrogênio (N) é o nutriente mais aplicado em fertirrigação, pois o seu parcelamento é recomendado, em razão da sua alta mobilidade no solo (principalmente nos arenosos), do alto índice salino dos adubos que o contém e da baixa exigência inicial das culturas.

Nos fertilizantes, o nitrogênio pode se apresentar segundo as formas químicas: **nítrica** [nitrato de cálcio –  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ; nitrato de potássio –  $\text{KNO}_3$ ; nitrato de magnésio –  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ]; **amoniacal** [(DAP –  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ; MAP –  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ; sulfato de amônio –

$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ]; **nítrica-amoniacal** (nitrato de amônio –  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ); **amídica** [uréia –  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ].

O nitrogênio amoniacal, após ser absorvido pela raiz ou sofrer oxidação biológica no processo de nitrificação, tem como resultado a acidificação do solo. A planta, para manter o equilíbrio elétrico ao absorver o nitrogênio na forma nítrica, libera na rizosfera hidroxilas e ácidos carbônicos que promovem alcalinização no solo. De forma sucinta, as fontes nitrogenadas têm efeito alcalino ou ácido, conforme segue:  $\text{NO}_3^-$  = efeito alcalino,  $\text{NH}_4^+$  = efeito ácido,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  = efeito ácido e uréia ( $-\text{NH}_2$ ) = efeito ácido.

Na Tabela 1 são apresentadas as características dos fertilizantes nitrogenados, sendo os mais utilizados a uréia, sulfato de amônio, nitrato de amônio e a solução líquida uran.

De modo geral, as fontes nitrogenadas mais empregadas apresentam alta solubilidade, elevado índice salino, alto índice de acidez e, muitas vezes, ausência de macronutrientes secundários. A uréia é a fonte mais empregada, em função do menor preço, e apresenta menor índice salino/unidade do nutriente. O sulfato de amônio, apesar de ter o macronutriente enxofre, conta com índice salino próximo ao do nitrato de amônio e maior potencial para acidificar o solo. Existem ainda dois fertilizantes comercializados na forma líquida que apresentam alta solubilidade. O primeiro, o fosfato de uréia ou uréia fosfato, apresenta pH em torno de 2,0 e densidade de 0,95 g/mL. Esse caráter ácido pode ser empregado na redução do pH da solução em condições de alcalinidade. O segundo, o fosfato de amônio, é obtido pela mistura de aquamônia (20% de N, pH 12,0-13,0, densidade 0,91 g/mL) e ácido fosfórico.

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

Fertilizante	Concentração do nutriente (g/kg)		Solubilidade (g/L) a 20 °C	Índice salino <sup>1</sup>	Índice salino/ unidade <sup>2</sup>	Índice de acidez/ basicidade <sup>3</sup>
	N	Outros				
Uréia	450	-	780	75	1,63	71
Sulfato de amônio	205	240 de S	710	69	3,37	110
Nitrato de amônio	340	-	1.180	105	3,28	60
Nitrato de cálcio	140	280 de Ca	1.020	61	4,36	Básico (-20)
Nitrato de magnésio	110	95 de Mg	2.500	-	-	Básico
Nitrato de potássio	140	440 de K <sub>2</sub> O	320	31	2,21	Básico (-15)
Nitrato de sódio	160	-	730	100	6,25	Básico (-29)
Uran	320	-	Alta	-	-	Ácido
DAP	170	400 de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	400	34	2,00	88
MAP	110	440-600 de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	230	30	2,73	60
MAP purificado	120	440-610 de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	370	30	2,73	60
Fosfato de amônio	60-100	300	Alta			
Fosfato de uréia	180	440 de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Alta			

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

<sup>2</sup>Índice salino dividido pelo teor de N no fertilizante x 10.

<sup>3</sup>Quantidade de CaCO<sub>3</sub> necessária para neutralizar 100 kg do adubo (+) e "adicionadas" pela aplicação de 100 kg de adubo (-).

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

## 1.2. Fertilizantes fosfatados

O fósforo, que é absorvido principalmente na forma de  $H_2PO_4^-$ , caracteriza-se por apresentar baixa mobilidade no solo, devido à alta capacidade de adsorção pelos colóides minerais. Assim, com o crescimento da utilização dos métodos de irrigação localizada, a aplicação de fósforo ao solo, que normalmente era bem localizada, na forma de fosfatos solúveis ou parcialmente solúveis como os superfosfatos e termofosfatos, passou a ser realizada via fertirrigação, na forma de ácido fosfórico, MAP e DAP, e mais recentemente, como MKP (mono fosfato de potássio) e (pH 4,5, C.E. 0,7 dS/m, densidade 1,2-1,3 g/mL), fosfato de amônio e fosfato de uréia (Tabelas 1 e 2). Os dois últimos fertilizantes são disponibilizados na forma líquida e apresentam como características comuns, alta solubilidade e elevada acidez. O ácido fosfórico também é um fertilizante apresentado na forma líquida, possui de 460 a 760 g de  $P_2O_5$  por litro, densidade 1,68 g/mL, solubilidade 457 g/L e pH 2,3.

Existem no mercado outros fertilizantes fluidos em forma de suspensão coloidal (10-30-00) e misturas em suspensão (3-15-10), mas apresentam custos mais elevados do que as fontes convencionais. Na forma líquida são encontrados o MAP + DAP (240 g de  $P_2O_5$ /L), MAP + nitrato de amônio + cloreto de potássio (100 g L de  $P_2O_5$ /L) e o MAP + uréia (125 g de  $P_2O_5$ /L).

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

Quando se aplicam fontes de fósforo via fertirrigação, existe um alto risco de precipitação de fosfatos, como fosfato tricálcico,

se as águas contiverem Ca e o pH for superior a 6,5. Portanto, deve haver critério na escolha da fonte e sua concentração na água de irrigação.

Se a água é ácida não há limitação para o uso do DAP; porém, caso haja Ca e o pH for superior a 7,0, deve-se utilizar o MAP (pH 4,7, C.E. 0,86 dS/m, densidade 1,28 g/mL), que tem efeito acidificante, o que leva à uma redução do pH. Outra possibilidade é o uso do ácido fosfórico concentrado. A quantidade aplicada deve ser suficiente para abaixar o pH, porém há um limite para que não produza corrosão em peças metálicas da rede.

De acordo com Burt et al. (1995), é preferível usar fontes de fósforo na forma de fertilizantes ácidos, quando aplicados via água de irrigação, por meio de sistemas de irrigação localizada. Assim, o uso do ácido fosfórico (50 mL/50 litros de água para 500 m de mangueira), além de fornecer fósforo, baixa o pH da água de irrigação e ajuda a manter os emissores desobstruídos e livres de microrganismos. A aplicação de ácido fosfórico via água de irrigação somente será efetiva quando o pH da água de irrigação permanecer em torno de 3,0 durante 30-60 minutos, para evitar a precipitação de fosfato de cálcio. Deve-se, contudo, tomar cuidados na aplicação deste e de outros ácidos, porque valores de pH menores que 5,5 podem aumentar a corrosão de equipamentos metálicos do sistema de irrigação, aumentar a toxicidade de alguns micronutrientes ou mesmo causar danos às raízes das plantas.

A mobilidade do fósforo no solo está relacionada com a textura do mesmo. Solos de textura argilosa possuem maior capacidade de adsorção de fósforo, o que, teoricamente, reduz a sua mobilidade. Não somente a quantidade, mas também o tipo de mineral de argila interfere nesse fenômeno. Além da textura,

a frequência de aplicação e a quantidade de água aplicada são variáveis que, também, afetam o transporte de fósforo no solo. Assim, em solos arenosos irrigados por métodos de irrigação localizada, como gotejamento, pode ocorrer uma movimentação considerável do fósforo, colocando-o, inclusive, fora da zona de maior concentração de raízes.

A irrigação por gotejamento pode aumentar o movimento de P no solo de 5 a 10 vezes se comparado à aplicação na forma sólida. O movimento é maior desta forma porque uma maior concentração, em uma faixa estreita do solo, satura os sítios de fixação próximos ao ponto de aplicação do fertilizante. O movimento de P no solo aumenta com a sua taxa de aplicação e também com o raio de molhamento.

### **1.3. Fertilizantes potássicos**

A aplicação de potássio (K) via água de irrigação é bastante viável, devido à sua mobilidade no solo, principalmente nos mais arenosos. Assim, quantidades menores do nutriente devem ser aplicadas em cada parcelamento, diminuindo as perdas por lixiviação.

Os fertilizantes potássicos apresentam menor solubilidade que os nitrogenados, não existindo, contudo, limitações para sua aplicação via água de irrigação. Dentre as fontes de potássio, tem-se o cloreto, o sulfato e o nitrato de potássio (Tabela 2). O cloreto e o nitrato de potássio possuem alta solubilidade, enquanto o sulfato de potássio, além de ser menos solúvel, possibilita a formação de sulfato de cálcio, ainda menos solúvel, quando a água de irrigação é rica em cálcio e magnésio (mais de 50 mg de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ /L).

28 **Tabela 2.** Características dos fertilizantes potássicos utilizados na fertirrigação.

Fertilizante	Concentração do nutriente (g/kg)		Solubilidade (g/L) a 20 °C	Índice salino <sup>1</sup>	Índice salino/ unidade <sup>2</sup>	Índice de acidez/basicidade
	K <sub>2</sub> O	Outros				
Cloreto de potássio	600	480 de Cl	340	115	1,92	Neutro
Sulfato de potássio	520	170 de S	110	46	0,88	Neutro
Nitrato de potássio	460	130 de N	320	74	1,68	Básico
Nitrato de sódio e potássio	140	140 de N	623	31	2,21	Básico
Sulfato de potássio e magnésio (K-Mag)	220	220 de S + 110 de Mg	290	43	1,95	-
Fosfato de potássio e magnésio	190	550 de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 48 de Mg	400	-	-	-
Mono fosfato de potássio (MKP)	340	520 de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	230	8	0,24	Neutro

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

<sup>2</sup>Índice salino dividido pelo teor de K<sub>2</sub>O no fertilizante x 10.

Fonte: Coelho (1994); Vitti et al. (1994).

O cloreto de potássio (pH 6,5, C.E. 1,82 dS/m, e densidade 0,95 g/mL) é a fonte mais utilizada, por ter menor custo por unidade de  $K_2O$  e apresentar maior solubilidade. O sulfato de potássio (pH 2,0-4,0, C.E. 1,7 dS/m, densidade 1,1 g/mL), apesar de baixo potencial salino por unidade de  $K_2O$ , entre as fontes citadas é a que apresenta a mais baixa solubilidade. O nitrato de potássio tem sido utilizado por apresentar solubilidade semelhante à do KCl e potencial salino inferior (Tabela 2).

#### **1.4. Fertilizantes contendo cálcio, magnésio e enxofre**

Normalmente, o suprimento de cálcio e magnésio às plantas é feito por meio da calagem, com aplicação de calcário dolomítico ou calcítico.

Para a fertirrigação, a melhor fonte de cálcio é o nitrato de cálcio (Tabela 1), por ser o mais solúvel. Existe também o cloreto de cálcio pentahidratado, com solubilidade de 670 g/L de água e as formas quelatizadas. No caso do uso de nitrato de cálcio, recomenda-se adicionar ácido nítrico concentrado na base de 0,3 litros por quilo de nitrato de cálcio, quando o pH da água de irrigação for superior a 6,5. A presença de alta concentração de sulfato na água favorece a formação de sulfato de cálcio, que é insolúvel, podendo precipitar.

A aplicação de cálcio via água de irrigação mostra-se vantajosa para culturas que apresentam demanda elevada por este nutriente, como é o caso da mangueira e da videira.

Em solos arenosos, com baixa capacidade de troca catiônica, e que apresentam pH acima de 6,0, a utilização de nitrato de cálcio como fonte de nitrogênio tem se mostrado adequada, permitindo elevar os teores de cálcio no solo. Para evitar aplicações excessivas de Ca, o que pode causar desequilíbrio entre os cátions Ca, Mg e K no solo, deve-se procurar alternar as fontes de nitrogênio, assim como aplicar fertilizantes que contenham magnésio como íon acompanhante.

O magnésio pode ser suprido, via água de irrigação, na forma de sulfato de magnésio (90-160 g de Mg/kg e 120-140 g de S/kg), pois apresenta alta solubilidade (710 g/L de água) e pH 6,5. Existem também o nitrato de magnésio (pH 6,0-7,0, CE 1,1 dS/m, densidade 1,4 g/mL) (Tabela 1) e o sulfato de potássio e magnésio (Tabela 2).

O enxofre na forma de sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) apresenta alta mobilidade no solo, como o nitrogênio, existindo fontes solúveis para sua aplicação via fertirrigação. De maneira geral, o fornecimento desse nutriente é feito por meio de fertilizantes carreadores de macronutrientes primários (N, P e K). O sulfato de amônio (Tabela 1) e o sulfato de potássio (Tabela 2) são as fontes mais empregadas, existindo ainda o sulfato de magnésio. Na forma de fertilizante fluido existe a fórmula 20-00-00 + 4% S (sulfuran), que é obtida pela adição de sulfato de amônio ao uran.

## 1.5. Fertilizantes com micronutrientes

Para aplicação de micronutrientes via água de irrigação deve-se considerar a solubilidade, compatibilidade e a mobilidade do fertilizante no solo. Os micronutrientes podem ser encontrados na forma de sais e quelatos (Tabela 3).

Micronutrientes como o Zn, Fe, Cu e Mn podem reagir com sais da água de irrigação e causar precipitação e entupimento. Por isso, em muitos casos, esses micronutrientes são aplicados como quelatos, que são facilmente solúveis e causam poucos problemas de precipitação e entupimento. Pode, no entanto, haver incompatibilidade com fosfato de amônio e nitrato de cálcio.

Tabela 3. Características dos fertilizantes contendo micronutrientes utilizados na fertirrigação.

<b>Fertilizante</b>	<b>Concentração de nutriente (g/kg)</b>	<b>Solubilidade (g/L)</b>
Ácido bórico ( $H_3BO_3$ )	160 de B	50
Bórax ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ )	110 de B	50
Molibdato de amônio ( $(NH_4)_2MoO_4$ )	480 de Mo	400
Molibdato de sódio ( $Na_2MoO_4 \cdot 2H_2O$ )	390 de Mo	560
Quelato de Fe (NaFeEDDHA)	60 de Fe	140
Quelato de zinco ( $Na_2ZnEDTA$ )	140 de Zn	-
Sulfato de cobre ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ )	250 de Cu	220
Sulfato de ferro ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ )	190 de Fe	240
Sulfato de manganês ( $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ )	280 de Mn	1.050
Sulfato manganoso ( $MnSO_4 \cdot 3H_2O$ )	270 de Mn	7.42
Sulfato de zinco ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ )	220 de Zn	750
Solubor ( $(Na_2B_8)O_{13} \cdot 4H_2O$ )	200 de B	220

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

## 2. Formas de fertilizantes

Os fertilizantes empregados via água de irrigação são sólidos e líquidos (fluidos). Os fertilizantes líquidos são apresentados na forma de soluções claras, soluções coloidais e misturas em suspensão.

### 2.1. Fertilizantes sólidos

Os fertilizantes sólidos aplicados via água de irrigação devem ser altamente solúveis. Os nitrogenados são os mais solúveis, notadamente aqueles na forma de nitrato (Tabela 1). São apresentados em quatro formas: nítrica, amoniacal, nítrica-amoniacal e amídica, sendo solúveis em água e adequados para fertirrigação, inclusive por gotejamento.

As fontes potássicas sólidas são bastante utilizadas via água de irrigação, principalmente o cloreto e o nitrato, pois apresentam maior solubilidade (Tabela 2). A aplicação de cloreto de potássio (KCl) requer cuidados, principalmente em sistemas de irrigação por gotejamento. O KCl vermelho, além de fornecer ferro ao solo em teores que podem ser excessivos à cultura, pode precipitar, formando crostas nas paredes internas da tubulação de irrigação e provocar obstruções nos gotejadores. O KCl branco não fornece ferro ao solo; contudo, como contém alumínio (Al), pode ser tóxico à planta.

As fontes fosfatadas devem ser utilizadas com cuidado, pois caso a água seja rica em cálcio, poderá ocorrer precipitação de fosfato de cálcio dentro da tubulação, entupindo, principalmente os gotejadores.

### 2.2. Fertilizantes líquidos

#### 2.2.1. Soluções claras

As soluções claras são denominadas soluções puras ou

perfeitas, podendo ser empregadas tanto na fertirrigação por aspersão, quanto por gotejamento. As soluções nitrogenadas são as mais comuns, destacando-se a mistura de nitrato de amônio e uréia, formando o uran (320 g de N/L, pH 6,0-7,0, densidade 1,32 g/ mL). Esta solução possui o nitrogênio em formas mais estáveis (amídica, nítrica e amoniacal), com menor possibilidade de perda por volatilização.

A inclusão de micronutrientes nas soluções claras pode ser feita, desde que os mesmos permaneçam em solução e confirmem estabilidade à formulação.

### **2.2.2. Soluções coloidais**

As soluções coloidais são soluções líquidas compostas, obtidas pela reação do ácido fosfórico com amônia. Apresentam consistência espessa e uma viscosidade alta, podendo ser enriquecida com adição de nitrogênio e potássio. São muito utilizadas na fertirrigação em alguns países, como Israel.

No Brasil existem suspensões coloidais pela reação do ácido ortofosfórico com a amônia anidra, por exemplo: 6-30-00 (cor amarelada, pH 6,2-6,8) e 10-30-00 (cor branca, pH 3,5-4,5). Estas podem ser empregadas diretamente na fertirrigação ou serem utilizadas como matéria-prima para a produção de formulações NPK fluidas com uran ou cloreto de potássio (KCl).

### **2.2.3. Misturas em suspensão**

É uma mistura a frio, sem reação química, obtida a partir das formulações fluidas (32-00-00, 10-30-00, 6-30-00) em conjunto com cloreto de potássio. A maior parte do potássio é mantida em suspensão, pela adição de argilas (atapulgita ou bentonita).

A mistura em suspensão pode ser usada em sistema de fertirrigação por aspersão, desde que se mantenha a solução sob

constante agitação. Contudo, não deve ser utilizada nos sistemas de gotejamento, por causar entupimento dos emissores de água.

### **3. Compatibilidade dos fertilizantes**

As compatibilidades entre os fertilizantes e destes com os íons da água de irrigação, devem ser consideradas, a fim de se evitar a formação de precipitados.

Caso haja incompatibilidade entre os íons [por exemplo, o sulfato é incompatível com Ca e os fosfatos com Ca e Mg] recomenda-se a aplicação alternada dos fertilizantes isoladamente, num ciclo de quatro dias, com fertirrigação diária. Além disso, águas naturalmente ricas em Ca e Mg (conhecidas como “águas duras”) podem formar compostos insolúveis com fosfato e sulfato.

Cuidados devem se tomados com a mistura de cloreto de potássio e outra fonte contendo sulfato. Esta mistura poderá diminuir a solubilidade do K, levando à formação de  $K_2SO_4$  (sulfato de potássio) que apresenta solubilidade três vezes menor que o KCl.

Na Tabela 4 é apresentada a compatibilidade entre os fertilizantes.

Se forem feitas misturas de fertilizantes que não estejam presentes na Tabela 4, deve-se fazer o teste da jarra, que consiste na mistura dos fertilizantes em uma jarra, na mesma proporção que será utilizada no reservatório, por um tempo de duas horas. Se não houver formação de precipitados, a mistura poderá ser preparada e usada.

**Tabela 4.** Compatibilidade entre os fertilizantes empregados na fertirrigação.

Fertilizante <sup>1</sup>	NA	SA	NC	NK	CK	SK	FA	MS	MQ	SM	AF	AS	AN
Uréia (UR)	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Nitrato de Amônio (NA)		C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C
Sulfato de Amônio (SA)			I	C	C	SR	C	C	C	C	C	C	C
Nitrato de Cálcio (NC)				C	C	I	I	I	SR	I	I	I	C
Nitrato de Potássio (NK)					C	C	C	C	C	C	C	C	C
Cloreto de Potássio (CK)						SR	C	C	C	C	C	C	C
Sulfato de Potássio (SK)							C	SR	C	SR	C	SR	C
Fosfato de Amônio (FA)								I	SR	I	C	C	C
Fe, Zn, Cu e Mn Sulfato (MS)									C	C	SR	C	C
Fe, Zn, Cu e Mn Quelato (MQ)										C	SR	C	I
Sulfato de Magnésio (SM)											C	C	C
Acido fosforico (AF)												C	C
Acido sulfúrico (AS)													C
Acido nítrico (AN)													

<sup>1</sup>C = compatível; SR = solubilidade reduzida; I = incompatível

Fonte: Villas Boas et al. (1999).

## 4. Corrosão dos fertilizantes

O poder de corrosão dos fertilizantes é variável e pode afetar os equipamentos de fertirrigação. Equipamentos de alumínio sofrem maior ação de soluções alcalinas, bem como do ácido fosfórico. Por outro lado, o aço inoxidável não é atacado. Os materiais plásticos são mais resistentes que os metais.

Na Tabela 5 é apresentada a corrosão relativa de alguns fertilizantes dissolvidos em água, a diversos materiais, indicando o sulfato de amônio, o ácido fosfórico e o DAP como os mais corrosivos. A uréia é o fertilizante nitrogenado menos corrosivo.

A lavagem do sistema de irrigação com água pura, por aproximadamente 30 minutos, minimiza os riscos de corrosão.

## 5. Solubilidade dos fertilizantes

Os fertilizantes utilizados em fertirrigação devem apresentar alta solubilidade, tanto para não causar entupimento nos emissores, quanto para garantir a concentração da solução.

Nas Tabelas 1, 2 e 3 são apresentadas as solubilidades dos fertilizantes mais utilizados na fertirrigação.

Dois fatores interferem na solubilidade dos fertilizantes: a temperatura da água e a pureza do fertilizante.

A temperatura da água deve estar em torno de 20°C. Em temperaturas mais baixas, principalmente no inverno, menor quantidade do fertilizante será solubilizada. Para fertilizantes de baixa solubilidade, a exemplo do bórax, recomenda-se aquecer a água, fazendo-se a mistura posteriormente.

O grau de pureza do fertilizante é importante para a solubilidade do mesmo. Fertilizantes que contêm condicionadores, óleo ou parafina, argilas e outras impurezas, como o óxido de ferro no cloreto de potássio vermelho, têm sua solubilidade reduzida e devem ser evitados na fertirrigação.

**Tabela 5.** Corrosão relativa dos fertilizantes dissolvidos na água a diversos metais<sup>1</sup>.

<b>Fertilizantes</b>	<b>pH</b>	<b>Alumínio</b>	<b>Cobre</b>	<b>Bronze</b>	<b>Aço</b>	<b>Aço galvanizado</b>	<b>Aço Inox</b>
Uréia (solução)	8,0	C	SC	C	SC	SC	SC
Nitrato de amônio	7,0	BC	BC	BC	BC	BC	BC
Uréia-nitrato de amônio	8,0	C	C	C	C	BC	SC
Amônia líquida	9,0	SC	BC	BC	SC	SC	SC
Sulfato de amônio	5,0	BC	MC	MC	MC	MC	MC
Nitrato de cálcio	5,0	SC	BC	BC	BC	C	SC
Nitrato de sódio	8,0	C	SC	SC	BC	BC	SC
Ácido fosfórico	1,0	MC	MC	MC	MC	MC	SC
Fosfato diamônico (DAP)	6,0	MC	MC	MC	-	-	BC
Polifosfato de amônio	6,0	C	BC	BC	SC	BC	SC

<sup>1</sup>SC = sem corrosividade; BC = baixa corrosividade; C = corrosividade a elevada concentração; MC = muito corrosivo.  
Fonte: Vitti et al. (1994).

## 6. Salinidade dos fertilizantes

Os índices salinos de alguns fertilizantes são apresentados nas Tabelas 1 e 2. Alguns problemas de salinidade podem surgir em razão do manejo inadequado do fertilizante, da quantidade aplicada e da escolha do mesmo, e da qualidade da água de irrigação. Nas regiões áridas, em razão da baixa lixiviação dos sais no solo, os níveis destes tornam-se mais elevados do que nas regiões chuvosas, devendo-se ter cuidado para não ocorrer salinização dos solos.

Vale lembrar que, à medida que os sais se acumulam no solo, maior dificuldade apresentam as raízes em absorver água. Existe tolerância diferenciada a sais entre as plantas; no entanto, grande parte das fruteiras é bastante sensível.

## 7. Acidificação dos fertilizantes

O efeito no pH do solo pode ser observado por meio do caráter ácido ou básico dos fertilizantes. Isto se deve à própria natureza química dos componentes, capazes de doarem ou receberem prótons, ou à reações secundárias, que ocorrem com os produtos de dissociação dos mesmos no solo e com absorção de íons pelas raízes das plantas.

O emprego de fontes que tenham caráter ácido, no caso dos nitrogenados (Tabela 1), principalmente em fertirrigação por gotejamento, onde o fertilizante se encontra em zona restrita de solo molhado, gera um efeito de acidificação mais intenso e pode promover a redução do pH em um único ciclo da cultura.

# III

## Equipamento de injeção de fertilizantes

---

*Otávio Álvares de Almeida*

Qualquer sistema que se eleja para injetar o fertilizante nas tubulações de irrigação requer um reservatório de qualidade adequada para conter produtos químicos e um sistema de agitação para estes produtos. Devem resistir à pressão e à corrosão causada pelos fertilizantes e ter capacidade de 50 a 1.000 litros. O volume mínimo do reservatório deve ser suficiente para a fertirrigação de uma subunidade, sem que se requeira o reabastecimento. O volume do reservatório se calcula da seguinte forma:

$$V = \frac{nQxA}{sol} \quad (1)$$

em que: V = Volume adequado do reservatório, em m<sup>3</sup>

n = Número de aplicações entre recargas,

Q = Quantidade de fertilizantes, em kg/ha

A = Área a fertirrigar, em ha

sol = Solubilidade do fertilizante, em kg/m<sup>3</sup>

Antes de iniciar a aplicação deve-se agitar a solução injetora para que se homogeneize e evite que o equipamento de injeção de fertilizante aspire as impurezas do fundo do reservatório, permanecendo o processo de agitação durante toda a aplicação.

Recomenda-se que a aplicação de fertilizante comece quando a pressão do sistema de irrigação estiver estabilizada e que termine um quarto do tempo antes do fim da irrigação e não menos de 15 minutos antes que a água deixe de sair pelo emissor mais afastado do injetor de fertilizante, com a finalidade de lavar os produtos químicos da tubulação e evitar sua precipitação.

## **1. Métodos de injeção de fertilizantes**

Existem diversos métodos de injeção de fertilizantes via água de irrigação, os quais podem ser agrupados em cinco categorias: (i) diferencial de pressão, (ii) transformação de energia (Venturi), (iii) pressão negativa, (iv) pressão positiva (bombas volumétricas ou de deslocamento positivo) e (v) método combinado ou composto (Costa et al., 1986; Costa & Brito, 1994).

### **1.1. Diferencial de pressão**

O método diferencial de pressão baseia-se na utilização da pressão negativa ocorrida no corpo da bomba centrífuga e/ou no aproveitamento da própria energia positiva gerada pelo sistema de bombeamento. As duas formas clássicas de utilização desse método são os tanques de derivação de fluxo e os sistemas que injetam a solução fertilizante diretamente na sucção da bomba centrífuga do sistema de irrigação.

#### **1.1.1. Tanque de derivação de fluxo ou tanque fertilizante**

Consiste em um depósito onde se coloca a solução que se quer incorporar ao solo e que, uma vez fechado, alcança em seu interior a mesma pressão que a rede de irrigação. Por isso o tanque deve ser capaz de suportar a pressão estática e dinâmica da rede. O normal é que resistam a cerca de 300 kPa, como mínimo, ainda que se recomenda que suportem uma pressão de trabalho a cerca de 600 kPa (Rodrigo López et al., 1997).

Geralmente são metálicos, ainda que existam modelos em plástico reforçado com fibra de vidro, porém, em qualquer caso, devem ser capazes de suportar a ação corrosiva das substâncias que se utilizem. Seu volume varia entre 20 e 200 litros e o dimensionamento pode ser calculado, segundo Keller & Karmeli (1975), utilizando-se a equação:

$$V = \frac{Ci \times As}{Cf} \quad (2)$$

em que: V = volume do tanque de fertilizante, em litros;

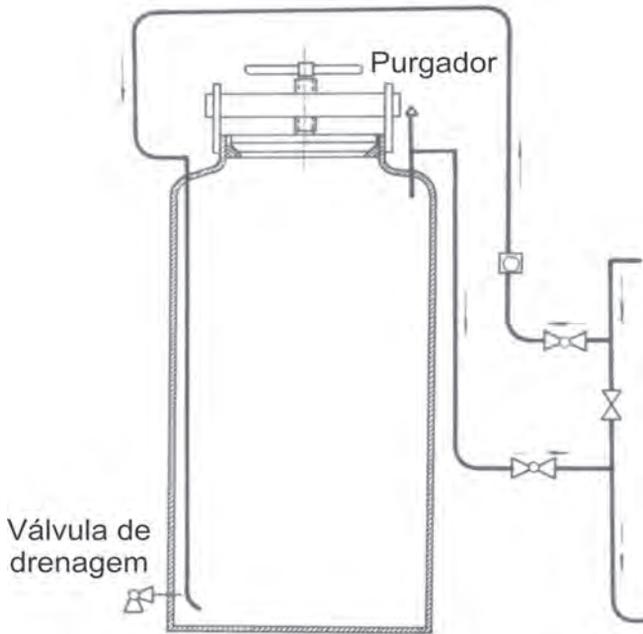
Ci = quantidade de nutrientes a ser aplicada por irrigação, em kg/ha;

As = área que o sistema irriga por vez, em ha;

Cf = concentração do fertilizante, em quilo de nutriente por litro de água (kg/L).

Estes dispositivos se colocam em paralelo com relação à tubulação de irrigação, sendo que a diferença de pressão da ordem de 10 e 50 kPa, entre a entrada e a saída do tanque de fertilizante, causadora do fluxo através do tanque, é conseguida por intermédio da instalação de um registro na linha principal do sistema, entre os pontos de saída para o tanque e de retorno do tanque (Figura 2).

Para seu funcionamento se enche de água até a metade. Em seguida se adiciona o adubo dissolvido e se fecha hermeticamente a tampa. Para a injeção do fertilizante na tubulação de irrigação se fecha o registro que está na linha principal, para que parte da água destinada à irrigação passe pelo tanque. Quanto mais se fecha o registro, maior será a quantidade de água que deriva, e ao contrário, fechando muito pouco, a derivação será menor e o fertilizante passará pouco a pouco à tubulação, sendo mais uniforme a distribuição.

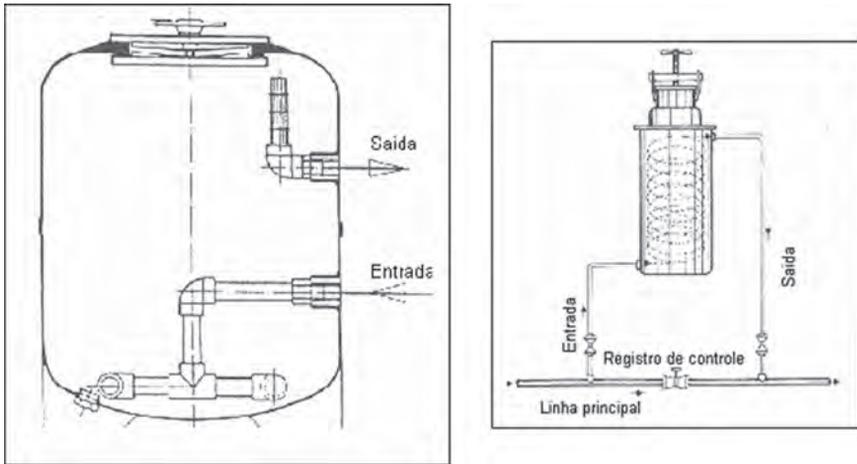


**Fig. 2.** Tanque diferencial de fertilizante.  
Fonte: Rodrigo López et al. (1997).

Portanto, a vazão até o tanque se pode regular mediante o registro na linha principal.

Em alguns modelos a água entra pela parte inferior do tanque criando um redemoinho e misturando bem com o fertilizante, saindo pela parte superior a água com o fertilizante dissolvido (Figura 3).

Como a vazão de água que entra no tanque é igual à vazão da solução fertilizante que sai do mesmo, a solução fertilizante que fica no tanque vai diluindo com o tempo de funcionamento e, portanto a concentração da solução que se incorpora à rede também vai diminuindo. Este é um inconveniente importante se o adubo contido no tanque está programado para ser utilizado em duas ou mais unidades operacionais de irrigação, pois cada uma receberia uma quantidade diferente de fertilizante. Por isso, se recomenda



**Fig. 3.** Tanque fertilizante com entrada pela parte inferior.

Fonte: Moya Telens (1998).

utilizar uma recarga para cada unidade operacional, mesmo que o volume do tanque na propriedade permita uma quantidade maior de fertilizantes por vez.

A quantidade de fertilizante (C) que permanece no interior do tanque, depois de transcorrido um tempo (T), é dada pela equação:

$$C = C_0 \times e^{-\frac{qT}{V}} \quad (3)$$

em que:  $C_0$  = quantidade inicial de fertilizante;

$q$  = fluxo que circula através do tanque, em L/h;

$V$  = volume do tanque, em litros;

$T$  = tempo transcorrido de aplicação, em hora;

$e$  = base do logaritmo neperiano.

De acordo com a equação (3), quando houver circulado pelo tanque um volume de água igual a sua capacidade (1 ciclo;  $q \times T = V$ ), a quantidade de fertilizante que permanece no interior do tanque (C), será de aproximadamente 37% ( $e^{-1} = 0,3679$ ), com relação à quantidade inicial ( $C_0$ ). Ou seja, haverá incorporado ao solo cerca de 63% do fertilizante que continha o tanque inicialmente. Quando circulam 2 volumes do tanque (2 ciclos;  $q \times T = 2V$ ), a quantidade incorporada será de 86% ( $e^{-2} = 0,1353$ ); se forem 3 a incorporação será de 95% e quando houver circulado 4 ciclos, a quantidade incorporada se supõe de 98% do fertilizante inicial (Figura 4). Na prática, a concentração de fertilizante restante no tanque ao final da fertirrigação deve ser inferior a 2%. O tempo transcorrido será:

$$T = -\frac{V}{q} \times \ln \frac{C}{C_0} \quad (4)$$

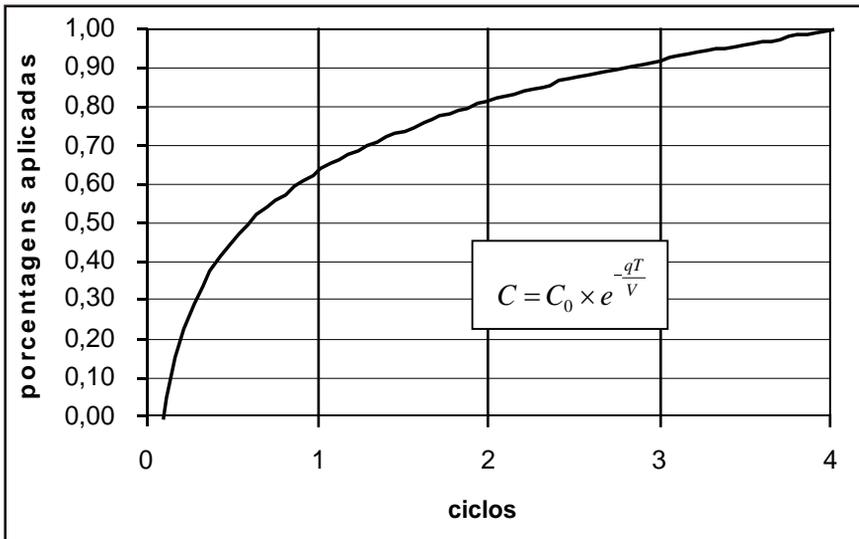


Fig. 4. Porcentagem de fertilizante aplicado por ciclo.

A vazão,  $q$  (L/h), que deve passar através do tanque para aplicar todo o fertilizante, ou seja, para 4 ciclos, pode deduzir-se da equação:

$$q = \frac{4V}{t} \quad (5)$$

onde:

$t = tr \times ti$  = tempo útil de aplicação de fertilizante, sendo:

$tr$  = relação entre o tempo de aplicação de fertilizante e o tempo de aplicação da irrigação, usualmente 0,8 (segundo Keller & Karmeli, 1964, citado por Rodrigo López, 1997), para permitir a lavagem da instalação.

$ti$  = tempo de aplicação da irrigação, em h

Com isso,

$$q = \frac{4V}{0,8ti} \quad (6)$$

Assim, o tempo mínimo de aplicação da irrigação quando se está fazendo fertirrigação pode ser determinado pela equação:

$$ti = \frac{5V}{q} \quad (7)$$

Existem algumas adaptações a esse método, como a utilização de um latão de leite metálico para funcionar como tanque de derivação de fluxo, com a vantagem de ser facilmente encontrado no comércio e apresentar baixo custo (Costa & Brito, 1988; Andrade & Gornat, 1992). O tanque desenvolvido e calibrado por Andrade & Gornat (1992) (Figura 5) apresenta vantagens em relação ao proposto

por Costa & Brito (1988), no que diz respeito à confecção de uma tampa mais larga em substituição à original, que facilita a operação de preparo da solução e limpeza do tanque. Além disso, propõe um novo sistema de entrada e saída de água, que proporciona uma melhor mistura, dissolução da solução fertilizante e expulsão do ar.



**Fig. 5.** Detalhe de instalação no campo de um tanque de fertirrigação.

Fonte: Andrade & Gornat (1992).

Também existem no mercado tanques fertilizantes providos em seu interior de uma bolsa de borracha muito flexível, dentro da qual se coloca a solução fertilizante (Figura 6). Desta maneira se evita a mistura dentro do tanque, da água de irrigação com a solução, portanto, esta não se dilui e a solução fertilizante é impulsionada pela ação da água de irrigação, a qual pressiona a parede externa da bolsa plástica forçando a introdução da solução no fluxo da linha de irrigação, através de um bocal, mantendo constante a concentração (Costa & Brito, 1994).



**Fig. 6.** Tanque fertilizante de concentração constante.

Fonte: Rodrigo López et al. (1997).

### 1.1.2 Pressão negativa

Nesse método, a injeção da solução fertilizante na linha de irrigação é feita utilizando-se a pressão negativa ou vácuo criado no interior da tubulação de sucção da unidade de bombeamento (Figura 7). A calibração e o controle da entrada da solução fertilizante são efetuados mediante um registro, o qual permite a entrada de maior ou menor quantidade da solução contida no reservatório de dissolução, sendo que o volume introduzido é controlado por um hidrômetro (Costa & Brito, 1994).



**Fig. 7.** Esquema de um sistema de injeção por pressão negativa.

Fonte: Costa & Brito (1994).

Esse tipo de instalação, sempre que possível, deve ser evitada, uma vez que apresenta uma série de inconvenientes e limitações, além de haver a disponibilidade de outras opções de métodos mais simples e operacionalmente menos agressivos ao meio ambiente. A primeira limitação diz respeito ao aspecto ambiental, em função de uma possível contaminação da fonte de água pela solução fertilizante, devido ao refluxo ocasionado por uma eventual parada do sistema de bombeamento. Outro aspecto é o desgaste que as soluções fertilizantes altamente corrosivas provocam nas partes internas da bomba centrífuga, as quais apresentam na sua maioria, rotores metálicos.

## **1.2. Transformação de energia**

Este método baseia-se no princípio de transformação de formas de energia, ou seja, a energia de velocidade da água dentro da tubulação transforma-se em energia de pressão, a qual novamente transforma-se em energia de velocidade. Esse processo ocorre mediante perda de energia, a qual deve ser mínima para que o método torne-se eficiente. A aplicação deste método requer a utilização de peças ou equipamentos especiais acoplados na tubulação principal do sistema de irrigação, como por exemplo: venturi e tubo de pitot, sendo o venturi, o mais comum e mais utilizado na prática.

### **1.2.1. Injetor tipo Venturi**

Ao contrário do tanque diferencial de pressão, a concentração da solução fertilizante no injetor tipo venturi é constante no decorrer do tempo de aplicação. Seu princípio de funcionamento consiste no estrangulamento do fluxo da água de irrigação, de modo a provocar um aumento muito alto na sua velocidade, criando-se uma pressão negativa que provoca a aspiração da solução fertilizante (existente em um depósito à pressão atmosférica) e sua injeção na rede (Almeida, 2002). Na figura 8 está apresentado o detalhe do sistema hidráulico de um venturi, partindo-se do pressuposto que a vazão no ponto 1 é igual à vazão no ponto 2, de acordo com a equação da continuidade:

$$Q_1 = Q_2 = A_1 x V_1 = A_2 x V_2 \quad (8)$$

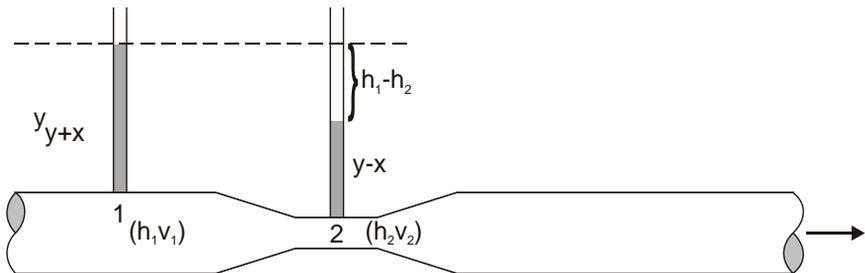
em que:

$Q$  = vazão da linha de irrigação, em  $m^3/s$ ;

$A$  = área da seção transversal da tubulação, em  $m^2$ ;

$V$  = velocidade do fluxo da água, em  $m/s$ .

A área  $A_1$  (tubulação) é bastante superior à área  $A_2$  (venturi). Para que a equação da continuidade seja observada é necessário que a velocidade do fluxo  $V_2$  seja infinitamente superior à velocidade do fluxo  $V_1$  (tubulação), ou seja  $V_2 \gg V_1$ . É justamente esta transformação de energia cinética que provoca o diferencial de pressão entre os pontos 1 e 2, provocando uma pressão negativa ou sucção no ponto 2, onde se encontra conectado o depósito com a solução fertilizante.



**Fig. 8.** Detalhe do sistema hidráulico de um venturi.

Fonte: Costa & Brito (1994).

Para Rodrigo López et al. (1997) o fluxo de fertilizante injetado na rede estará em relação direta à pressão da água à entrada do mecanismo, com uma pressão mínima da ordem de 150 kPa. A vazão varia, nos modelos mais usuais, entre 50 e 2.000 L/h. A vazão mínima

que deve passar através do venturi depende de sua capacidade e varia desde 1 m<sup>3</sup>/h para os modelos de 1” a mais de 20 m<sup>3</sup>/h para alguns de 2” de alta capacidade de sucção.

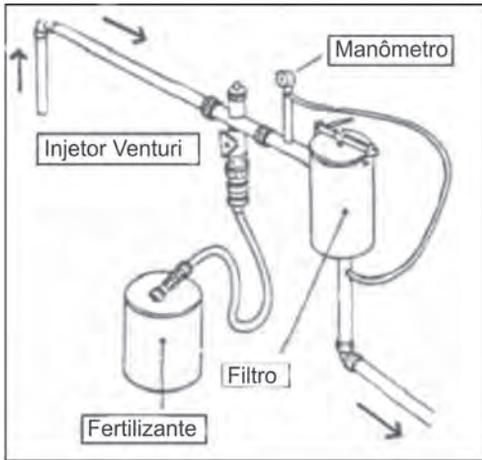
Este tipo de injetores ou dispõem de um bocal de vazão constante com a qual a vazão do fertilizante injetado é constante, ou em caso contrário, segundo a pressão de entrada e a perda de carga produzida na tubulação principal se obtenham diferentes vazões de injeção, as quais são indicadas pelo fabricante. Salientando-se que o valor da capacidade de sucção do venturi indicado pelo fabricante, se refere a água pura. Esta capacidade se reduzirá à medida que a densidade da solução fertilizante aumente.

A maior vantagem destes injetores de fertilizantes é a simplicidade do dispositivo, bem como seu preço, manutenção e durabilidade, além de não necessitar uma fonte de energia especial. Como limitação, pode-se citar a grande perda de carga provocada pelo estrangulamento da tubulação, podendo variar de 10% a 50% da pressão de entrada (Pascual, 1996; Valverde, 1996), dependendo do modelo.

Entretanto, existem soluções alternativas para contornar essa limitação, escolhendo o esquema de instalação mais adequado, dentre as três formas de instalação: injetor diretamente na linha de irrigação; por meio de uma derivação tipo “by pass” e injetor com uma bomba auxiliar.

#### *1.2.1.1. instalação diretamente na linha de irrigação*

A instalação diretamente na linha de irrigação (Figura 9) dependendo das condições hidráulicas existentes, pode ser inviável em função das elevadas perdas de carga. Normalmente quando instalado na linha principal, o venturi é de difícil regulagem, porque a taxa de injeção é muito sensível à variação de pressão.



**Fig. 9.** Instalação de injetor venturi na linha de irrigação.

Fonte: Pascual (1990).

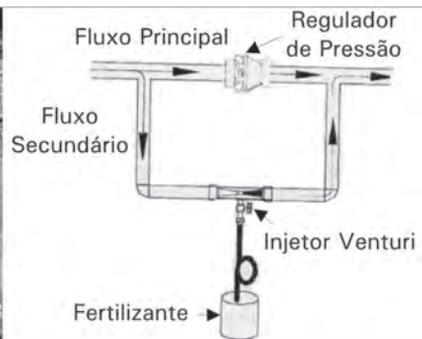
### 1.2.1.2. instalação por meio de uma derivação tipo “by pass”

A instalação do venturi em um esquema “by pass” a partir da linha de irrigação, utilizando uma tubulação de menor diâmetro, reduz a perda de carga localizada e facilita a operação de injeção. Esse esquema permite, ainda, o benefício adicional de possibilitar a instalação de um venturi de baixa capacidade de injeção (pequeno diâmetro) em uma tubulação de irrigação de elevado diâmetro. Contudo, ainda é necessário que seja efetuado uma pequena perda de carga através da instalação de um registro na linha de irrigação, para desviar parte do fluxo de água para o venturi. (Figura 10).



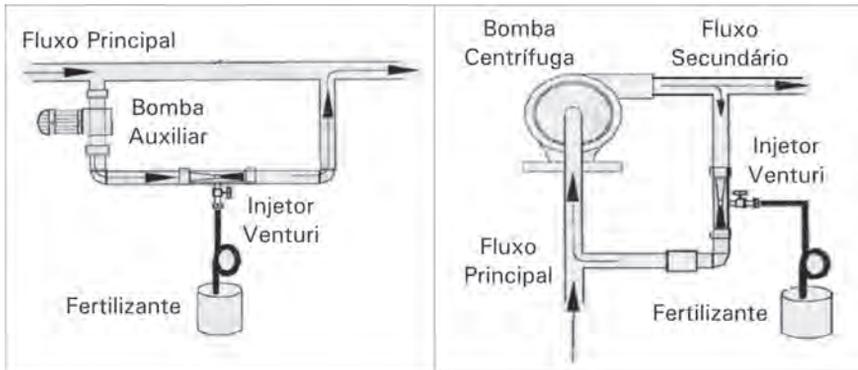
**Fig. 10.** Instalação do Venturi em “by pass”.

Fonte: Vidal (2003), modificado por Otavio A. de Almeida.



### 1.2.1.3. instalação do injetor com uma bomba auxiliar

Quando uma bomba auxiliar é instalada para proporcionar o diferencial de pressão necessário para injeção do fertilizante através do venturi (Figura 11), tendo como desvantagem o custo mais elevado de instalação do sistema. Em muitos casos, quando se quer evitar grandes perdas de carga, se instala um pequeno equipamento de bombeamento antes do venturi.



**Fig. 11.** Instalação de Venturi utilizando bomba auxiliar.

Fonte: Vidal (2003), modificado por Otavio A. de Almeida.

O cálculo da pressão que deve fornecer o equipamento de bombeamento é feito por meio da equação:

$$H' = H \times \frac{\Delta p}{1 - \Delta p} \quad (9)$$

em que,

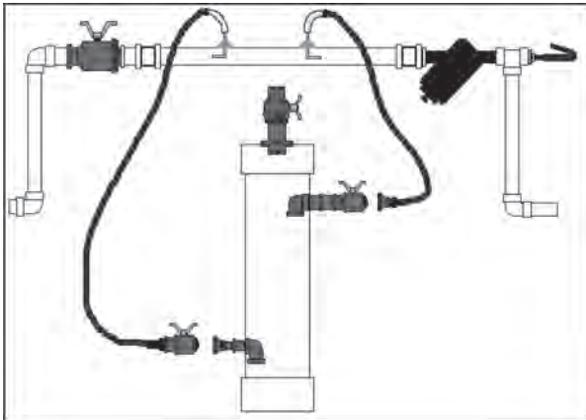
$\Delta p$  = perda de carga do Venturi, em decimal;

H = pressão da rede;

H' = pressão a fornecer pelo equipamento de bombeamento.

### 1.2.2. *Tubo de Pitot*

É um dispositivo composto de dois tubos de Pitot, em que o primeiro está voltado contra o fluxo da água e o outro na direção do fluxo. Este posicionamento cria um diferencial de pressão que força a passagem de parte do líquido pelo tanque de abastecimento, que uma vez hermeticamente fechado, apresenta a mesma pressão da linha de irrigação (Figura 12). O princípio de funcionamento em que se baseia é o de transformação de energia, onde os componentes de pressão e velocidade estão envolvidos (Costa et al., 1987; Vieira,1988).



**Fig. 12.** Esquema de injeção de fertilizantes através de tubos de Pitot.

Fonte: Santos & Lima (2000).

Este injetor pode ser fabricado pelo produtor, sendo necessário determinar a curva característica do equipamento para definição da vazão derivada ao reservatório de fertilizantes. O volume de água que deve passar pelo tanque deve ser igual a quatro vezes a sua capacidade, para garantir boa solubilização do fertilizante no interior do tanque e uma aplicação uniforme nas tubulações de irrigação. Por exemplo, para garantir a aplicação quase integral do fertilizante colocado em um reservatório de 20 litros é necessário que circule por este reservatório 80 litros de água. A vantagem de utilização deste injetor não é a precisão de aplicação de produtos químicos,

mas a facilidade de construção e/ou preço. Este sistema de injeção é mais adaptado para pequenos produtores, pois trabalha com baixa pressão (menos de 100 kPa).

### 1.3. Bombas injetoras

Igual aos injetores venturi, a solução fertilizante contida num reservatório aberto é introduzida ao sistema de irrigação, desta feita com uma pressão superior à da água de irrigação, em concentração constante, por meio de uma bomba elétrica ou hidráulica.

#### 1.3.1. Bombas injetoras com motor elétrico

As bombas injetoras com motor elétricos estão muito desenvolvidas porque são utilizadas não somente para a injeção de fertilizantes, como também nos tratamentos de águas, na indústria petroquímica, na orgânica e inorgânica etc. Consiste em bombas de deslocamento positivo, que podem ser de pistom ou de membrana, acionadas por um motor elétrico de baixa potência (0,25 kw – 1 kw), fabricadas com materiais não corrosivos (Figura 13). Nos modelos mais usados a pressão de injeção varia entre 4 e 12 atmosferas e os volumes injetados variam entre 1 L/h e 1.500 L/h (Pascual, 1996; Valverde, 1996; Pizarro, 1996; Rodrigo Lopez et al. 1997).

A vazão teórica injetada por uma bomba injetora elétrica de pistão é dada por:

$$Q = \pi N R^2 C \quad (10)$$

em que: Q = vazão da bomba em L/h;

N = número de ciclos aspiração-impulsão, em 1 hora;

R = Raio do pistom, em dm;

C = Velocidade do pistom ou deslocamento horizontal, em dm.



**Fig. 13.** Bomba injetora com motor elétrico de uma e duas entradas.

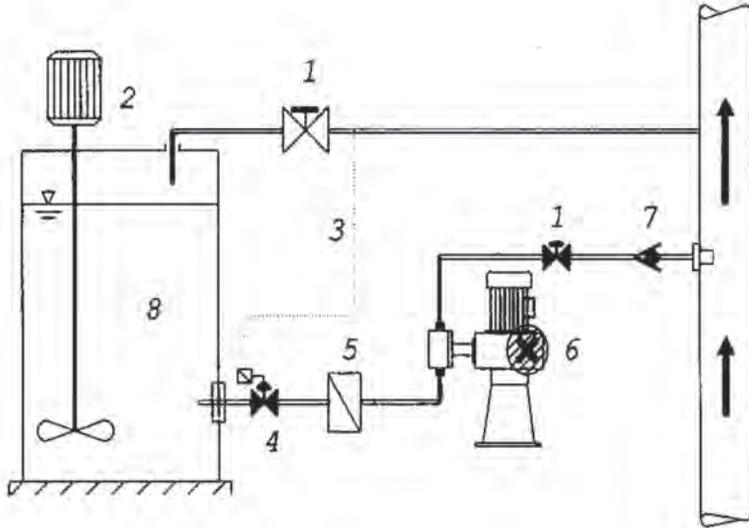
Fonte: Vidal (2003).

A vazão real é praticamente igual à teórica, desde que o rendimento volumétrico está muito próximo de 100%.

Para modificar a vazão se pode variar a velocidade  $C$  do pistom ou o numero  $N$  de ciclos por hora. O usual é o primeiro: as bombas injetoras têm um comando exterior para regular a vazão (parafuso micrométrico), que atua deslocando a excêntrica, modificando a velocidade do pistom, o qual regula a vazão. A regulagem pode ser feita com a bomba parada ou em funcionamento. As bombas injetoras são definidas por sua vazão nominal e a regulagem se estabelece como uma porcentagem dela, geralmente entre 10 e 100%.

Atualmente é o sistema mais exato de injeção e o mais desenvolvido. Apresenta a vantagem de sua fácil automação, podendo ser regulada sua partida e sua parada desde um programa de irrigação.

Entre a saída do tanque e o injetor é conveniente a colocação de um pequeno filtro de malha (3/4 ou 1") para impedir que dentro do injetor entrem elementos estranhos que possam afetar o seu funcionamento. Um esquema de instalação de um dosificador elétrico vê-se na Figura 14.



**Fig. 14.** Esquema da instalação de uma bomba injetora elétrica.

1 – Válvula de esfera; 2 – Eletroagitador; 3 – Tubo de comando hidráulico da eletroválvula para produtos químicos; 4 – Eletroválvula para produtos químicos; 5 - Filtro de malha; 6 – Bomba injetora com motor elétrico; 7 – Válvula de retenção; 8 – Depósito de fertilizante

Fonte: Valverde (1996)

Nas bombas de membrana, o elemento alternativo é um diafragma flexível que oscila por um dispositivo mecânico como nas bombas de pistom, ou pelas pulsações de pressão iniciadas em uma câmara de fluidos. Este tipo se denomina de acionamento hidráulico.

### **1.3.2. Bombas injetoras com acionamento hidráulico**

Um dosificador hidráulico é uma bomba constituída por uma pequena câmara que alternativamente se enche e esvazia, acionada pela pressão da rede de irrigação. Quando a câmara se enche, o dosificador succiona o fertilizante de um depósito e quando se esvazia, o injeta na rede (Figura 15). São instalados em paralelo com a rede de irrigação, preferentemente entre dois pontos onde haja uma diferença de pressão (regulador de pressão, filtro etc.). A pressão mínima de funcionamento varia de 0,5 atm a 2 atm (Pizarro,

1996; Pascual, 1996; Rodrigo López et al. 1997), e a pressão máxima oscila entre 6 e 10 atmosferas e sua capacidade máxima de injeção costuma estar entre os 20 L/h e 300 L/h, segundo o modelo.

O volume injetado está definido pela expressão:

$$V = v \times n \times t \quad (11)$$

em que:

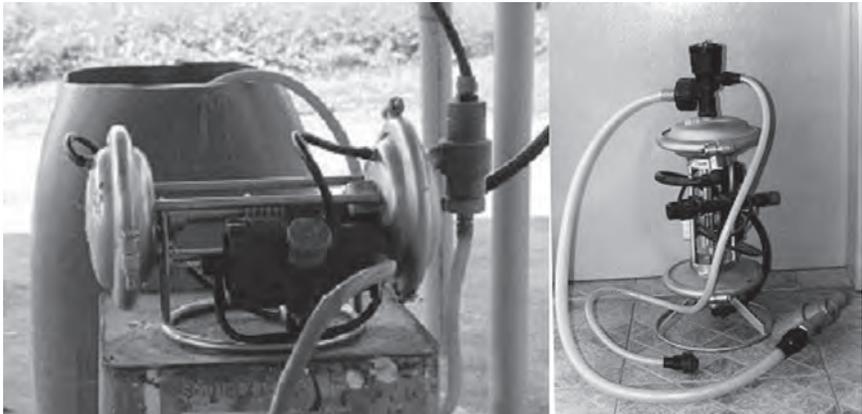
$V$  = volume injetado no tempo  $t$ , em L;

$v$  = volume injetado em um movimento do êmbolo, em L;

$n$  = número de movimento do êmbolo por unidade de tempo;

$t$  = tempo de funcionamento.

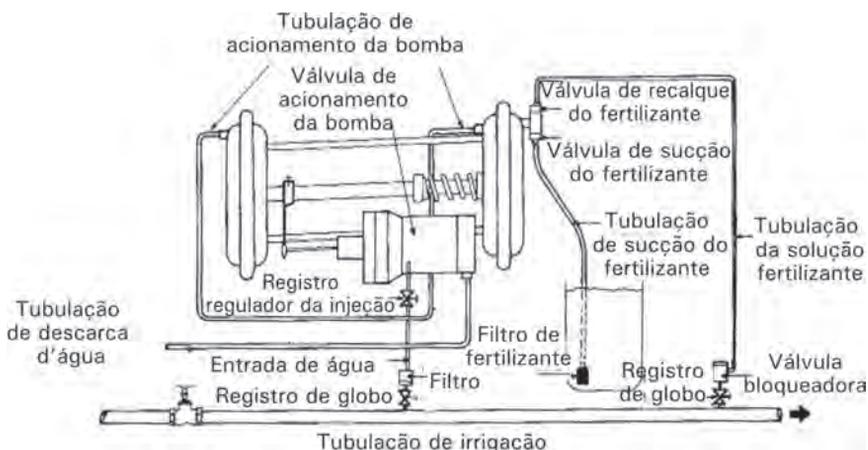
Para controlar a dosificação se varia “ $n$ ” ajustando a pressão de entrada na bomba mediante uma válvula. Para cada modelo, o fabricante deverá proporcionar um gráfico ou tabela que relacione a pressão de entrada com o número de movimento do êmbolo por unidade de tempo.



**Fig. 15.** Bomba injetora com acionamento hidráulico.

As bombas de acionamento hidráulico são, normalmente, de pistom ou diafragma e o consumo de água para seu funcionamento costuma ser de duas a três vezes o volume de líquido injetado. A principal vantagem destes dispositivos é que não necessita aporte de energia exterior à instalação e que não produzem perda de carga adicional.

Na Figura 16 observa-se o esquema da instalação de uma bomba injetora hidráulica.



**Fig. 16.** Esquema de instalação e funcionamento de uma bomba injetora de ação hidráulica por diafragma.

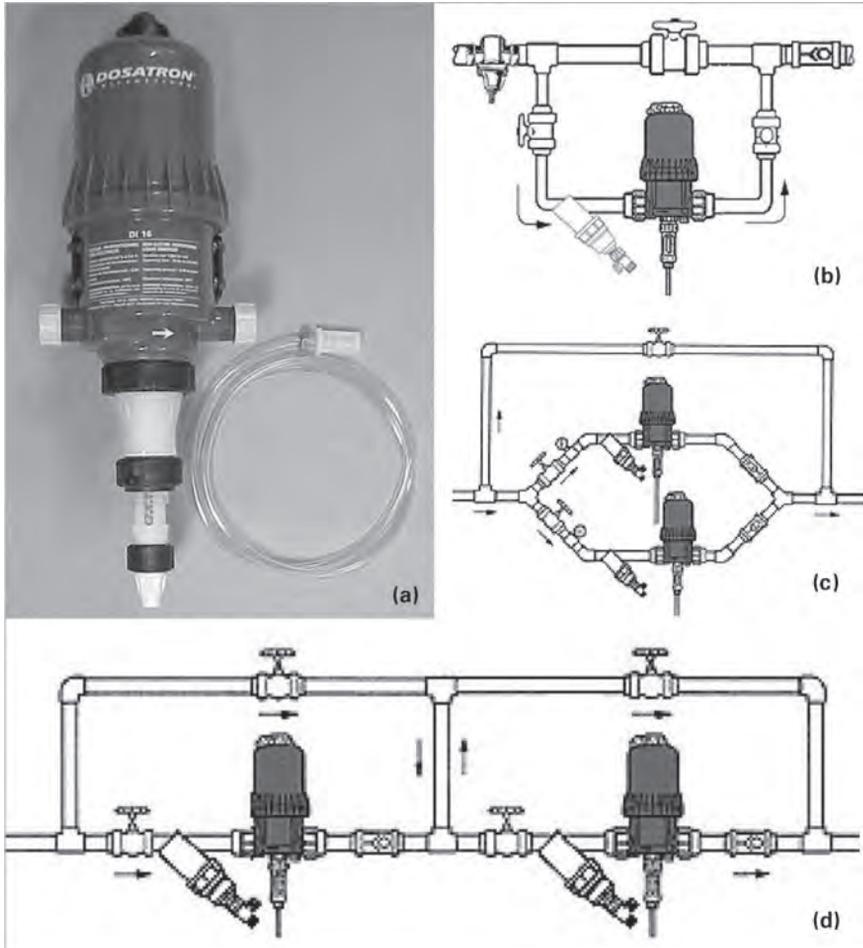
Fonte: Santos & Lima (2000).

### 1.3.3. Bomba injetora de ação hidráulica por pistão

Como a bomba injetora por acionamento hidráulico por diafragma ou membrana, o dosificador hidráulico acionado por pistão também não requer energia elétrica para o seu funcionamento. Sua instalação se dá da mesma forma que o injetor Venturi, sendo indicados em instalações comunitárias, donde a água é fornecida com pressão muito superior à necessária, ou bem, quando se dispõe de um reservatório que se encontra em uma cota muito elevada. Devida à complexidade do equipamento, por possuir numerosas

peças móveis, a qualidade da água é de fundamental importância já que, qualquer impureza pode afetar o bom funcionamento do injetor.

Na Figura 17 (A-D) se apresenta o modelo comercial Dosatron e os modos de instalação do equipamento. Este tem a capacidade de injetar soluções fertilizantes uniformemente na faixa de 0,02 L/h a 250 L/h em uma razão de diluição de 1:500 a 1:50 ou seja de 0,2% a 2%.



**Fig. 17.** Bomba injetora de ação hidráulica por pistão (A); instalada em "by pass" (B); instalada em paralelo (C); instalada em série (D).

Fonte: Vidal (2003).

#### 1.3.3.4. Método combinado ou composto

A base do seu funcionamento é a pressão existente na linha de irrigação oriunda do trabalho desenvolvido pelo conjunto motobomba do sistema de irrigação, por uma bomba auxiliar e pelo componente gravitacional devido a posição do injetor, localizado acima do ponto de injeção, conforme apresentado na Figura 18. Neste caso, a pressão no ponto de entrada do sistema ( $p_A$ ) é menor que a pressão no ponto de injeção ( $p_B$ ). Se a pressão do componente gravitacional for  $p_G$  positiva, o balanço de pressão no sistema de injeção pode ser representado pela equação 9:

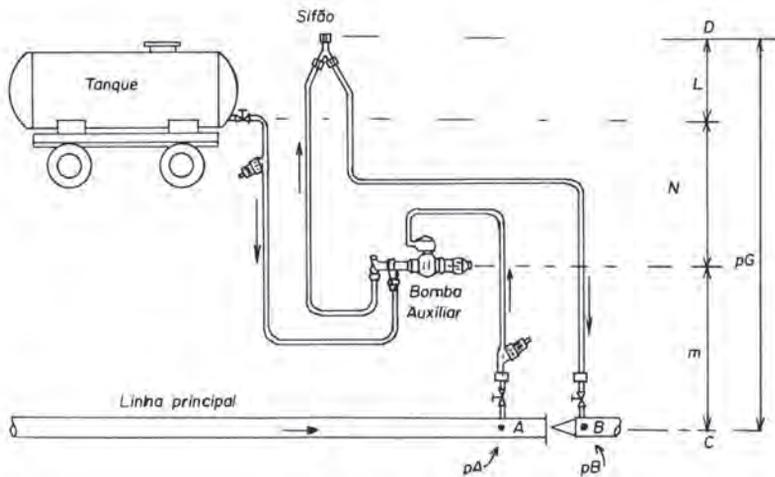
$$p_B = p_A + p_G - hf(AB) \quad (12)$$

em que:  $p_A$  - pressão de injeção da água no sistema;

$p_B$  - pressão no ponto de injeção da solução na linha;

$p_G$  - pressão gravitacional;

$hf(AB)$  - perda de carga entre os pontos A e B.



**Fig. 18.** Esquema de instalação das peças, dos acessórios e das condições necessárias para a operacionalização do método combinado ou composto para injeção de fertilizante.

Fonte: Costa et al. (1987).

Na Figura 18 observa-se que a linha principal encontra-se numa cota inferior à cota da bomba auxiliar, numa distância vertical (m), a uma distância (m + n) do tanque e  $(m + n + L) = pG$ , do sifão. A perda de carga entre A e B é representada por  $hf(AB)$ . A bomba auxiliar funciona com a energia produzida pelo conjunto motobomba principal.

## **2. Critérios de escolha dos equipamentos de injeção de fertilizantes**

Como se viu, existe grande variedade de procedimento de aplicação de fertilizantes na tubulação de irrigação. As condições de cada caso devem ser considerada minuciosamente para adotar a decisão correta. Podem ser utilizados equipamentos altamente sofisticados e automatizados ou um simples tanque de derivação de fluxo. Todavia, alguns critérios devem ser considerados para a escolha do equipamento injetor:

### **2.1. Fonte de energia disponível**

Os dosificadores elétricos só se podem instalar quando se dispõe desta fonte de energia. Quando não se dispõe de eletricidade as alternativas são os tanques de derivação ou de fertilizantes, injetores venturi e os dosificadores hidráulicos que aproveitam apenas a pressão hidráulica da rede de irrigação. Alguns dosificadores hidráulico necessitam de pressão de serviço na ordem de 200 kPa.

### **2.2. Volume e capacidade do sistema**

A quantidade de solução que o reservatório de fertilizante pode conter e as vazões totais que se pode introduzir na rede de irrigação é função da frequência de irrigação, necessidade total de fertilizante e forma de aplicação dos fertilizantes. Saliente-se que o sistema elegido deve poder injetar uma vazão de 700 mg/L (0,7 litros de solução por metro cúbico de água de irrigação), ainda que é conveniente dispor de uma maior capacidade para alguns tratamentos especiais.

### **2.3. Mobilidade**

Quando as parcelas de irrigação são numerosas ou afastadas do cabeçal de controle, se deve pensar na utilização de sistema de injeção de fertilizante portáteis.

### **2.4. Automatização**

A automatização é muito fácil nos dosificadores elétricos, desde que a programação seja feita por um determinado tempo que não se necessite a visita ao campo. Os demais sistemas também se pode dosificar por tempo, utilizando-se eletroválvulas, porém requer a disponibilidade de energia elétrica, cuja falta é a causa da escolhas destes sistemas de fertirrigação. Se a automatização se faz sem a utilização de energia elétrica, se recorre ao emprego de válvulas volumétricas ou conforma-se com fertirrigar sempre que se faça irrigação.

# 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 Gorutuba, 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:

$m_s$  = massa de solo ocupada pelas raízes (t);

$a$  = área do solo ocupado pelas raízes ( $m^2$ );

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

$d$  = densidade do solo ( $t/m^3$ );

$q_{nds}$  = quantidade de nutriente disponível por planta (kg);

$nd$  = nutrientes disponíveis (g/t);

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

$n_p$  = número de plantas por ha.

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

$$Dn = (Q_{nex} - QND) / Eff \quad (4)$$

em que:

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

$Q_{nex}$  = 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 (Nap = 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

28º e o 34º 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.

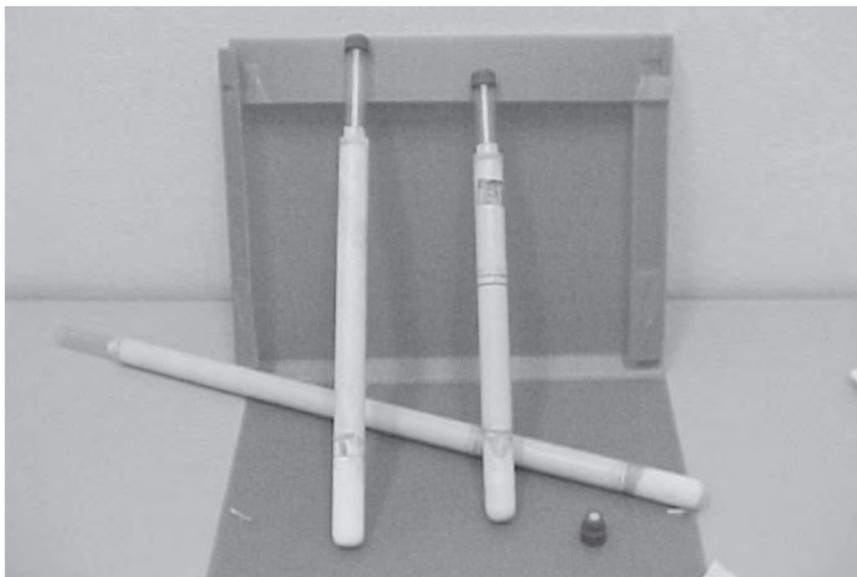
### **3. Monitoramento da fertirrigação**

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 condutímetro 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.

# Cálculo e preparo da solução de fertilizantes

---

*Eugênio Ferreira Coelho*

A solução de fertilizantes é aquela preparada para ser injetada na linha de irrigação, contendo os nutrientes necessários às plantas. Ela pode ser preparada em baldes, caixas de 500 ou 1000 litros, ou mesmo em tanques de alvenaria azulejados, ou com revestimento (por exemplo lona plástica, manta butírica, de PVC) preparados para esse fim. A injeção da solução deve ser feita no cabeçal de controle, antes do filtro de modo que partículas potencialmente causadoras de entupimentos nos emissores possam ser retidas.

Para se trabalhar numa solução de fertilizantes, é necessário inicialmente conhecer a água de irrigação na qual a mesma será diluída. As seguintes características da água irrigação devem ser conhecidas:

- a) Conteúdo de sais, que pode ser avaliado pela condutividade elétrica e potencial osmótico;
- b) Alcalinidade, que é avaliada pelo conteúdo de sódio e está diretamente relacionada a razão de adsorção de sódio;
- c) Capacidade de entupimentos físicos, químicos e biológicos;
- d) Toxicidade específicas por elementos tais como cloro, sódio e bicarbonatos;
- e) Acidez e poder tampão, que podem ser avaliados com conhecimento do pH e corrigida com auxílio da curva de neutralização.

f) Presença de íons sulfatos ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), carbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ), bicarbonatos ( $\text{CO}_3^{2-}$ ), cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ), potássio ( $\text{K}^+$ ) e sódio ( $\text{Na}^+$ ).

No preparo da solução de fertilizantes, deve-se observar o uso de fertilizantes com o mínimo de impureza possível. O pH da solução deve estar entre 5,5 e 6,0, sendo que acima de 6,3, deve-se evitar misturar soluções contendo cálcio com soluções fosfatadas. A redução do pH da solução pode teoricamente ser feita com base na curva de neutralização da água. O uso da curva de neutralização permite a obtenção da quantidade exata de ácido necessária para ajuste do pH; entretanto, seu uso torna mais trabalhoso e oneroso o processo de correção do pH. Na prática, ajusta-se o pH de maneira empírica. Para tal podem ser usados: ácido nítrico (Tabela 8), ácido fosfórico (Tabela 9) e ácido sulfúrico (Tabela 10).

**Tabela 8.** Ácido nítrico em opções comerciais.

Densidade ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	$\text{HNO}_3$ ( $\text{g}/\text{L}$ )
1,13	300
1,33	535
1,35	579
1,36	580
1,36	590
1,37	610
1,38	625
1,39	650
1,40	670
1,41	690

Fonte: Resh (1997).

**Tabela 9.** Ácido fosfórico em opções comerciais.

Densidade ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )	$\text{H}_3\text{PO}_4$ ( $\text{g}/\text{L}$ )	Volume correspondente a 1 mol ( $\text{mL}$ )
1,25	370	212
1,58	750	83
1,70	850	68

Fonte: Resh (1997).

**Tabela 10.** Ácido sulfúrico em opções comerciais.

Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (g/L)	Volume correspondente a 1 mol (mL)
1,18	250	166
1,30	400	94
1,83	950	28

Fonte: Resh (1997).

A condutividade elétrica da solução de fertilizantes não deve ultrapassar 2 dS/m e a seu potencial osmótico deve ficar entre 70 kPa e 100 kPa. A condutividade elétrica depende do tipo de sais de uma solução e da concentração dessa solução. Alguns sais são mais condutores que outros, como o sulfato de amônio, que é melhor condutor comparado ao nitrato de cálcio e a uréia que não é condutora. Cada solução de fertilizantes é feita a partir de uma condição inicial diferente em termos da qualidade da água de irrigação, com variados componentes, com solubilidade diferentes. Dessa forma não se pode esperar precisão no uso da condutividade elétrica para estimar a concentração de uma solução de fertilizantes. Da mesma forma, o uso da condutividade elétrica de uma solução para estimar o potencial osmótico da mesma deve ser ponderado.

No preparo da solução de fertilizantes deve-se evitar incompatibilidades tais como de cálcio e magnésio com fosfatos, cálcio com sulfatos e fósforo com nitrato de cálcio e magnésio e sulfato de magnésio. Normalmente, usa-se numa solução de fertilizantes, o nitrato de cálcio, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, para aplicação de cálcio. A aplicação de magnésio é feita por meio do nitrato de magnésio, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> e do sulfato de magnésio, Mg(SO<sub>4</sub>). O nitrogênio e o potássio podem ser aplicados por meio do nitrato de potássio, KNO<sub>3</sub>, do nitrato de amônio, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> e da uréia, CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>.

A formulação da solução de fertilizantes depende portanto de diversos fatores. O cálculo dessas soluções tem sido voltado para hidroponia, onde o solo é desconsiderado e apenas a água de irrigação é levada em conta. Nesse caso, parte-se de soluções

consideradas ideais para determinados cultivos. Nessas soluções ideais são estabelecidos valores ( $\text{cmol}_c/\text{dm}^3$ ) para os possíveis cátions e ânions a serem usados nestas soluções. Tais valores são subtraídos dos valores desses íons presentes na água de irrigação, previamente analisada, resultando nos valores de milequivalentes por litro de cada íon necessários para se obter a solução ideal. A partir daí, formulam-se os compostos ou as fontes dos íons a serem aplicados e calcula-se a quantidade dos mesmos em gramas por litro.

No caso da fertirrigação no campo, não há recomendações de soluções ideais, tomadas como padrão, como as propostas para hidroponia (Tabela 11). Os critérios para o caso, se baseiam no fato de que a concentração de fertilizantes na água de irrigação, na saída dos emissores não deve ser superior a 700 mg/L, devendo ficar entre 200 e 400 mg/L, principalmente para os sistemas por gotejamento, que são os mais sujeitos a entupimentos de emissores.

**Tabela 11.** Componentes de soluções de fertilizantes propostas por diferentes autores para uso em fertirrigação (mg/L), em condições de hidroponia.

<b>Ca<sup>++</sup></b>	<b>Mg<sup>++</sup></b>	<b>K<sup>+</sup></b>	<b>N</b> <b>NH<sub>4</sub><sup>+</sup></b>	<b>N</b> <b>NO<sub>3</sub><sup>-</sup></b>	<b>P</b> <b>PO<sub>4</sub><sup>-3</sup></b>	<b>S</b> <b>SO<sub>4</sub><sup>-2</sup></b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>B</b>	<b>Mo</b>
200	48	234	210	31	64	-	-	0,1	0,014	0,01	0,1	0,016
200	48	195	-	196	31	64	0,5	0,25	0,02	0,25	0,25	0,01
200	96	390	28	140	63	447	1,0	0,3	0,02	0,05	0,5	-
197	44	400	30	145	65	197,5	2	0,5	0,03	0,05	0,5	0,02

# 1. Cálculo da solução de fertilizantes

Há diferentes maneiras de se formular uma solução de fertilizantes; entretanto, no caso de fertirrigação em culturas, particularmente em fruteiras, sabe-se da quantidade de nutriente a ser aplicado por planta ou por área. De posse da quantidade de nutrientes a ser aplicada, é necessário determinar a quantidade de fertilizante comercial e de que forma aplicar esse fertilizante via água de irrigação. Com o peso do nutriente ou do fertilizante fonte e com sua concentração, pode-se determinar o volume necessário para manter tal concentração.

A recomendação da quantidade de nutrientes a aplicar pode ser expressa em mg/L, mg/dm<sup>3</sup> ou ainda em ppm (partes por milhão). No caso, pode-se conhecer o tipo de nutriente, a dosagem requerida por aplicação e a fonte do mesmo. Por exemplo, deseja-se aplicar 200 mg/L de cálcio e 150 mg/L de nitrogênio via água de irrigação por meio do Ca(NO<sub>3</sub>). Qual a concentração em mg/L de Ca(NO<sub>3</sub>) necessária para fornecer a quantidade de cálcio e nitrogênio desejada?

O cálculo da concentração da fonte de nutrientes pode ser determinada com base na Tabela 12, que expressa os fatores de transformação do nutriente no composto fonte ou vice-versa.

Exemplo: Deseja-se usar o CaNO<sub>3</sub> para aplicar 300 mg/L de Ca e 150 mg/L de N ao solo. Assim, 300 mg/L de Ca equivale a:

$$300 \cdot 4,094 = 1228 \text{ mg/L de CaNO}_3$$

Os 1228 mg/L de CaNO<sub>3</sub> deverão conter

$$1228 \times 0,171 = 210 \text{ mg/L de N}$$

A quantidade de nutriente calculada deve ser no máximo igual à quantidade desejada. Se for menor, completa-se a quantidade com outra fonte. Se, por exemplo, a quantidade de N tivesse sido de 130 mg/L, faltaria, ainda, 20 mg/L, o que poderia ser preenchido com outra fonte como o nitrato de potássio, ou seja,

$$20 \cdot 7,221 = 144 \text{ mg/L de KNO}_3$$

**Tabela 12.** Fatores de conversão para os sais fertilizantes.

A	B	A → B	B → A
Nutriente	Fonte de nutrientes		
Nitrogênio - N	Nitrato - NO <sub>3</sub>	4,429	0,226
	Nitrato de potássio- KNO <sub>3</sub>	7,221	0,1385
	Nitrato de cálcio- Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	5,861	0,171
	Sulfato de amônio- (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4,721	0,212
	Nitrato de amônio- NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	2,857	0,350
Fósforo - P	Anidrido fosfórico- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,292	0,436
	Ácido fosfórico- H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	3,164	0,316
	Fosfato - PO <sub>4</sub>	3,066	0,326
Potássio - K	Potássio - K <sub>2</sub> O	1,205	0,830
	Nitrato de potássio- KNO <sub>3</sub>	2,586	0,387
	Cloreto de potássio- KCl	1,907	0,524
	Sulfato de potássio- K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	2,229	0,449
Cálcio - Ca	Óxido de cálcio- CaO	1,399	0,715
	Nitrato de cálcio- Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4,094	0,244
	Cloreto de cálcio- CaCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	5,467	0,183
Magnésio - Mg	Oxido de magnésio- MgO	1,658	0,603
	Sulfato de magnésio- MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	10,14	0,0986
Enxofre - S	Ácido sulfúrico- H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	3,059	0,327
	Sulfato de amônio- (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	4,124	0,2425
	Sulfato de potássio- K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	5,437	0,184
	Sulfato de magnésio- MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	7,689	0,130
	Sulfato de cálcio- CaSO <sub>4</sub>	5,371	0,186

Fonte: Resh (1997).

Isso adicionaria  $144 \cdot 0,387 = 56$  mg de K/L ao solo. Como 210 mg/L é maior que a quantidade desejada, é mais seguro partir-se de 150 mg/L de N, o que equivale a:

$$150 \cdot 5,861 = 879 \text{ mg/L de CaNO}_3$$

879 mg/L de CaNO<sub>3</sub> conterà:

$$879 \times 0,244 = 214 \text{ mg/L de Ca}$$

que é inferior aos 300 mg/L de Ca requeridos em  $300 - 214 = 86$  mg/L, que podem ser obtidos com uso de outra fonte como o cloreto de cálcio, na seguinte concentração:

$$86 \cdot 5,467 = 470 \text{ mg/L de CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$$

Assim, para um tanque de 500 litros, será necessário:

$0,879 \text{ g/L} \cdot 500\text{L} = 439,5 \text{ g}$  de  $\text{CaNO}_3$  e  $0,470 \text{ g/L} \cdot 500\text{L} = 235 \text{ g}$  de  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Para o cálculo da massa de uma fonte de nutrientes, é necessário saber a pureza do mesmo. A Tabela 13 apresenta as porcentagens de pureza de algumas fontes de nutrientes.

**Tabela 13.** Percentagem de pureza em algumas fontes de nutrientes.

Fonte de nutrientes	Pureza (%)
Nitrato de Potássio- $\text{KNO}_3$	95
Nitrato de cálcio- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	95
Sulfato de amônio - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	94
Nitrato de amônio- $\text{NH}_4\text{NO}_3$	98
Cloreto de potássio- $\text{KCl}$	95
Sulfato de Potássio- $\text{K}_2\text{SO}_4$	90
Nitrato de cálcio- $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	90
Cloreto de cálcio- $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	75
Sulfato de amônio- $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	94

Fonte: Resh (1997).

No exemplo, a massa de  $\text{CaNO}_3$  será de  $439,5/0,95 = 462,60 \text{ g}$  e a de  $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  de  $235/0,75$  ou  $313 \text{ g}$ .

No caso de a recomendação da aplicação de nutrientes ser feita com base em massa (kg, t) por hectare (ha), é comum ter-se duas situações: (i) uso de dispositivos de injeção, onde a solução é injetada a partir de tanques hermeticamente fechados, com variação da concentração do nutriente ou fertilizante no interior do mesmo; (ii) uso de dispositivos de injeção onde a solução é injetada a partir de tanques abertos, podendo-se assumir constante a concentração da solução durante a aplicação.

No caso de a concentração do nutriente dentro do tanque de injeção ser variável, como é o caso do tanque de derivação de fluxo,

a concentração da solução fertilizante  $C_t$  no tanque em qualquer tempo (t) será dada por:

$$C_t = C_o \cdot e^{-x} \quad (1)$$

Onde:

$C_o$  = concentração inicial no tanque de derivação de fluxo;

$x$  = razão entre o volume que passou pelo tanque (V) e o volume do tanque ( $V_t$ ).

Se a concentração inicial do tanque é 100%, a concentração relativa no tanque no tempo t será:

$$C_t = 100 \cdot e^{-x} \quad (2)$$

O recomendado é ter-se, no final da aplicação uma concentração da solução fertilizante de 2% (20 g/L), o que equivale a passagem de um volume de água quatro vezes superior ao volume do tanque. Essa recomendação, aparentemente simples, pode ser difícil de ser usada no campo caso não se disponha de dispositivos que permitam regular a vazão de entrada de água no tanque. A determinação da vazão é feita com base no volume total que passa pelo tanque e no tempo de fertirrigação estabelecido.

Exemplo: Qual deve ser a taxa de injeção de fertilizante que resulte numa concentração final de 2% num tanque de derivação de 1000 litros após 30 minutos de aplicação?

O volume de água que passa pelo tanque de derivação levando o nutriente para a linha de irrigação será calculado conforme a equação 2 por:

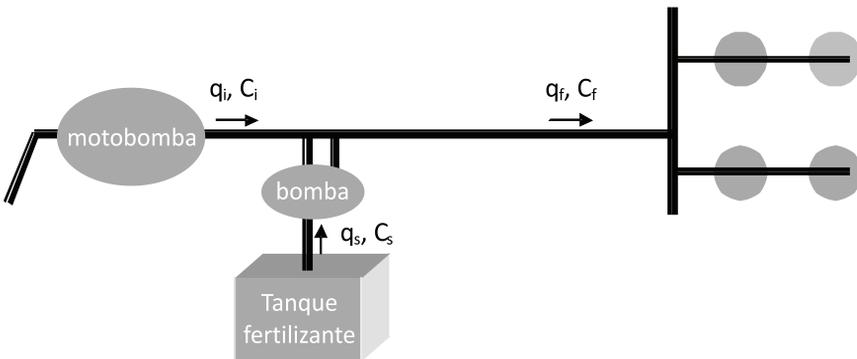
$$2 = 100 \cdot e^{-x} \quad x = \ln 50 = 3,912$$

$$x = \frac{V_s}{V_t} = 3,912 \quad v_s = 3,912 \cdot 1000 = 3912 \text{ litros}$$

sendo  $v_s$  o volume de solução aplicado em 30 minutos. A taxa de injeção será dada por:

$$q_s = \frac{3912}{30} = 130,4 \text{ litros / minuto}$$

Se a injeção for feita a partir de um tanque aberto, com uso de uma bomba de fertilizantes de pressão positiva ou negativa (Figura 21), é necessário o cálculo da massa de nutriente a ser adicionada no tanque da solução de fertilizantes ou fertilizante. Normalmente a vazão da bomba de injeção de fertilizantes e do sistema de irrigação são conhecidas, bem como devem ser conhecidas as concentrações dos fertilizantes na água de irrigação antes e após a adição dos mesmos ao sistema de irrigação.



**Fig. 21.** Injeção e distribuição da solução fertilizante no sistema de irrigação.

$q_i$  = vazão do sistema de irrigação;

$C_i$  = concentração da água aduzida para irrigação;

$q_s$  = vazão da solução (taxa de injeção);

$C_s$  = concentração da solução fertilizante;

$q_f$  = vazão do sistema de irrigação;

$C_f$  = concentração da água na saída dos emissores.

$$q_f \cdot C_f = q_i \cdot C_i + q_s \cdot C_s \quad (3)$$

$$C_s = \frac{q_f C_f - q_i C_i}{q_s} \quad (4)$$

Se a concentração da água de irrigação aduzida da fonte puder ser negligenciada, isto é,  $C_i = 0$ , a equação 4 fica da seguinte forma:

$$C_s = \frac{q_f \cdot C_f}{q_s} \quad (5)$$

A massa do nutriente (M) a ser colocada no tanque de solução fertilizante ou de fertilizantes será função da vazão do sistema ( $q_i$ ), da vazão ou taxa de injeção da solução fertilizante ( $q_s$ ), podendo ser determinada pela equação:

$$M = \frac{10^{-3} \cdot q_f \cdot C_f}{q_s} \cdot \frac{V_t}{C_F} \quad (6)$$

Onde:

$V_t$  = volume do tanque da solução fertilizante ou de fertilizantes;

$C_F$  = concentração do nutriente no fertilizante (g/g).

As unidades a serem usadas na equação acima são: M em g,  $q_s$  e  $q_f$  em L/h e  $C_f$  em mg/L.

Se a concentração inicial da água de irrigação é considerada, o cálculo da concentração do nutriente na solução de fertilizantes deve ser dado a partir da fórmula:

$$q_f \cdot C_f = (q_f - q_s) \cdot (C_i + q_s) \cdot C_s \quad (7)$$

E a concentração da solução fertilizante será dada por:

$$C_s = \frac{q_f \cdot C_f - (q_f - q_s) \cdot C_i}{q_s} \quad (8)$$

A massa de fertilizante a ser colocada no volume de água da solução pode ser calculada pela equação:

$$M = \frac{10^{-3} \cdot (C_s - C_i) \cdot v_t}{C_F} \quad (9)$$

Uma vez obtida a massa de fertilizante a ser adicionada ao tanque, resta saber se o tanque disponível é suficiente para conter toda a solução a ser usada, ou se será necessário mais de um tanque de fertilizante. Para saber o número de tanques ( $N_t$ ) a serem usados, deve-se conhecer a quantidade total de nutriente a ser usada por área ( $Q_N$ ), a área total a ser fertirrigada ( $A_T$ ), a concentração do nutriente no fertilizante ( $C_F$ ) e a massa do nutriente na solução de fertilizantes ( $M$ ):

$$N_t = \frac{Q_N \cdot A_T}{C_F \cdot M} \quad (10)$$

em que  $Q_N$  é comumente expresso em kg/ha,  $A_T$  é dado em ha,  $C_F$  em kg/kg e  $M$  em kg.

*Exemplo de uso de bomba injetora com tanque aberto:*

Dispõe-se de um sistema de irrigação com capacidade de 69,15 m<sup>3</sup>/h, em que os gotejadores emitem água a uma concentração de 10 mg/L de nitrogênio. A solução fertilizante é injetada na linha de irrigação a uma taxa de 23,1 L/h a partir de um tanque de fertilizante de capacidade de 189,25 L. A concentração de nitrogênio na uréia é de 46%. Deseja-se que a massa de uréia a ser colocada no tanque e o número de tanques a fertirrigação.

Pela equação 6 a massa de uréia a ser usada será de:

$$M = \frac{69150 \cdot 10^{-3} \cdot 10 \cdot 189,25}{23,1 \cdot 0,46}$$

$$M = 12315,7g$$

$$M = 12,3 \text{ kg}$$

A solubilidade da uréia será de 12,3 kg/189,2 L ou 0,06 kg por litro, bem abaixo da solubilidade admissível. Se a quantidade de uréia recomendada é de 5,6 kg/ha, para uma área de 4 ha. O número de tanques de 189,2 litros necessários a aplicação da uréia será (equação 10):

$$Nt = \frac{5,6 \cdot 4}{0,46 \cdot 12,3} = 4 \text{ tanques}$$

A determinação da massa de fertilizante e do volume necessário para acondicionar a solução de fertilizantes, partindo-se da quantidade de fertilizante recomendada, da vazão do sistema de irrigação e do tempo de fertirrigação, pode ser feita de uma forma simples e prática descrita seguir. No caso, considera-se injeção por meio de bomba utilizando pressão positiva ou negativa, a solução em tanque aberto e conhecida a quantidade de fertilizante a ser aplicada num dado setor ou área.

A concentração da água de irrigação,  $C_f$ , em kg/L a ser aplicada na área segundo a seguinte equação:

$$C_f = \frac{Q_{NS} \cdot C_F}{Q_f \cdot T_F} \quad (11)$$

Onde:

$Q_{NS}$  = quantidade de fertilizante em kg a ser aplicado em uma dada área ou setor;

$C_F$  = concentração do nutriente no fertilizante (kg/kg);

$T_F$  = tempo de fertirrigação adotado (horas);

$Q_f$  = vazão do sistema (L/h).

A concentração do nutriente na solução a ser injetada,  $C_s$ , pode ser obtida pela equação:

$$C_s = \frac{C_f}{r_i} \quad (12)$$

Onde:

$r_i$  = razão entre a concentração do nutriente na água de irrigação e a concentração da solução de fertilizantes (decimal);

$C_s$  é dada em kg/L.

Sugere-se, inicialmente, o uso desse valor na faixa de 0,01 a 0,02. O volume de água necessário para diluir o fertilizante é obtido a partir da concentração da solução a ser injetada, de acordo com a seguinte equação:

$$V = \frac{Q_{NS} \cdot C_F}{C_S} \quad (13)$$

Onde:

$V$  = volume de água necessário (L).

O volume do tanque deverá ser o volume comercial mais próximo e superior ao volume da solução calculado.

A aplicação da solução de fertilizantes na linha de irrigação pode ser iniciada tão logo todo o sistema esteja em pleno funcionamento, com todas as linhas cheias de água. Recomenda-se um intervalo próximo de 15 minutos entre o início da irrigação e o início da

fertirrigação, para permitir o enchimento das tubulações e a estabilização da pressão e vazão nos emissores. Deve-se ater ao fato de que, no final da fertirrigação, é necessário continuar a irrigação por, pelo menos o mesmo tempo entre o início da irrigação e o início da fertirrigação para que todo o fertilizante seja expulso da tubulação e dos emissores, e os mesmos sejam completamente limpos dos produtos aplicados. Como regra, pode-se dividir o tempo total de irrigação em quatro partes, concentrando-se a fertirrigação no terceiro quarto e quando o tempo desta for superior ao mesmo, iniciá-la no segundo quarto para finalização no final do terceiro quarto do tempo total da irrigação.

De posse da quantidade de adubo e volume da solução no tanque de injeção, é necessário verificar se a solubilidade obtida é igual ou inferior a solubilidade do fertilizante. Como exemplo, a solubilidade da uréia é 780 (Tabela 1), isto é, um litro de água solubiliza 780 g de uréia.

A taxa de injeção do fertilizante no sistema de irrigação é dada pela equação:

$$q_s = \frac{Q_{ns}}{C_s \cdot C_F \cdot T_s} \quad (14)$$

Onde:

$q_s$  = taxa de injeção do fertilizante (L/min);

$Q_{NS}$  = quantidade do fertilizante a ser aplicado na área ou setor (kg);

$C_s \cdot C_F$  = concentração do fertilizante na solução de fertilizantes (kg/L);

$T_s$  = tempo de fertirrigação (min).

De posse da taxa de injeção do fertilizante, ajusta-se a vazão do dispositivo de injeção e procede-se a fertirrigação.

# VI

## Requerimento de nutrientes para fertirrigação

---

### 1. ABACAXI

*Luiz Francisco da Silva Souza*  
*Otávio Alvares de Almeida*

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* var. *comosus*) é uma planta tropical, monocotiledônea, herbácea e perene, da família *Bromeliaceae*. Por ser de hábito terrestre, diferentemente de inúmeras outras espécies da mesma família, o abacaxizeiro retira diretamente do solo, por meio do seu sistema radicular subterrâneo, a maioria dos nutrientes de que necessita para o crescimento e produção. Vale ressaltar, sobretudo quando se considera explorações comerciais, que parte substancial do suprimento das suas necessidades nutricionais pode ser feita pela via foliar, inclusive com a participação do sistema radicular axilar (raízes localizadas nas axilas das folhas).

#### 1.1. Exigências nutricionais

Trata-se de planta exigente, quanto aos aspectos nutricionais, demandando normalmente quantidades de nutrientes que a maioria dos solos cultivados não conseguem suprir integralmente (exceção para alguns solos virgens, recém-desmatados ou em pousio prolongado). Este nível elevado de exigências justifica a quase obrigatoriedade da prática da adubação, nos plantios com fins comerciais.

A ordem decrescente de extração/acumulação de macronutrientes pelo abacaxizeiro é  $K > N > Ca > Mg > S > P$ . Em relação ao nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), trabalhos realizados por vários autores permitem estimar as quantidades médias extraídas pelo abacaxizeiro em 178 kg de N, 21 kg de P (48 kg de  $P_2O_5$ ) e 445 kg de K (536 kg de  $K_2O$ ) por hectare, que resultariam numa relação média de extração de 1,0: 0,12: 2,5, para N:P:K, ou de 1,0:0,27:3,0, para N:  $P_2O_5$ :  $K_2O$ . Quanto aos micronutrientes, a ordem decrescente de acumulação é:  $Mn > Fe > Zn > B > Cu$ .

Tanto quanto o conhecimento das quantidades de nutrientes exigidas pelas espécies vegetais, o conhecimento da marcha/dinâmica de absorção dos mesmos pela planta constitui-se em informação valiosa para a condução dos cultivos, de modo que se possa orientar adequadamente os programas de adubação da cultura, principalmente quando se utiliza o recurso da fertirrigação.

Em relação ao abacaxizeiro, verifica-se normalmente uma baixa absorção/acumulação dos nutrientes nos cinco primeiros meses após o plantio. Entre o 6º e o 9º mês observa-se um aumento significativo na taxa de absorção, que se mantém crescente até o florescimento. Portanto, é vital que no período entre o 5º mês pós plantio e a indução artificial da floração, nas explorações comerciais, a planta seja adequadamente suprida de nutrientes, de modo inclusive a acumular reservas que serão importantes na fase de desenvolvimento e crescimento dos frutos.

No geral, não se recomendam aplicações de nutrientes na fase reprodutiva do ciclo da planta (após o desencadeamento do processo de florescimento). Contudo, existem situações especiais, como no caso de plantas induzidas em más condições nutricionais, em que a aplicação de nutrientes pode resultar em efeitos positivos para o peso e/ou qualidade do fruto. Nestas circunstâncias, é recomendável que a aplicação de fertilizantes seja feita pela via líquida, até no máximo 60 dias após a indução floral.

## 1.2. Nutrientes para fertirrigação

As aplicações por via sólida apresentam menores exigências quanto às características dos produtos utilizados como fontes de nutrientes. Quando, porém, se pretende utilizar a via líquida para aplicação de nutrientes, como no caso da fertirrigação, deve-se ter o cuidado de avaliar, além da solubilidade do material, aspectos outros inerentes às suas características e qualidade, de modo a evitar possíveis problemas, como elevada corrosão de equipamentos, modificação da condutividade elétrica a valores superiores à salinidade crítica do cultivo, excessivo entupimento de tubulações e emissores e incompatibilidades com outros produtos.

### A. Nitrogênio

Dos macronutrientes principais, o nitrogênio tem sido aquele que mais frequentemente tem comandado a produtividade da cultura. A não aplicação de fertilizantes nitrogenados resulta quase sempre no comprometimento do desenvolvimento da planta e/ou da produção de frutos.

Com relação à qualidade dos frutos, existe uma concordância bastante grande de que há decréscimo na acidez e/ou no teor de açúcares (SST) do suco, à medida que se aumentam as doses de N. O excesso de nitrogênio concorre ainda para reduzir a consistência e aumentar a translucidez e o escurecimento interno da polpa e, em condições climáticas favoráveis (períodos quentes), pode também elevar o risco do aparecimento da anomalia conhecida como “jaune” (amadurecimento da polpa, enquanto a casca do fruto permanece verde).

Em função de peculiaridades dos sistemas de produção de diferentes regiões produtoras de abacaxi, as doses de N aplicadas na cultura são muito variáveis. Contudo, observa-se que na maioria das situações a adubação nitrogenada tem variado de 6 a 10 g N/planta/ciclo.

O nitrogênio é o nutriente mais aplicado via água de irrigação, na abacaxicultura. As alternativas mais frequentes para a adubação nitrogenada são a uréia (450 g de N/kg) e o sulfato de amônio (200 g de N/kg). Existe, contudo, uma tendência geral de se considerar o sulfato de amônio mais adequado para as aplicações sólidas, enquanto a uréia seria mais apropriada para as aplicações por via líquida, considerando principalmente a facilidade e rapidez com que a mesma é absorvida na superfície foliar. Outras fontes de nitrogênio, como o nitrato de potássio (130 g de N/kg) e o nitrato de amônio (330 g de N/kg), podem ser perfeitamente utilizados para a fertirrigação, na abacaxicultura, desde que economicamente viáveis.

## **B. Fósforo**

O fósforo é o macronutriente acumulado em menor quantidade pelo abacaxizeiro; mesmo com essa exigência relativamente baixa, constata-se com muita frequência respostas positivas da planta à adubação fosfatada, no que diz respeito à produtividade. Tal fato é seguramente devido à baixa disponibilidade de fósforo na maioria dos solos cultivados com essa planta, indicando a possível necessidade da aplicação de fertilizantes fosfatados.

Pouca importância tem sido atribuída ao fósforo, em relação às características de qualidade do fruto do abacaxi.

Na maioria das situações, a adubação fosfatada na abacaxicultura tem sido feita considerando doses que variam de 1 a 4g  $P_2O_5$ /planta/ciclo. Normalmente a adubação fosfatada é aplicada antes do plantio, sob a forma sólida e de uma só vez, nas respectivas covas ou sulcos, ou ainda a lanço, seguindo-se a incorporação. Em algumas regiões produtoras utiliza-se a alternativa da aplicação em cobertura, também sob a forma sólida e de uma única vez, decorridos 30 a 60 dias do plantio. Como fontes de fósforo têm sido mais utilizados o superfosfato triplo (420 g de  $P_2O_5$ /kg), o superfosfato simples (180 g de  $P_2O_5$ /kg), o fosfato monoamônico-MAP (480 g de  $P_2O_5$ /kg)

ou o fosfato diamônico-DAP (450 g de  $P_2O_5$ /kg). Os termofosfatos magnesianos (170 g de  $P_2O_5$ /kg) têm sido também utilizados como fonte de fósforo na abacaxicultura.

Não é usual, na abacaxicultura, a aplicação do fósforo via água de irrigação. Todavia, não existem registros de contra-indicações a tal procedimento, a não ser as limitações relacionadas às características de alguns dos fertilizantes fosfatados (baixa solubilidade em água, possibilidade de reações químicas de precipitação, principalmente na presença de elevados teores de cálcio na água, possibilidade de ação corrosiva em tanques e tubulações etc.). Havendo a opção pela aplicação do fósforo via água de irrigação, as fontes mais recomendadas são o fosfato diamônico (DAP) (450 g de  $P_2O_5$ /kg), o fosfato monomônico (MAP) (480 g de  $P_2O_5$ /kg) e o próprio ácido fosfórico (400 ou 520 g de  $P_2O_5$ /kg). Este último, pode ser utilizado também, com a finalidade de limpeza das tubulações e emissores dos sistemas de irrigação localizados.

### **C. Potássio**

O potássio, nutriente acumulado em maior quantidade pelo abacaxizeiro, também influi na produtividade da cultura, porém em intensidade bem menor do que o nitrogênio. São muito frequentes as situações em que se observa efeitos pequenos, ou nulos, da adubação potássica sobre a produção do abacaxizeiro.

Atribui-se, contudo, ao potássio, influências marcantes em relação à qualidade do fruto de abacaxi. Trabalhos experimentais têm mostrado o efeito de doses crescentes deste nutriente sobre o aumento da acidez e/ou do teor de açúcar do fruto, assim como sobre o aroma, o diâmetro do pedúnculo (contribuindo para reduzir o tombamento de frutos), o aumento da consistência da polpa e a redução do escurecimento interno.

As quantidades de potássio recomendadas para a cultura do abacaxi, no mundo, são muito variáveis. Contudo, na maioria das situações as doses têm variado de 4 a 15 g  $K_2O$ /planta/ciclo.

Considerando-se as influências maiores do nitrogênio sobre o peso do fruto e do potássio sobre a sua qualidade, é importante levar em conta, numa perspectiva que associe produtividade e qualidade, a relação  $K_2O/N$  na adubação, de modo que se possa atender adequadamente a diferentes situações, relacionadas ao destino da produção. Em solos com baixa disponibilidade de potássio a relação  $K_2O/N$  na adubação tem normalmente variado entre 1,5 e 2,5.

É muito frequente na abacaxicultura, principalmente nos sistemas produtivos de médios e grandes produtores, a aplicação do potássio pela via líquida, normalmente associado ao nitrogênio. As fontes mais utilizadas para tal suprimento são o cloreto de potássio (580 g de  $K_2O$  /kg) e o sulfato de potássio (500 g de  $K_2O$  /kg). O nitrato de potássio (440 g de  $K_2O$  /kg) também se constitui em excelente fonte para o suprimento de potássio via fertirrigação, na cultura do abacaxi.

A utilização do cloreto de potássio (KCl) na abacaxicultura tem sido tradicionalmente contra-indicada, por se considerar que o cloro causa redução no peso do fruto e deprecia a sua qualidade. Apesar das restrições, tem-se verificado um crescimento no uso do cloreto de potássio na abacaxicultura, basicamente em razão do custo mais baixo por unidade de  $K_2O$ , quando comparado ao sulfato de potássio. Ressalte-se, também, que a existência de resultados experimentais mostrando efeitos semelhantes das duas fontes sobre a produção e qualidade do fruto tem dado uma significativa contribuição para o aumento do uso do KCl, que tem se constituído na principal fonte de potássio para a abacaxicultura de muitas regiões produtoras.

#### ***D. Cálcio, magnésio e enxofre***

Os calcários são os fornecedores mais comuns de cálcio e magnésio para a abacaxicultura. Por esta razão é importante, sempre que indicada a calagem, a utilização de calcários dolomíticos. Havendo necessidade de suprimentos complementares, pela via líquida, pode-se recorrer ao nitrato de cálcio (170-190 g de Ca/kg) e/ou ao sulfato de magnésio (160-200 g de Mg/kg), conforme seja o caso.

O suprimento de enxofre (S) é feito normalmente por intermédio de fertilizantes que são ao mesmo tempo fontes de alguns dos macronutrientes principais, como o sulfato de amônio (230-240 g de S/kg) e o sulfato de potássio (170-180 g de S/kg). É importante, na seleção dos fertilizantes a serem utilizados, que fique assegurado o suprimento do S, sobretudo nos solos intensamente cultivados e pobres em matéria orgânica.

### ***E. Micronutrientes***

O ferro (Fe), o zinco (Zn), o cobre (Cu) e o boro (B) são os micronutrientes que se têm evidenciado como mais importantes para abacaxicultura, em diferentes regiões produtoras do mundo. Para o atendimento das necessidades da planta em relação a estes micronutrientes têm sido recomendadas doses que variam de 1 a 5 kg Fe/ha, de 1 a 6 kg Zn/ha, de 1 a 10 kg Cu/ha e de 0,3 a 2 kg B/ha. O suprimento dos mesmos pela via líquida pode ser feito mediante a utilização dos sais correspondentes (sulfato ferroso  $7H_2O$ , com 200 g de Fe/kg; sulfato de zinco  $7H_2O$ , com 220 g de Zn/kg; sulfato de cobre  $5H_2O$ , com 240 g de Cu/kg ou oxicloreto de cobre, com 350 a 500 g de Cu/kg; borax  $10H_2O$ , com 113 g de B/kg) ou mediante a utilização de quelatos, no caso dos micronutrientes metálicos.

### **1.3. Esquemas de adubação, incluindo a fertirrigação**

É importante que as doses totais de nutrientes a serem aplicadas sejam definidas a partir dos resultados analíticos do solo, da área onde se vai implantar a cultura.

Conforme já mencionado, a adubação fosfatada deve ser efetivada de uma só vez, sob a forma sólida, nas covas ou sulcos, por ocasião do plantio, ou, se conveniente para o produtor, em cobertura, também sob a forma sólida, decorridos 30 a 60 dias do plantio.

Quanto ao nitrogênio e ao potássio, existem basicamente duas alternativas para os seus suprimentos pela via líquida. Na primeira delas considera-se o aporte de doses crescentes, mantendo-se intervalos equidistantes de aplicação. Na segunda alternativa considera-se o parcelamento em doses iguais, com reduções progressivas nos intervalos de aplicação. Cabe ressaltar que a via líquida é também indicada para aplicações suplementares de cálcio, magnésio e micronutrientes, quando recomendadas.

A título de exercício, serão apresentados neste tópico esquemas de aplicação do nitrogênio e do potássio, via fertirrigação, envolvendo as duas alternativas mencionadas. Para tanto, considerar-se-á um plantio na densidade de 40.000 plantas/ha, com previsão de indução do florescimento no 10<sup>o</sup> mês após a instalação e para o qual tenha sido feita uma recomendação de adubação de 320 kg de N e 480 kg de K<sub>2</sub>O/ha/ciclo.

#### ***Aplicação de doses crescentes de N e K a intervalos equidistantes***

Considerando a indução do florescimento aos 10 meses do plantio, as doses recomendadas de nitrogênio (320 kg de N/ha) e potássio (480 kg de K<sub>2</sub>O/ha) serão aplicadas a intervalos quinzenais, entre o 45<sup>o</sup> e o 270<sup>o</sup> dia (9<sup>o</sup> mês) após o plantio, conforme apresentado na Tabela 14.

**Tabela 14.** Doses de nitrogênio (N) e de potássio (K<sub>2</sub>O) a serem aplicadas via fertirrigação na cultura do abacaxi, na fase vegetativa do ciclo da planta (crescimento das doses à razão de ± 10%).

Dias (pós plantio)	kg/ha		Dias (pós plantio)	kg/ha	
	N	K <sub>2</sub> O		N	K <sub>2</sub> O
45	8,9	13,4	165	19,1	28,6
60	9,8	14,7	180	21,0	31,5
75	10,8	16,2	195	23,1	34,7
90	11,9	17,8	210	25,4	38,1
105	13,0	19,5	225	27,9	41,9
120	14,3	21,4	240	30,7	46,0
135	15,8	23,7	255	33,8	50,7
150	17,3	26,0	270	37,2	55,8

**Aplicação de doses iguais de N e K a intervalos decrescentes**

Nesta alternativa, as doses totais de nitrogênio e potássio serão repartidas em 16 doses iguais, de respectivamente 20 kg de N/ha e 30 kg de K<sub>2</sub>O/ha, cujas aplicações conjuntas obedecerão ao esquema constante da Tabela 15.

A escolha da alternativa a ser utilizada depende das características do sistema de produção adotado em cada propriedade, podendo inclusive receber ajustes para melhor adequação a cada situação específica. O fato de aplicar doses fixas e, portanto, estar menos sujeito a erros de dosagens, confere mais praticidade à segunda alternativa, que é sempre mais aceita.

Deve-se ressaltar também que existe a possibilidade de se aplicar parte do nitrogênio e potássio pela via sólida e parte mediante a fertirrigação. Tal procedimento é mais indicado quando se pratica a irrigação por aspersão, em qualquer das suas modalidades. Nestas circunstâncias as aplicações sólidas nas primeiras fases do ciclo vegetativo, possibilitarão um maior aproveitamento dos nutrientes pela planta, reservando-se as adubações via água de irrigação para as fases posteriores (a partir do 6º mês do plantio), quando uma maior expansão do sistema radicular e da cobertura foliar da planta irão permitir melhor aproveitamento dos nutrientes.

**Tabela 15.** Parcelamento de nitrogênio e potássio (doses fixas de 20 kg N/ha e 30 kg de K<sub>2</sub>O/ha), via fertirrigação, na cultura do abacaxi (intervalos decrescentes entre as aplicações).

Aplicação	Dias (pós plantio)	Intervalo (dias)	Aplicação	Dias (pós plantio)	Intervalo (dias)
1ª	45	30	9ª	210	14
2ª	75	30	10ª	224	14
3ª	105	21	11ª	238	7
4ª	126	21	12ª	245	7
5ª	147	21	13ª	252	7
6ª	168	14	14ª	259	7
7ª	182	14	15ª	266	7
8ª	196	14	16ª	273	7

## 2. BANANA

Ana Lúcia Borges  
Édio Luiz da Costa

A bananeira (*Musa* spp.) é uma planta monocotiledônea, herbácea, muito exigente em nutrientes. A utilização de solos pouco férteis e o desconhecimento da exigência nutricional da planta e do manejo adequado da adubação afetam significativamente o desenvolvimento e a produtividade da bananeira.

### 2.1. Exigências nutricionais

A bananeira requer fertilização adequada, não só por ser elevada a quantidade de nutrientes absorvida pela planta e exportada pelos frutos, como também porque os solos da maioria das regiões produtoras são geralmente pobres em nutrientes, devido à presença predominante de caulinita, óxidos de ferro e alumínio, ou seja, argilas de baixa atividade, além de acidez elevada.

Em ordem decrescente, a bananeira absorve os seguintes nutrientes:

**Macronutrientes:** K > N > Ca > Mg > S > P

**Micronutrientes:** Cl > Mn > Fe > Zn > B > Cu

No entanto, ocorrem diferenças nas quantidades absorvidas e exportadas entre variedades, até mesmo dentro do mesmo grupo genômico, em razão, principalmente, das características da variedade, teores de nutrientes do solo, manejo adotado etc. (Tabela 16).

Considerando algumas variedades, elas exportam pelos frutos, em média, 1,9 kg de N; 0,22 kg de P; 5,2 kg de K; 0,20 kg de Ca e 0,28 kg de Mg por tonelada de frutos (Tabela 17).

**Tabela 16.** Quantidades totais de nutrientes absorvidas (AB) e exportadas pelo cacho (EX) por diferentes genótipos de bananeira (Borges et al., 2002).

NUTRIENTE	GENÓTIPO <sup>1</sup>											
	Terra (AAB)		Caipira (AAA)		Prata Anã (AAB)		Pioneira (AAAB)		FHIA-18 (AAAB)			
	AB	EX	AB	EX	AB	EX	AB	EX	AB	EX		
<b>N</b>	227,9	57,9	146,8	52,8	136,4	44,3	116,8	29,8	144,5	51,3		
<b>P</b>	15,5	5,9	9,8	3,9	10,1	4,6	8,5	3,2	11,2	5,2		
<b>K</b>	459,2	156,2	313,9	124,6	418,5	107,1	371,1	99,8	382,4	142,2		
<b>Ca</b>	131,0	5,5	53,2	2,8	71,4	5,4	73,1	3,6	74,1	4,8		
<b>Mg</b>	193,2	6,5	58,0	5,2	61,6	6,9	71,0	5,0	64,4	7,0		
<b>S</b>	35,9	14,9	9,3	3,0	5,8	2,4	5,3	1,1	7,5	4,7		
	-----kg/ha-----											
<b>B</b>	482,7	132,6	295,5	98,8	309,5	70,1	222,3	50,3	237,7	81,9		
<b>Cu</b>	239,9	155,4	52,1	11,7	26,9	5,4	30,1	4,9	34,7	10,2		
<b>Zn</b>	662,0	324,2	132,9	40,5	148,1	52,4	120,5	33,2	115,7	43,5		
	-----g/ha-----											

<sup>1</sup>Densidade de 1.333 plantas/ha, raízes não incluídas.

**Tabela 17.** Quantidades médias de macronutrientes exportadas por variedades de bananeira.

Variedade	Produtividade t/ha/ciclo	Densidade plantas/ha	N	P	K	Ca	Mg
----- kg/t frutos -----							
Nain e Poyo	42	2500	1,7	0,20	4,9	0,16	0,20
Grande Naine	39	2500	1,5	0,19	4,1	0,11	0,33
Gros Michel	22	1246	2,0	0,29	5,9	0,25	0,26
Nanicão	77	2500	1,9	0,26	8,2	0,27	0,28
Nanica e Nanicão	17	1111	2,4	0,24	4,4	0,24	0,34
Prata, Pacovan e Mysore	14	1111	2,0	0,25	3,7	0,26	0,37
Grande Naine e Caipira	23	1333	2,2	0,18	5,7	0,13	0,22
Prata Anã	20	1333	2,3	0,24	5,5	0,28	0,35
Pioneira e FHIA-18	21	1333	1,9	0,20	5,8	0,20	0,28
Terra	36	1111	1,5	0,15	4,0	0,14	0,17
<b>Média</b>			<b>1,9</b>	<b>0,22</b>	<b>5,2</b>	<b>0,20</b>	<b>0,28</b>

É importante, entretanto, ressaltar que aproximadamente dois terços da parte aérea desenvolvida pela bananeira durante o seu período vegetativo são devolvidos ao solo sob a forma de pseudocaule e folhas, que serão mineralizados. Levando em conta que somente os cachos (terço restante) da bananeira são retirados do campo e que as folhas contendo cerca de 25 g de K/kg de matéria seca retornam ao solo, acredita-se que ocorra uma recuperação significativa da quantidade de potássio aplicada, bem como de outros nutrientes.

A maior absorção de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg e S) e micronutrientes (B, Cu, Fe, Mn e Zn) ocorre após o quinto mês, quando há maior acúmulo de matéria seca até o florescimento, estabilizando-se até a colheita, exceto para zinco (Zn) e potássio (K), este último por acumular grande quantidade nos frutos.

## **2.2. Nutrientes para fertirrigação**

A técnica de aplicação de fertilizantes via água de irrigação proporciona o uso racional de fertilizantes em agricultura irrigada, uma vez que aumenta a eficiência de uso dos mesmos, reduz a mão-de-obra e o custo com máquinas, além de flexibilizar a época de aplicação, podendo as doses recomendadas serem fracionadas conforme a necessidade da cultura.

### **A. Nitrogênio**

O nitrogênio (N) é importante para o crescimento vegetativo da bananeira, principalmente nos três primeiros meses, quando o meristema está em desenvolvimento. Favorece a emissão e desenvolvimento dos perfilhos, além de aumentar consideravelmente a quantidade de matéria seca.

É o nutriente mais aplicado via água de irrigação, pois apresenta alta mobilidade no solo, principalmente na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Pela fertirrigação parcela-se o N de acordo com a demanda da bananeira, reduzindo as perdas do nutriente, principalmente em solos arenosos.

No Brasil as recomendações variam de 90 a 400 kg de N/ha/ano, dependendo do manejo adotado, idade da planta, produtividade esperada, teor de matéria orgânica e textura do solo. Em geral, os solos mais argilosos e com maior teor de matéria orgânica requerem menores quantidades de N.

A aplicação de N pode, a princípio, ser conduzida com frequência semanal ou a cada quinze dias, sendo a quantidade para o primeiro ano distribuída da seguinte forma: 10% nos primeiros três meses do plantio, 75% até o florescimento (7-9º mês) e 15% deste até a colheita (Tabela 18). Para os ciclos seguintes, pode-se adotar a mesma distribuição recomendada a partir do quarto mês do plantio.

**Tabela 18.** Distribuição percentual de nitrogênio (N) e potássio (K<sub>2</sub>O) no ciclo fenológico da bananeira.

Época	N	K <sub>2</sub> O
	%	
1º ao 3º mês	10	5
4º ao florescimento (7-9º mês)	75	85
Florescimento à colheita	15	10

Dentre as principais fontes de N, o nitrato de amônio é o mais solúvel, seguido pelo nitrato de cálcio e a uréia; o sulfato de amônio é o de maior mobilidade.

### **B. Fósforo**

O fósforo (P) é o macronutriente menos absorvido pela bananeira, sendo, aproximadamente, 50% exportados pelos frutos. Este nutriente favorece o desenvolvimento vegetativo e o sistema radicular.

As doses de P recomendadas nas regiões bananeiras do mundo variam de 80 a 690 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/ano. No Brasil estas doses variam de 0 a 160 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/ano, dependendo dos teores no solo.

Quando indicado, o P deve ser aplicado na cova de plantio, por ser um elemento com pouca mobilidade no solo e alto poder de fixação, aumentando assim sua eficiência de absorção. Deve ser misturado à terra de enchimento da cova, junto com o adubo orgânico. Se necessário, deve-se repetir a adubação fosfatada anualmente (após análise química do solo), em cobertura.

Diferentemente do nitrogênio, o fósforo (P) é um nutriente menos utilizado em fertirrigação, devido à sua baixa difusão no solo. A adubação fosfatada apresenta efeito residual de longa duração, pois o P não se move a longas distâncias de onde é colocado e a lixiviação do nutriente no perfil do solo é pequena, até mesmo em solos mais arenosos. Contudo, em solo arenoso, já foi observada movimentação.

O uso do fósforo na fertirrigação se dá, principalmente, nas formas de fosfato mono-amônico (MAP) e ácido fosfórico. Este, apesar do risco de corrosão em condutos metálicos, não causa problemas de entupimentos nos emissores.

### **C. Potássio**

O potássio (K) é considerado o elemento mais importante para a nutrição da bananeira, na qual está presente em quantidade elevada. Corresponde aproximadamente a 62% do total de macronutrientes e 41% do total de nutrientes da planta. Além disso, mais de 35% do K total absorvido são exportados pelos frutos. É um nutriente importante não só na translocação dos fotossintatos e no balanço hídrico, mas também na produção de frutos, aumentando a resistência destes ao transporte e melhorando a qualidade, pelo aumento dos teores de sólidos solúveis totais e açúcares e decréscimo da acidez da polpa.

As quantidades de K recomendadas nas regiões bananeiras do mundo variam de 228 a 1.600 kg de  $K_2O$ /ha/ano. No Brasil variam de 0 a 750 kg de  $K_2O$ /ha/ano, dependendo dos teores no solo e da produtividade esperada. No entanto, respostas a até 1.600 kg de  $K_2O$ /ha/ano foram obtidas em áreas irrigadas do Norte de Minas

Gerais; contudo, deve-se sempre considerar o preço do insumo e do produto, para avaliar a economicidade.

A aplicação de K pode, a princípio, ser conduzida com frequência semanal ou a cada 15 dias, sendo a quantidade para o primeiro ano distribuída da seguinte forma: considerando a maior exigência do nutriente a partir do 4º mês, aplica-se pequena quantidade (5%) nessa época, adicionando 85% da dose recomendada até o florescimento (7-9º mês) e 10% desta até a colheita (Tabela 19). Nos ciclos seguintes, pode-se distribuir a quantidade de K<sub>2</sub>O uniformemente.

Dentre as principais fontes de K, o cloreto de potássio é o mais solúvel e utilizado, seguido pelo nitrato de potássio e sulfato de potássio.

#### ***D. Cálcio, magnésio e enxofre***

Quanto aos macronutrientes cálcio (Ca) e magnésio (Mg), são normalmente supridos pela calagem que, dentre outros benefícios, equilibra a relação K:Ca:Mg e eleva a saturação por bases. A quantidade de cálcio no solo deve corresponder a 70% da saturação por bases.

Devido às quantidades elevadas de potássio exigidas pela bananeira, a aplicação de Mg é importante para manter a relação K:Ca:Mg (cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>) de 0,5:3,5:1,0 a 0,3:2,0:1,0. Na Costa Rica encontraram respostas favoráveis à aplicação de 100 kg de MgO/ha/ano, normalmente na forma sólida.

Os adubos formulados NPK apresentam, em geral, o inconveniente de não conterem enxofre, já que, na sua composição, entram normalmente uréia, superfosfato triplo e cloreto de potássio. Por conseguinte, recomenda-se, sempre que possível, alternar as fontes de nitrogênio com sulfato de amônio e de fósforo com superfosfato simples. Acredita-se que a aplicação de sulfato de amônio seja suficiente para suprir o enxofre necessário às plantas. Caso contrário, recomenda-se a aplicação de 30 a 50 kg de S/ha/ano.

### **E. Micronutrientes**

Normalmente, o boro e o zinco são os micronutrientes encontrados em deficiências nas bananeiras. No entanto, pode ser colocada uma mistura de todos os micronutrientes no plantio, para prevenir futuras deficiências de todos os micronutrientes.

A disponibilidade de B é reduzida em solos com pH elevado, altos teores de Ca, Al, Fe e areia e baixo teor em matéria orgânica. Para suprir a falta do nutriente pode-se aplicar 0,6 kg de B/ha.

Quanto ao Zn, a sua disponibilidade é reduzida em solos neutros ou alcalinos, com altos teores de P e argila. Em alguns lugares têm-se obtido bons resultados com a aplicação de 1 kg de Zn/ha/ano.

### **4.3. Esquema de fertirrigação**

Recomenda-se para a bananeira, sob fertirrigação, o seguinte esquema de adubação:

**Plantio:** 50 a 110 g de  $P_2O_5$ , dependendo do teor no solo, e 50 g de FTE BR12 por cova. Tanto o fósforo quanto os micronutrientes devem ser repetidos anualmente, após análise química do solo.

**Fertirrigação:** 200 a 400 kg de N/ha e 0 a 750 kg de  $K_2O$ /ha, dependendo da produtividade esperada e, no caso da quantidade de  $K_2O$ , do teor de K no solo. De acordo com as quantidades de N e  $K_2O$  recomendadas, a distribuição destes nutrientes no ciclo da bananeira pode ser feita na frequência de 15 dias, como mostra a Tabela 19.

**Tabela 19.** Quantidades de nitrogênio (N) e de potássio (K<sub>2</sub>O) a serem aplicadas durante o ciclo fenológico da bananeira sob fertirrigação.

Época	Quantidade de N		Quantidade de K <sub>2</sub> O	
	Total (kg/ha)	Aplicação a cada 15 dias (kg/ha)	Total (kg/ha)	Aplicação a cada 15 dias (kg/ha)
1 <sup>o</sup> ao 3 <sup>o</sup> mês	20 a 40	3,3 a 6,6	0 a 37,5	0 a 6,3
4 <sup>o</sup> ao florescimento (7-9 <sup>o</sup> mês)	150 a 300	10,7 a 21,4	0 a 637,5	0 a 53,1
Florescimento à colheita	30 a 60	5,0 a 10,0	0 a 75	0 a 12,5

### 3. CITROS

*Antonia Fonsêca de Jesus Magalhães*

A aplicação de fertilizantes juntamente com a água de irrigação vem se constituindo uma prática cada dia mais difundida nos pomares cítricos irrigados. Além dos fertilizantes, todos os outros produtos químicos recomendados, solúveis em água e que assim permanecem durante a operação, também podem ser aplicados dessa forma.

As vantagens do uso da irrigação localizada criaram as condições necessárias e ideais para se fertirrigar. Há evidência de redução das doses recomendadas de certos nutrientes, quando aplicados via água de irrigação. E, considerando-se que a porcentagem de área umedecida e as fontes de fertilizantes são de grande importância na fertirrigação, alguns autores mostram a necessidade de se umedecer 40% a 80% da área embaixo da copa das plantas antes de fertirrigar.

Alguns problemas, entretanto, devem ser considerados na aplicação de adubos via irrigação, tais como:

a) entupimento dos bicos devido à interação entre alguns adubos, daí a necessidade de se dotar o sistema de filtros para retirada de precipitados; e

b) a salinidade induzida na irrigação, recomendando-se uma solução cuja salinidade não seja superior a 1.000 mg/L ou a combinação das doses e frequências de aplicação.

#### 3.1. Exigências nutricionais

A planta cítrica requer os mesmos nutrientes que as outras plantas superiores: os macronutrientes N, P, K, Ca, Mg e S, e os micronutrientes B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn e Cl, encontrados parcialmente

no solo, como resultante da fertilidade natural, ou incorporados por meio de fertilizantes e corretivos.

Comparando-se a composição de frutos de laranja precoce e tardias para N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O (Tabela 20) observou-se que os frutos de 'Pera', 'Natal' e 'Valência' apresentaram teores mais altos que os de 'Hamlin' e 'Baianinha'; as primeiras consumiram cerca de 9%, 30% e 34% mais dos nutrientes referidos, do que a laranja 'Hamlin'.

**Tabela 20.** Teores de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O por tonelada de frutos em cinco variedades de laranja.

Nutrientes	Variedades				
	Hamlin	Baianinha	Pera	Natal	Valência
	g/t				
<b>N</b>	2.047	1.993	2.080	2.197	2.434
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	348	382	424	442	490
<b>K<sub>2</sub>O</b>	1.570	1.742	1.806	2.505	2.383
<b>Total</b>	3.965	4.117	4.310	5.144	5.307

Segundo alguns autores, os diversos órgãos da planta cítrica armazenam quantidades de nutrientes diferentemente, sendo as folhas os mais importantes repositórios. A Tabela 21 mostra os teores aproximados de nutrientes nas folhas, ramos e raízes.

**Tabela 21.** Teores médios de nutrientes em alguns órgãos dos citros (massa seca).

Órgãos	N	P	K	Ca	Mg	S
	g/kg					
<b>Folhas</b>	22,2	1,8	13,1	42,0	2,5	2,5
<b>Ramos</b>	19,2	1,7	1,5	18,2	2,8	-
<b>Troncos</b>	4,0	0,7	2,1	5,1	0,7	-
<b>Raízes</b>	8,2	-	2,8	1,0	0,5	-

A planta cítrica é autotrófica, pois ela metaboliza todos os componentes orgânicos necessários ao seu desenvolvimento, a partir

dos nutrientes absorvidos. Ela absorve os nutrientes durante todo o ano, com maior intensidade nos períodos de floração, formação de novas folhas e brotos. A absorção é mais intensa nas zonas dos pelos absorventes das radículas, em pequena intensidade nas raízes principais, com crescimento secundário nas lenticelas e pelas partes aéreas por meio das folhas.

Como as demais culturas, os citros possuem requerimentos nutricionais diferenciados com o tempo, isto é, há uma variação na intensidade de absorção dos nutrientes ao longo do ano.

O conhecimento das necessidades nutricionais da planta cítrica é importante se se pretende explorá-la economicamente.

## 3.2. Nutrientes para fertirrigação

### A. Nitrogênio

Nutriente essencial como constituinte das proteínas, clorofila, aminoácidos, aminas, alcalóides e outras substâncias. Tem influência na divisão celular (multiplicação e crescimento) que resultará no desenvolvimento da planta cítrica. É também marcante sua influência sobre o crescimento, floração e produção da planta cítrica, bem como na qualidade dos frutos.

Apesar de as folhas representarem apenas cerca de 20% da massa seca total (Tabela 22), possuem quase a metade do nitrogênio total da planta cítrica.

**Tabela 22.** Conteúdo em massa seca (M.S.) e nitrogênio dos diferentes órgãos vegetativos da laranja 'Valência'.

Órgãos	% de M.S. do total	% de N do total
Folhas	19,37	41,0
Frutos	15,80	20,0
Caulos e ramos	48,98	29,0
Raízes	15,85	10,0

O efeito sobre a qualidade do fruto é menos estável. A dose, a fonte e a época de aplicação do nitrogênio têm pouco efeito sobre a qualidade do fruto. Observa-se efeito negativo sobre a espessura da casca e rendimento em suco, quando se aplica doses excessivas de N. Além disso, a casca torna-se mais verde e rugosa com doses altas e os frutos são pequenos com menor teor de sólidos solúveis e acidez.

O nitrogênio que não é absorvido pelas plantas cítricas se perde pelo arrastamento profundo (lixiviação) das águas de chuva e irrigação, que dissolvem os nitratos e nitritos principalmente, e por volatilização na forma de N livre na atmosfera. O parcelamento do nitrogênio via água de irrigação poderá minimizar estas perdas.

No estágio fenológico de floração a demanda por N começa a acentuar-se, maximizando no início da frutificação, após a queda das pétalas, e reduzindo a partir de então. Em condições de florescimento natural, o que ocorre em maior quantidade em setembro, com colheita de frutos em março, sugerem-se as seguintes épocas de aplicação do nitrogênio: setembro a outubro (10%), novembro a janeiro (60%), fevereiro a março (20%) e abril a maio (10%).

A adubação nitrogenada é sempre necessária para manter uma produção elevada. A pesquisa tem permitido concluir que uma ótima produtividade é obtida usando-se 200 kg de N/ha/ano. A necessidade individual de N do solo pelas plantas cítricas adultas está entre 600 e 800 g/planta/ano. Nas condições edafoclimáticas do Nordeste, com maior abrangência para os Tabuleiros Costeiros, as doses anuais de N podem ser recomendadas conforme a Tabela 23.

Os fertilizantes nitrogenados na forma sólida, altamente solúveis em água, não apresentam problemas para utilização via água de irrigação, inclusive no caso de gotejamento. Vários estudos feitos no Brasil não mostraram comportamento diferente das várias fontes usadas, quando adequadamente manejadas.

**Tabela 23.** Doses anuais de N (kg/ha) para citros, de acordo com a idade da planta e o espaçamento utilizado.

Espaçamento (m x m)	Período						
	Plantio	1º ano	2º ano	3º ano	4º ano	5º ano	≥ 6º ano
8 x 5 ou 7 x 6	20	30	40	50	60	80	100
7 x 4 ou 6 x 5	30	40	60	80	100	120	150
6 x 4	40	60	80	100	120	160	200

Dos fertilizantes nitrogenados, as fontes recomendadas são o sulfato de amônio, os nitratos de amônio, de cálcio, de potássio e a uréia. O sulfato de amônio tem o maior índice de acidez, o que implica em maior poder de acidificação do solo, seguido pelo nitrato de amônio e uréia, que é de reação neutra ou ligeiramente ácida. Os adubos nitrogenados à base de amônio são os de menor mobilidade, por serem retidos pelas argilas e pela matéria orgânica do solo. Devido à presença de bactérias no solo, ocorre a oxidação dos íons de amônio a nitrato pelo processo da nitrificação, que é favorecida em ambientes de valores mais altos de pH e não saturados.

A uréia é o fertilizante nitrogenado que produz menor incremento de salinidade na água de irrigação, podendo, portanto, ser utilizada em concentrações superiores às de outras fontes nitrogenadas. Ela não é fortemente retida pelas argilas e pela matéria orgânica do solo e, por apresentar alta solubilidade, sua mobilidade é maior que a dos fertilizantes amoniacais.

Os nitratos, devido à sua alta solubilidade em água e por serem retidos pelas argilas e pela matéria orgânica, constituem-se na forma de adubo nitrogenado de maior mobilidade no solo.

## ***B. Fósforo***

O fósforo (P) é um nutriente essencial, imprescindível nos mecanismos de formação, crescimento e multiplicação. É componente das nucleoproteínas, enzimas e lecitina, com papel fundamental na respiração, fotossíntese e formação de órgãos reprodutores, razão do seu conteúdo elevado nos frutos e sementes.

A aplicação de P via água de irrigação é bastante questionável em função da baixa difusão do elemento no solo, mesmo este sendo arenoso.

A maior fixação de P no solo e o maior tempo requerido para sua liberação na solução do solo limitam a sua aplicação via fertirrigação, em relação ao nitrogênio e potássio. O aumento na mobilidade devido

à saturação dos sítios de adsorção próximo ao ponto de saída da solução permite que este elemento seja aplicado via gotejamento, tanto em solo arenoso como argiloso.

Os citros necessitam de quantidades relativamente baixas de P, mas não se deve subestimar sua importância. Uma tonelada de frutos contém 200 g do nutriente, logo, uma produção de 40 t exportará apenas de 8 kg de P. Esta necessidade é coberta praticamente pelo P existente na maioria dos solos e as doses recomendadas para as principais áreas citrícolas do mundo são muito baixas, à exceção da África do Sul e parte da Flórida.

O início da época de maior floração pode ser o momento ideal de aplicação do fósforo, em dose única, não havendo necessidade de outras aplicações durante o ciclo anual.

O uso de fósforo via água de irrigação tem sido feito principalmente por meio de fosfatos (monoamônico, com 480 g de  $P_2O_5$ /kg e diamônico com 450 g de  $P_2O_5$ ) e, em menor escala, do ácido fosfórico.

Usando-se os fosfatos, deve-se cuidar para que não haja formação de precipitados nos sistemas de irrigação, principalmente quando se utilizam águas com elevados teores de Ca e Mg e pH alcalino. Os problemas de precipitação com os fosfatos podem ser evitados reduzindo-se o pH para valores entre 6,0 e 6,5, mediante a adição de ácidos nítrico, fosfórico ou sulfúrico durante a fertirrigação.

A demanda de P pela planta segue a mesma tendência apresentada para o N. A Tabela 24 sugere as dosagens anuais de fósforo ( $P_2O_5$ ) para os citros, para as condições edafoclimáticas do Nordeste, com maior abrangência para os Tabuleiros Costeiros.

**Tabela 24.** Doses anuais de  $P_2O_5$  (kg/ha) de acordo com a idade das plantas, teores de P no solo e espaçamento utilizado.

Espaçamento (m x m)	Período																	
	1º ano		2º ano		3º ano		4º ano		5º ano		≥ 6º ano							
	P (Mehlich 1), mg/dm <sup>3</sup>																	
	< 6	7-12	13-20	< 6	7-12	13-20	< 6	7-12	13-20	< 6	7-12	13-20	< 6	7-12	13-20			
3 x 5 ou 7 x 6	15	10	5	20	10	10	25	15	10	30	30	10	30	20	15	40	30	20
7 x 4 ou 6 x 5	25	15	10	30	15	15	40	25	15	45	30	15	45	30	20	30	45	20
5 x 4	30	20	10	40	20	20	50	30	20	80	40	20	60	40	30	80	60	40

Fonte: Magalhães (1997)

### **C. Potássio**

É um nutriente essencial à vida da planta cítrica, mas sem exata definição na sua fisiologia. Influencia o rendimento e a qualidade do fruto e também sua resistência aos ventos fortes, à geada e à seca. É bastante móvel dentro dos tecidos, facilitando a absorção e o transporte da água pelas plantas. É o elemento dominante no fruto.

O potássio extraído por 20 t/ha de laranja é de cerca de 50-60 kg/ha/ano. A relação média entre nutrientes N, P e K, considerando-se a média de extração destes elementos em plantas cítricas de distintos locais e diferentes níveis de colheita, é 1:0,33:1,37, o que significa ser o potássio muito importante na produção de frutos.

As exigências de potássio são observadas nos períodos de término da floração, queda e maturação dos frutos.

As doses anuais de potássio aplicadas nos pomares cítricos variam de 100-200 kg de  $K_2O$ /ha na Flórida; 300-500 kg/ha na Espanha; 380 a 600 kg/ha em Israel, 289 kg/ha no Japão, 301 kg/ha em Taiwan, 200 kg/ha na Austrália e 40 a 180 kg/ha no Brasil.

Em solo com alto poder de fixação de potássio, o efeito de sua aplicação só é observado após vários anos. Resultados surpreendentes são obtidos com adição de K em solos lixiviados pela irrigação ou que tiveram suas reservas primitivas esgotadas.

O potássio é um nutriente importante na determinação das qualidades físicas e químicas dos frutos cítricos. Vários autores afirmam não haver problema na utilização do potássio via fertirrigação, face à alta solubilidade dos sais de potássio.

As doses anuais de potássio ( $K_2O$ ) para os citros determinadas para uso via solo são apresentadas na Tabela 25, para as condições edafoclimáticas do Nordeste, com maior abrangência para os Tabuleiros Costeiros.



As fontes de potássio mais recomendadas para fertirrigação são o sulfato e o cloreto de potássio.

Os riscos de entupimento nos sistemas pressurizados são maiores quando se aplica o sulfato de potássio com água rica em bicarbonatos de Ca e Mg, resultando na formação de sulfato de cálcio (gesso).

O cloreto de potássio, apesar da solubilidade, pode apresentar problemas pela toxicidade do íon cloreto, principalmente em solos salinos ou irrigados com água salina.

A aplicação do potássio segue o mesmo esquema do nitrogênio, sendo aplicado em conjunto com o mesmo.

#### ***D. Cálcio, magnésio e enxofre***

As plantas cítricas têm em sua constituição mais cálcio que qualquer outro elemento. O cálcio encontra-se estreitamente relacionado com a atividade dos meristemas, sendo muito importante para o desenvolvimento e funcionamento das raízes.

Depois do nitrogênio, o magnésio é o nutriente que mais influencia o desenvolvimento das plantas cítricas. É fator importante na resistência da planta ao frio e sua falta pode ter consequência danosa.

O cálcio e o magnésio têm seu suprimento efetivado com a aplicação de calcários, superfosfato simples e gesso.

A principal fonte de enxofre nas condições naturais é a matéria orgânica, além do SO<sub>2</sub> do ar e S elementar dos acaricidas e das fontes nitrogenada (sulfato de amônio), fosfatada (superfosfato simples) e potássica (sulfato de potássio).

#### ***E. Micronutrientes***

Usados em pequenas quantidades, podem apresentar sintomas de deficiências se não existem no solo ou tiveram sua eficiência bloqueada pelo pH desfavorável do solo e antagonismos iônicos.

Nas fórmulas líquidas para laranja, o micronutriente mais usado é o boro (B), pois foi constatado ser sua aplicação mais eficiente via solo que foliar. São encontradas fórmulas com NPK acrescidas de 0,3% de B, pela adição de ácido bórico (170 g de B/kg). Também o cobre (Cu), manganês (Mn) e zinco (Zn), na forma de sulfatos, podem ser misturados com os outros fertilizantes e injetados na água de irrigação, a depender das necessidades da planta.

### 3.3. Esquema de fertirrigação

O esquema de fertirrigação está apresentado na Tabela 26.

**Tabela 26.** Épocas de aplicação e doses de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O para fertirrigação de citros no plantio, formação e produção.

Nutrientes	Período (dias)				
	Plantio	Set. a Out.	Nov. a Jan.	Fev. a Mar.	Abr. a Maio
	Quantidade relativa de nutrientes (%)				
N	-	10	60	20	10
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	100	-	-	-	-
K <sub>2</sub> O	-	10	60	20	10
Doses recomendadas para máxima produção esperada					
N	-	A = 10% dose anual	B = 60% dose anual	C = 20% dose anual	D = 10% dose anual
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	100	-	-	-	-
K <sub>2</sub> O	-	E = 10% dose anual	F = 6% dose anual	G = 20% dose anual	H = 10% dose anual
Doses recomendadas por fertirrigação para máxima produção esperada					
N	-	A/freq. fert.	B/freq. fert.	C/freq. fert.	D/freq. fert.
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	100	-	-	-	-
K <sub>2</sub> O	-	E/freq. fert.	F/freq. fert.	G/freq. fert.	H/freq. fert.

Nos períodos de formação (até 4º ano) e produção (a partir do 5º ano), as doses variarão de acordo com os espaçamentos utilizados, conforme as Tabelas 22, 23 e 24.

## 4. MAMÃO

*Arlene Maria Gomes Oliveira*

*Eugênio Ferreira Coelho*

*Maurício Antonio Coelho Filho*

*Luiz Francisco da Silva Souza*

A maior parte da cultura do mamão encontra-se implantada em solos de baixa fertilidade (Norte do Espírito Santo e Extremo Sul da Bahia), principalmente no que se refere aos níveis de fósforo, o que leva à utilização de altas doses de fertilizantes.

Compilando-se as tabelas de adubações recomendadas para a cultura do mamoeiro nos Estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, São Paulo e Pernambuco e considerando-se os níveis baixos dos nutrientes no solo obtém-se as seguintes faixas de recomendações, em g/planta, para os dois primeiros anos de cultivo: 180 a 400 de N, 90 a 300 de  $P_2O_5$ , 72 a 449 de  $K_2O$ . Essas variações nas doses recomendadas estão ligadas não só às diferenças edafoclimáticas, mas também às produtividades esperadas e condições de irrigação.

Em cultivos irrigados do Extremo Sul da Bahia e Norte do Espírito Santo, as produtividades relatadas pelos agricultores atingem médias de 60 t/ha/ano e 80 t/ha/ano com o plantio das variedades 'Sunrise Solo' e 'Tainung', respectivamente. Experimentalmente, produtividades superiores à estas também são obtidas. O uso da fertirrigação visa atender à demanda nutricional das culturas nos períodos corretos de exigência dos nutrientes, com menores perdas destes por processos de lixiviação, fixação e volatilização, bem como aumentar a eficiência do processo de adubação. Porém, assim como os fatores que influenciam a irrigação devem ser acompanhados, se faz necessário conhecer os parâmetros nutricionais das plantas para adequação do esquema de fertirrigação, já que as condições edafoclimáticas são variáveis para cada local e a planta é a expressão viva destas variações e de todas as interações que ocorrem com o ambiente.

#### 4.1. Exigências nutricionais

Estudos com a cultura do mamoeiro para determinar a extração de nutrientes pela parte aérea demonstraram que a planta extrai no primeiro ano de cultivo de 578 a 645 kg de nutrientes por hectare (Tabela 27), quantidades consideradas relativamente altas. A característica de colheitas intermitentes a partir do início de produção, mostra que a planta necessita de suprimentos de água e nutrientes em intervalos frequentes, de modo a permitir o fluxo contínuo de produção de flores e frutos.

Compilando informações de experimentos fertirrigados utilizando diferentes fontes de fertilizantes nitrogenados, na Tabela 27, são apresentadas as quantidades totais anuais absorvidas pela parte aérea da planta, incluindo flores e frutos. Vale ressaltar que somente entre o nono e décimo mês após o plantio é que será iniciada a colheita, de modo que no primeiro ano a planta apresenta exportação de nutrientes para os frutos em apenas três a quatro meses de colheita.

**Tabela 27.** Quantidades totais de macronutrientes e micronutrientes absorvidos (AB) pelo mamoeiro Sunrise Solo e acumulados nas flores e frutos (AC), em experimentos fertirrigados com diferentes fontes de fertilizante nitrogenado, no primeiro ano de cultivo.

Fonte Nitrogenada	MACRONUTRIENTES (kg/ha)											
	Nitrogênio (N)		Fósforo (P)		Potássio (K)		Cálcio (Ca)		Magnésio (Mg)		Enxofre (S)	
	AB	AC	AB	AC	AB	AC	AB	AC	AB	AC	AB	AC
Amídica	177	52	23	7	206	52	77	21	51	16	44	14
Nítrica	227	70	23	9	181	43	104	29	58	15	52	10
	MICRONUTRIENTES (g/ha)											
	Cobre (Cu)		Ferro (Fe)		Zinco (Zn)		Manganês (Mn)		Boro (B)			
	AB	AC	AB	AC	AB	AC	AB	AC	AB	AC		
Amídica	261	127	4664	1793	1148	557	738	309	739	273		
Nítrica	94	22	1370	464	389	145	405	59	396	97		

Fonte: adaptado de Coelho Filho et al., 2007.

As exigências nutricionais devem ser monitoradas com base no desenvolvimento da cultura e nos níveis foliares dos nutrientes. Para o mamoeiro, embora não exista consenso na literatura sobre qual tecido melhor represente o seu estado nutricional (limbo ou pecíolo), muitos órgãos de pesquisa utilizam o pecíolo para análise. A folha a ser amostrada para análise foliar é aquela que apresenta em sua axila uma flor prestes a se abrir ou recentemente aberta. A época de coleta (seca ou chuvosa) também influencia os teores dos nutrientes das folhas. A seguir será apresentada e discutida a importância de cada nutriente para o desenvolvimento do mamoeiro, visando a fertirrigação,

### **A. Nitrogênio**

O nitrogênio (N), um dos nutrientes mais exigidos pelo mamoeiro, fomenta o crescimento vegetativo, sendo de grande importância na fase de formação da planta. Na deficiência de N, as folhas maduras tornam-se amarelas precocemente, destacando-se da planta; as folhas novas apresentam-se com pecíolo mais delgado, limbo foliar menos desenvolvido e internódios curtos. Os níveis de N adequados no pecíolo da folha do mamoeiro, respectivamente nas épocas seca e chuvosa, devem estar em torno de 11,0 e 26,4 g/kg, enquanto no limbo foliar estes valores se situam em 51,5 e 53,1 g/kg. No primeiro ano, estima-se que a parte aérea da planta extraia de 177 a 227 kg de N/ha e acumule nas flores e frutos de 52 a 70 kg de N/ha.

### **B. Fósforo**

Dentre os macronutrientes, o fósforo (P) é o requerido em menor quantidade, sendo importante para o desenvolvimento radicular, além de possivelmente possibilitar a fixação dos frutos na planta. Na deficiência de fósforo observa-se um mosqueado amarelo nas margens das folhas novas, envolvendo apenas alguns lóbulos e que apresentam um enrolamento e necrose das suas extremidades. Os níveis de P adequados, respectivamente nas épocas secas e chuvosas, no pecíolo da folha do mamoeiro devem estar em torno

de 1,7 g/kg, enquanto no limbo são de 5,0 g/kg e 4,5 g/kg. Em torno de 23 kg de P/ha são absorvidos pelo mamoeiro no primeiro ano de cultivo, enquanto é estimado que se acumulem em flores e frutos de 7 a 9 kg de P (Tabela 27).

### **C. Potássio**

O potássio (K), também um dos nutrientes mais requerido pelo mamoeiro, possui importância particular após o estágio de florescimento. Proporciona frutos maiores, com teores mais elevados de açúcares e sólidos totais (melhor qualidade do fruto).

Uma das relações de importância para o mamoeiro é a  $N/K_2O$ , que afeta a qualidade do fruto. Há informações de que uma relação alta proporciona casca fina, frutos moles, sabor alterado, crescimento excessivo da planta e frutos muito distanciados. Em uma relação equilibrada, os frutos apresentam-se doces e mais consistentes. Na deficiência de potássio observa-se redução do número de folhas e frutos, menor diâmetro do tronco, folhas com pecíolo inclinado para baixo e folhas amarelo-esverdeadas, com leve necrose das margens. Os níveis de K adequados, respectivamente nas épocas seca e chuvosa, no pecíolo, devem estar em torno de 28,1 e 24,9 g/kg, enquanto no limbo esses valores são de 24,7 e 29,8 g/kg. No primeiro ano é estimado que o mamoeiro absorva em torno de 181 a 206 kg/ha de K, exportando para flores e frutos de 43 a 52 kg/ha (Tabela 27).

### **D. Cálcio, magnésio e enxofre**

Quanto aos macronutrientes cálcio (Ca) e magnésio (Mg), são normalmente supridos pela calagem, onde se recomenda elevar a saturação por bases a 70% quando esta for inferior a 60%.

O Cálcio (Ca) é o terceiro nutriente mais requerido pelo mamoeiro e promove o crescimento e multiplicação das raízes. Na deficiência de Ca observa-se uma clorose do limbo foliar, colapso do pecíolo, queda prematura de folhas e exsudação de látex, similar a deficiência de boro. Os níveis de Ca adequados, respectivamente

nas épocas seca e chuvosa, no pecíolo, devem estar em torno de 18,4 e 16,5 g/kg, enquanto no limbo situam-se entre 18,7 e 25,3 g/kg. Em torno de 77 a 104 kg de Ca/ha são absorvidos pelos órgãos aéreos do mamoeiro no primeiro ano de cultivo e de 21 a 29 kg de Ca são exportados para flores e frutos (Tabela 27).

A principal função fisiológica do magnésio (Mg) é o seu papel catalítico. É um componente indispensável da molécula de clorofila, participando portanto dos processos de fotossíntese, além de auxiliar na absorção e translocação de fósforo. Na deficiência de magnésio, as folhas velhas apresentam cor amarela intensa, enquanto as áreas próximas às nervuras permanecem verde. Em deficiência acentuada as folhas novas também apresentam sintomas e demonstram pequenas áreas cloróticas internervais, com aspecto rendado e bordos curvados para cima. Ocorre pouco desfolhamento da parte inferior da copa. Os níveis de Mg adequados no pecíolo, respectivamente nas épocas seca e chuvosa, devem estar em torno de 5,3 e 5,7 g de Mg/kg, enquanto no limbo estes teores ficam entre 12,4 e 9,2 g de Mg/kg. Em cultura de um ano, o mamoeiro absorve por volta de 51 a 58 kg de Mg/ha. Em torno de 15 a 16 kg de Mg são exportados para flores e frutos (Tabela 27).

O enxofre (S) participa da composição química da papaína (enzima proteolítica) e, em termos gerais, desempenha na planta funções que determinam aumentos na produção e qualidade do fruto. São encontradas poucas informações sobre sintomas de deficiência e influência sobre a cultura, relacionando-se folhas levemente amareladas como expressão de deficiência. Porém o íon  $\text{SO}_4^{2-}$  é importante na competição com o íon  $\text{Cl}^-$ , comumente adicionado ao solo pelo uso de adubos como cloreto de potássio. O íon  $\text{SO}_4^{2-}$  favorece a atividade de enzimas anabólicas com consequente acúmulo de carboidratos polimerizados (amido) e outros componentes nitrogenados polimerizados (proteínas). O íon  $\text{Cl}^-$  em altas concentrações reduz a clorofila, altera a relação açúcares solúveis/amido e atrasa o crescimento e floração. Os níveis de S

adequados, respectivamente na época seca e chuvosa, no pecíolo, devem estar em torno de 2,6 e 3,2 g de S/kg e no limbo 0,9 e 4,8 g de S/kg. O S é extraído em quantidades de 44 a 52 kg/ha no primeiro ano, enquanto a exportação para flores e frutos fica em torno de 10 a 14 kg de S (Tabela 27).

### ***E. Micronutrientes***

O Boro (B) é o micronutriente mais importante para o mamoeiro, pois além de ser absorvido em grandes quantidades, afeta a qualidade e produção de frutos. São citadas como causas de deficiência, a calagem ou acidez excessivas, deficiência hídrica, alta luminosidade, baixo teor de matéria orgânica e de B no solo.

Na deficiência de B os frutos apresentam-se com aspectos encarçados e mal formados, com exsudação de látex pela casca em 3 a 5 pontos bem distintos. Ocorre ainda abortamento de flores em períodos de estiagem, produção de frutos de forma alternada no tronco, folhas amareladas com pecíolos curtos e o sistema vascular pode ou não se apresentar escurecido.

Os níveis de micronutrientes nos pecíolos considerados, em mg/kg, na época seca e chuvosa, respectivamente, são: 25,2 e 23,1 de B; 51,0 e 43,3 de Fe; 41,7 e 42,9 de Mn; 15,3 e 10,5 de Zn e 2,4 e 2,9 de Cu. No limbo, esses valores ficam em 9,60 e 42,68 de B, 19,42 e 113,9 de Fe; 25,75 e 86,9 de Mn; 8,56 e 30,0 de Zn e 5,79 e 7,95 de Cu. Pode-se perceber que as faixas observadas no limbo variam bastante dependendo da época amostrada.

Em termos de extração de micronutrientes pelos órgãos aéreos do mamoeiro, os dados apresentados na Tabela 27 apresentam uma faixa variável de valores. As quantidades dos elementos no primeiro ano, em g/ha, relatadas são as seguintes: 396 a 739 de B, 94 a 261 de cobre (Cu), 1370 a 4.664 de ferro (Fe), 405 a 738 de manganês (Mn) e 389 a 1148 de zinco (Zn). A acumulação de micronutrientes em flores e frutos, em g/ha, é de 97 a 273 de B, 22 a 127 de Cu, 464 a 1.793 de Fe, 59 a 309 de Mn, 145 a 557 de Zn.

Assim, em função da fonte nitrogenada utilizada (Tabela 27), a ordem de extração de macronutrientes do mamoeiro quando adubado com a fonte amídica (uréia) foi  $K > N > Ca > Mg > S > P$ , enquanto a de micronutrientes foi de  $Fe > Zn > B \gg Mn > Cu$ . Para a fonte nítrica (nitrato de cálcio), a ordem de extração dos macronutrientes foi de  $N > K > Ca > Mg > S > P$  e a de micronutrientes de  $Fe > Mn > B > Zn > Cu$ . Essas variações estão relacionadas às diferentes mudanças de pH promovidas na solução do solo pelos fertilizantes, bem como com a interação entre os nutrientes disponibilizados pelas diferentes fontes.

No segundo ano de cultivo, o mamoeiro entra em processo de colheitas contínuas. Os estudos desenvolvidos por Cunha (1979) com mamoeiro “comum”, demonstraram que a exportação de macronutrientes, por tonelada de frutos, ficou na ordem de 2.120 g de K, 1.770 g de N, 350 g de Ca, 200 g de P, 200 g de S e 180 g de Mg. Para os micronutrientes, esses teores ficaram, por toneladas de frutos, na ordem de 3.364 mg de Fe, 1.847 mg de Mn, 1.385 mg de Zn, 989 mg de B, 300 mg de Cu e 8 mg de Mo.

## 4.2. Esquema de fertirrigação

As Tabelas 28, 29 e 30 apresentam as quantidades totais dos nutrientes necessárias para o cultivo do mamoeiro de acordo com a análise de solo e a produtividade esperada.

**Tabela 28.** Recomendação de adubação, com base na análise química de solo, do plantio aos 120 dias pós-plantio.

PLANTIO E PÓS-PLANTIO									
Fase	N	P (Mehlich), mg/dm <sup>3</sup>	K trocável, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	B água quente, mg/dm <sup>3</sup>					
		<10	10-30	>30	0-1,5	1,6-3,0	>3	0-0,2	0,2-0,6
Plantio	Orgânico	kg/ha		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha	K <sub>2</sub> O, kg/ha		B, kg/ha		
		60	60	40	20	-	-	-	-
Pós-plantio	Mineral	P (Mehlich), mg/dm <sup>3</sup>	K trocável, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	B água quente, mg/dm <sup>3</sup>					
		<10	10-30	>30	0-1,5	1,6-3,0	>3	0-0,2	0,2-0,6
Dias 30-120	kg/ha	kg/ha		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha	K <sub>2</sub> O, kg/ha		B, kg/ha		
		60	40	30	20	80	60	40	1

Fonte: Oliveira et al., 2004.

**Tabela 29.** Recomendação de adubação, com base na análise química de solo, da floração até os 360 dias pós-plantio.

FLORAÇÃO E FRUTIFICAÇÃO (5 <sup>o</sup> MÊS EM DIANTE)										
Produtividade esperada	N Mineral	P (Mehlich), mg/dm <sup>3</sup>			K trocável, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>			B água quente, mg/dm <sup>3</sup>		
		<10	10-30	>30	0-1,5	1,6-3,0	>3	0-0,2	0,2-0,6	>0,6
	kg/ha	----- P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha -----			----- K <sub>2</sub> O, kg/ha -----			----- B, kg/ha -----		
30-50	180	60	40	20	220	140	60	1	0,5	0
50-70	230	70	50	30	270	180	80	1	0,5	0
>70	280	80	60	40	320	210	100	1	0,5	0

Fonte: Oliveira et al., 2004.

**Tabela 30.** Recomendação de adubação, com base na análise química de solo, no segundo ano pós-plantio.

SEGUNDO ANO (PRODUÇÃO)										
Produtividade esperada	N Mineral kg/ha	P (Mehlich), mg/dm <sup>3</sup>		K trocável, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>		B água quente, mg/dm <sup>3</sup>		B, kg/ha		
		<10	10-30	>30	0-1,5	1,6-3,0	>3	0-0,2	0,2-0,6	>0,6
		-----P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , kg/ha		-----K <sub>2</sub> O, kg/ha						
30-50	200	130	80	40	240	160	80	2	1	0
50-70	240	150	100	50	280	190	95	2	1	0
>70	280	170	120	60	320	220	110	2	1	0

Fonte: Oliveira et al., 2004.

No plantio, misturado à terra de enchimento da cova, deve-se aplicar na forma orgânica, 15% a 20% do N recomendado, conjuntamente com 25% a 38% do total de adubo fosfatado. Deve-se dar preferência ao uso de superfosfato simples para prover a planta com enxofre.

Para as adubações com micronutrientes, recomenda-se a aplicação na cova de 50 a 100 g de FTE-BR8, que possui maiores concentrações de B, para suprir a planta com B e Zn. Via água de irrigação, pode-se aplicar 6,5 g de ácido bórico (113 g de B/kg) e 12 g de sulfato de zinco (210 g de Zn/kg), parcelados em duas aplicações no ano.

A Tabela 31 mostra a extração dos nutrientes no ciclo fenológico do mamoeiro baseada na marcha de absorção obtida para a cultura no primeiro ano de cultivo. Embora a recomendação de distribuição dos fertilizantes deva ser baseada na marcha de absorção, experimentos de validação destes resultados ainda estão sendo estudados.

**Tabela 31.** Distribuição percentual de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) no ciclo fenológico do mamoeiro.

Época	N	P	K
	-----%-----		
<b>Formação</b>			
1 <sup>o</sup> ao 4 <sup>o</sup> mês	8,3	10,3	8,6
<b>Floração e frutificação</b>			
5 <sup>o</sup> e 6 <sup>o</sup> mês	22,9	5,2	14,2
7 <sup>o</sup> e 8 <sup>o</sup> mês	37,5	35,5	34,5
<b>Produção (colheitas)</b>			
9 <sup>o</sup> e 10 <sup>o</sup> mês	15,6	35,5	25,7
11 <sup>o</sup> e 12 <sup>o</sup> mês	15,7	13,5	17,0

Adaptado de Coelho Filho et al., 2007.

Por outro lado, em experimento conduzido em solo de Tabuleiro Costeiro, sob fertirrigação por gotejamento, cujas as produtividades no primeiro ano de colheita foram acima de 70 t/ha, as doses

recomendadas de N e  $K_2O$  foram parceladas ao longo do primeiro ano, de maneira crescente, a taxas iguais a 8,88%. Dessa forma, a porcentagem das adubações mensais ficaram distribuídas da seguinte forma: 1ª mês 5%; 2ª mês 5,44%; 3ª mês 5,93%; 4ª mês 6,46%; 5ª mês 7,03%; 6ª mês 7,65%; 7ª mês 8,29%; 8ª mês 9,08%; 9ª mês 9,88%; 10ª mês 10,76%; 11ª mês 11,72% e 12ª mês 12,76%. Conjugando-se esta informação com os dados de absorção de P pelo mamoeiro (Tabela 31), é proposto um esquema para fertirrigação conforme a Tabela 32. Vale ressaltar que todo esquema de adubação na forma sólida e/ou de fertirrigação deve ser monitorado com análises químicas de solo e folhas, além de observadas as respostas da planta, de modo a se ajustar o processo às condições edafoclimáticas de cada local bem como ao retorno econômico da cultura.

No segundo ano, as quantidades totais recomendadas de nitrogênio e potássio, de acordo com análise química de solo, devem ser divididas igualmente e aplicadas semanalmente ou quinzenalmente, enquanto a quantidade de fósforo deve ser parcelada mensalmente ou de dois em dois meses. As frequências de aplicação e quantidade dos adubos no segundo ano variam dependendo do retorno econômico do cultivo.

Deve-se estar atento sempre para utilização no esquema de adubação de fontes que contenham enxofre, de modo a equilibrar as relações entre  $Cl^-$  e  $SO_4^{2-}$  e não levar a deficiências de S pelo uso exclusivo de adubos concentrados.

**Tabela 32.** Quantidades de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K<sub>2</sub>O) a serem aplicadas no primeiro ano de cultivo do mamoeiro sob fertirrigação, com base na análise de solo, considerando produtividades esperadas de 50 a 70 t/ha.

Época	Quantidade de N			Quantidade de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>			Quantidade de K <sub>2</sub> O		
	Total (290 kg/ha)	Parcelamento		Total (50-110 kg/ha)*	Total (120-350 kg/ha)*	3 dias (kg/ha)	Parcelamento		
		3 dias (kg/ha)	7 dias (kg/ha)				3 dias (kg/ha)	7 dias (kg/ha)	
(após plantio)	14,49	1,45	3,38	1,25 - 2,80	6,00 - 17,49	0,60 - 1,75	1,40 - 4,08		
1º mês	15,78	1,58	3,68	1,25 - 2,80	6,53 - 19,05	0,65 - 1,90	1,52 - 4,44		
2º mês	17,19	1,72	4,01	1,25 - 2,80	7,11 - 20,74	0,71 - 2,07	1,66 - 4,84		
3º mês	18,71	1,87	4,37	1,25 - 2,80	7,74 - 22,58	0,77 - 2,26	1,81 - 5,27		
4º mês	20,38	2,04	4,75	5,10 - 11,18	8,43 - 24,59	0,84 - 2,46	1,97 - 5,74		
5º mês	22,19	2,22	5,18	5,10 - 11,18	9,18 - 26,78	0,92 - 2,68	2,14 - 6,25		
6º mês	24,16	2,42	5,64	5,10 - 11,18	10,00 - 29,16	1,00 - 2,92	2,33 - 6,80		
7º mês	26,31	2,63	6,14	5,10 - 11,18	10,89 - 31,75	1,09 - 3,18	2,54 - 7,41		
8º mês	28,65	2,86	6,68	6,15 - 13,52	11,85 - 34,57	1,19 - 3,46	2,77 - 8,07		
9º mês	31,19	3,12	7,28	6,15 - 13,52	12,91 - 37,65	1,29 - 3,76	3,01 - 8,78		
10º mês	33,97	3,40	7,93	6,15 - 13,52	14,06 - 40,99	1,41 - 4,10	3,28 - 9,57		
11º mês	36,99	3,70	8,63	6,15 - 13,52	15,30 - 44,64	1,53 - 4,46	3,57 - 10,42		
12º mês									

\*faixas de recomendação de adubação de cobertura baseadas nas tabelas 28 e 29, nos níveis baixos e alto de P e K.

## 5. MANGA

*Davi José Silva  
Ana Lúcia Borges*

A mangueira é uma planta cultivada em todo o mundo, em diversas condições de solo e de clima. Muitas vezes, o desconhecimento do solo e, principalmente, da exigência nutricional da planta, leva à prática de adubação inadequada, que afetará significativamente o desenvolvimento e a produtividade da cultura.

Os solos mais indicados para o melhor desenvolvimento da mangueira são os areno-argilosos, ricos em matéria orgânica, profundos (> 2 m), planos, bem drenados e sem problemas de salinidade. Solos sujeitos a encharcamento não são recomendados, pois podem favorecer o aparecimento de podridão das raízes. O lençol freático deve estar abaixo de 3 m de profundidade.

### 5.1. Exigências nutricionais

Para se estabelecer as necessidades nutricionais de uma planta é necessário o conhecimento de sua composição mineral. Nos frutos encontra-se a maior proporção dos nutrientes necessários à planta, estimando-se sua participação em um terço ou mais do requerimento total.

Os macronutrientes encontrados em maior concentração nos frutos da mangueira são o potássio (60 g/kg) e o nitrogênio (57 g/kg), seguidos, em ordem decrescente, pelo cálcio (51 g/kg), magnésio (28 g/kg) e fósforo (7,7 g/kg) (Tabela 33). Entre os micronutrientes, o ferro é o que apresenta maiores níveis, seguido pelo manganês, cobre, zinco e boro.

Considerando a exportação de nutrientes pelos frutos (casca, polpa e semente), o nitrogênio (N) e o potássio (K) foram os mais encontrados; em média, são exportados 1,23 kg de N, 0,15 kg de P, 1,57 kg de K, 0,28 kg de Ca, 0,20 kg de Mg, 0,15 kg de S, 1,22 g de B, 3,53 g de Cu, 4,19 g de Fe, 2,71 g de Mn e 3,27 g de Zn por tonelada de frutos (Tabela 34). Assim os nutrientes exportados pelos frutos seguem a seguinte ordem decrescente: K > N > Ca > Mg > P = S > Fe > Cu > Zn > Mn > B.

**Tabela 33.** Concentração de macro e micronutrientes em frutos de mangueira.

Variedade	Macronutrientes					Micronutrientes				
	N	P	K	Ca	Mg	Mn	B	Zn	Cu	Fe
	g/kg					mg/kg				
Glenn	41	11,0	54	53	19	46	7	19	30	84
Tommy Atkins	77	18,5	55	48	42	55	14	20	31	39
Irwin	40	14,8	64	74	28	54	7	18	24	56
Harris Sdg	46	5,2	53	43	28	35	8	22	27	82
Smith	71	8,3	64	56	20	55	10	28	28	110
Haden	33	6,7	71	45	20	91	8	22	33	39
Zill	65	5,1	42	44	26	15	9	21	37	95
Carrie	63	5,9	56	55	28	56	10	21	19	51
Manga crioula	103	7,4	95	43	41	48	8	23	23	45
Edward	66	3,1	46	61	39	67	9	22	26	56
Kent	66	4,0	55	38	36	15	20	22	19	51
Springfelds	51	4,0	71	59	26	93	7	19	23	31
Ford	44	4,2	54	47	25	63	7	16	18	29
Bocado	41	9,7	63	48	20	26	7	18	20	37
<b>Média</b>	<b>57</b>	<b>7,7</b>	<b>60</b>	<b>51</b>	<b>28</b>	<b>51,4</b>	<b>9,4</b>	<b>20,8</b>	<b>25,6</b>	<b>57,5</b>

Fonte: Laborem et al. (1979), revisado por Avilán (1983).

**Tabela 34.** Quantidades médias de nutrientes exportadas pelos frutos frescos de diferentes variedades de manga.

Nutriente	VARIEDADE							Média
	Haden	Tommy Atkins	Extrema	Manila	Sensation	Carlota		
	----- kg/t frutos -----							
<b>N</b>	1,18	1,09	1,18	1,24	-	1,45	1,23	
<b>P</b>	0,09	0,12	0,17	0,15	0,18	0,18	0,15	
<b>K</b>	1,20	0,91	1,84	1,89	1,31	2,27	1,57	
<b>Ca</b>	0,20	0,25	0,15	0,24	0,60	0,25	0,28	
<b>Mg</b>	0,20	0,24	0,17	0,17	0,31	0,13	0,20	
<b>S</b>	0,10	0,12	0,19	-	-	0,19	0,15	
	----- g/t frutos -----							
<b>B</b>	1,40	1,80	0,90	-	-	0,80	1,22	
<b>Cu</b>	4,80	9,00	0,90	1,43	-	1,50	3,53	
<b>Fe</b>	6,10	2,20	3,90	5,36	-	3,40	4,19	
<b>Mn</b>	2,30	2,80	3,80	0,36	-	4,30	2,71	
<b>Zn</b>	5,80	5,40	1,50	2,14	-	1,50	3,27	
<b>Peso médio fruto (g)</b>	420-540	460-600	320-400	280	350	180-250	-	
<b>Fonte</b>	Haag et al. (1990)	Haag et al. (1990)	Hiroce et al. (1978)	Guzmán Estrada et al. (1996)	Vuuren & Stassen (1996)	Hiroce et al. (1978)	-	
	adaptado por Quaggio (1996)	adaptado por Quaggio (1996)						
<b>Idade cultura (anos)</b>	9	9	-	31	2	-	-	

A aplicação de fertilizantes em plantas perenes é realizada, normalmente, com o objetivo de repor os nutrientes removidos pela colheita. Entretanto, devem-se considerar as quantidades de nutrientes imobilizadas na planta como um todo. Isto torna-se particularmente importante quando se realizam podas, o que equivale a dizer que os nutrientes estão sendo removidos tanto pelas podas, quanto pela colheita dos frutos.

A concentração de nutrientes em diferentes partes da planta de mangueiras 'Sensation' é apresentada na tabela 35. Observa-se que as concentrações mais altas de nitrogênio estão nas folhas, de fósforo e potássio na casca, de cálcio nas folhas e na casca e de magnésio nas folhas novas, nas raízes e na casca.

**Tabela 35.** Concentração média de macronutrientes em diferentes partes de mangueiras 'Sensation', na época de colheita.

Parte da Planta	N	P	K	Ca	Mg
	g/kg				
<b>Raízes</b>	4,90	1,20	5,60	4,30	1,90
<b>Casca</b>	4,80	2,50	15,20	13,50	11,80
<b>Tronco</b>	3,40	1,00	4,90	2,10	1,10
<b>Brotações Novas</b>	6,40	1,70	13,80	8,70	1,00
<b>Folhas Maduras</b>	13,70	1,10	8,50	16,40	1,50
<b>Folhas Jovens</b>	14,70	1,70	11,30	7,60	2,00
<b>Folhas Senescentes</b>	8,50	0,70	4,90	16,50	1,40
<b>Frutos Frescos</b>	4,80	0,60	11,30	1,00	0,90
<b>Caroço</b>	8,60	1,70	7,60	0,80	1,30

Fonte: Stassen et al. (2000).

Ao avaliar a contribuição de cada parte em mangueiras da variedade Sensation com 2, 6 e 18 anos de idade no acúmulo total de nutrientes, observou-se que 40% do nitrogênio total da planta vão para as folhas e 13% para as raízes (Tabela 36). A concentração de nitrogênio no caule e nas brotações novas aumenta com a idade da planta, enquanto a verificada nos frutos diminui. O fósforo seria mais uniformemente distribuído entre as diferentes partes, com

**Tabela 36.** Distribuição percentual dos macronutrientes em mangueiras 'Sensation', com 2, 6 e 18 anos de idade, na época de colheita.

Nutriente	Idade da Planta anos	----- % -----					Frutos
		Raízes	Casca	Caule	Brotações Novas	Folhas	
<b>Nitrogênio</b>	2	13,6	6,4	6,0	4,3	45,7	24,0
	6	8,1	3,8	14,8	8,8	51,0	13,5
	18	11,9	5,9	21,1	13,3	34,3	13,5
<b>Fósforo</b>	2	27,4	19,3	16,7	8,1	14,4	14,1
	6	17,9	9,3	11,7	16,6	29,6	14,9
	18	15,8	5,0	15,0	28,2	18,4	17,6
<b>Potássio</b>	2	18,0	17,2	8,8	6,1	19,1	30,8
	6	9,3	13,5	7,5	17,9	31,8	20,0
	18	10,3	13,8	12,9	24,2	18,4	20,4
<b>Cálcio</b>	2	11,0	16,0	3,4	12,4	43,6	13,6
	6	8,4	14,4	4,0	20,3	50,4	2,5
	18	21,0	14,2	5,3	16,5	40,6	2,4
<b>Magnésio</b>	2	22,5	10,4	10,6	5,2	20,0	31,3
	6	20,9	9,8	8,0	9,9	37,4	14,0
	18	30,2	10,5	11,5	9,5	26,6	11,7

Fonte: Stassen et al. (2000).

15 a 20% em cada uma delas. Entretanto, ocorre uma redução na concentração desse nutriente na casca e um aumento nas brotações novas com o aumento da idade da planta. Tanto as folhas quanto os frutos apresentam 20% do conteúdo de potássio da planta. Assim como o nitrogênio, as maiores quantidades acumuladas de cálcio estão nas folhas (40%). Nos frutos, a concentração de cálcio diminui com o aumento da idade da planta. O acúmulo de magnésio ocorre principalmente nas folhas e nas raízes, enquanto que a sua concentração nos frutos também diminui com o aumento da idade da planta.

A partir dos dados obtidos na Austrália e na África do Sul estimou-se a proporção dos nutrientes perdidos em mangueiras das variedades Kensington e Sensation, respectivamente (Tabela 37). As quantidades totais removidas são diferentes entre as duas variedades e as diferentes idades da 'Sensation'. Os nutrientes removidos em maiores quantidades da 'Kensington' foram cálcio e potássio, enquanto da 'Sensation' foram potássio, nitrogênio e cálcio. Comparando-se os nutrientes removidos da variedade Sensation com 6 e 18 anos, constata-se que as quantidades removidas de potássio aumentam com a elevação da produção e a idade da planta, embora possam existir diferenças entre variedades.

Quanto à marcha de absorção de nutrientes, estudos com N, P, K e Ca mostraram que, nos períodos anteriores à floração, os teores de N, P e K foram máximos, havendo redução em seguida. Os valores mais baixos foram encontrados na fase de formação dos frutos. O inverso ocorreu com o cálcio. No entanto, maior absorção de P foi observada no início da formação de frutos. Assim, os períodos de floração e início de formação dos frutos são mais críticos dentro do ciclo de produção. Pode-se considerar duas fases distintas, uma de acúmulo de nutrientes, iniciada após a colheita até o início da floração e outra de diminuição dos níveis, durante a formação dos frutos. Nesta fase, a maior absorção ocorre 52 dias após o aparecimento dos frutos.

**Tabela 37.** Nutrientes removidos de mangueiras das variedades Kensington e Sensation com diferentes idades.

Nutriente	'Kensington' 8 anos <sup>1</sup>	Proporção <sup>2</sup>	'Sensation' 6 anos <sup>3</sup>	Proporção <sup>2</sup>	'Sensation' 18 anos <sup>3</sup>	Proporção <sup>2</sup>
	-- g/planta --		- g/planta -		- g/planta -	
<b>N</b>	525	5,2	250,4	7,5	842,7	7,5
<b>P</b>	128	1,3	36,4	1,1	120,8	1,1
<b>K</b>	678	6,8	318,6	9,6	1146,2	10,2
<b>Ca</b>	688	6,9	172,4	5,2	719,5	6,4
<b>Mg</b>	100	1,0	33,2	1,0	112,9	1,0

<sup>1</sup>Nutrientes removidos por 10 kg de matéria seca (MS) das folhas, 20 kg de MS de galhos e ramos e 30 kg de MS de frutos; <sup>2</sup>Em relação ao nutriente extraído em menor quantidade; <sup>3</sup>Inclui as quantidades de nutrientes fixadas anualmente por brotações novas, folhas e partes permanentes e removidas pela produção de frutos, mas não inclui as perdas ocasionadas por folhas caídas.

Fonte: adaptado de Catchpole & Bally (1995); Stassen et al. (1997).

## 5.2. Nutrientes para fertirrigação

### A. Nitrogênio

O nitrogênio (N) é importante no desenvolvimento vegetativo, na produção de gemas florais, na diminuição da alternância de produção e no aumento da produção de frutos. Seus efeitos se manifestam principalmente na fase vegetativa da planta e considerando-se a relação existente entre surtos vegetativos/emissão de gemas florais/frutificação, sua deficiência poderá afetar negativamente a produção. Mangueiras adequadamente nutridas com nitrogênio poderão emitir regularmente brotações que, ao atingirem a maturidade, resultariam em panículas responsáveis pela frutificação.

Nitrogênio em excesso pode aumentar a susceptibilidade a desordens fisiológicas, tais como colapso interno, e a doenças de pós-colheita. Altos teores de nitrogênio podem, ainda, deixar os frutos de coloração verde, ou manchados de verde, o que diminui o seu valor de mercado.

É o nutriente mais aplicado via água de irrigação, pois apresenta alta mobilidade no solo, principalmente na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ).

A escolha do fertilizante nitrogenado deve ser realizada em função de características técnicas e econômicas. Do ponto de vista técnico, deve-se considerar a relação  $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$  que será obtida na solução do solo, o efeito no pH do solo e o íon acompanhante. Consideradas as características técnicas, deve ser observado o custo do fertilizante.

O balanço nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) x amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) pode ter importância na absorção de outros íons. Na fase final do ciclo, por exemplo, a absorção de fonte amoniacal diminui a absorção de cálcio, o que afeta a qualidade dos frutos.

Uma vez que a demanda por nutrientes não é constante durante todo o ciclo de desenvolvimento da planta, numa determinada fase pode-se ter maior demanda por outro nutriente (Ca, P ou K), o que irá definir o íon acompanhante do fertilizante nitrogenado.

Com relação às quantidades de nitrogênio aplicadas, deve-se observar a necessidade da mangueira em cada fase de desenvolvimento. O nitrogênio será aplicado durante toda a fase de crescimento (Tabela 38), devendo-se reduzir as quantidades ou suspender a aplicação no período próximo à indução floral. Por meio da fertirrigação, parcela-se o nitrogênio de acordo com a textura do solo, reduzindo as perdas do nutriente, principalmente em solos arenosos. Nos solos argilosos, a fertirrigação com nitrogênio pode ser realizada uma vez por semana, enquanto nos solos arenosos, como as Areias Quartzosas (Neossolos Quartzarênicos), deverá ser realizada de três a cinco vezes por semana.

Na fase de produção as quantidades de nitrogênio a serem aplicadas são definidas em função do teor de N nas folhas e da produtividade esperada (Tabela 39). Os períodos de maior demanda são a pós-colheita e o período que vai do pegamento dos frutos até os mesmos atingirem 5 cm de diâmetro. O N deve ser igualmente parcelado nestas duas fases (50% em cada fase), observando-se sempre a textura do solo na frequência da fertirrigação.

**Tabela 38.** Quantidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O indicadas para a adubação de plantio e de crescimento da mangueira.

Adubação	N		P (Mehlich-1), mg dm <sup>-3</sup>		K, cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>				
	g/cova	<10	10 - 20	21 - 40	> 40	<0,16	0,16 - 0,30	0,31 - 0,45	>0,45
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , g/cova		K <sub>2</sub> O, g/cova					
Plantio	-	250	150	120	80	-	-	-	-
0-12 meses	150	-	-	-	-	80	60	40	20
13-24 meses	210	160	120	80	40	120	100	80	60
25-30 meses	150 <sup>2</sup>	-	-	-	-	80	60	40	20

**Tabela 39.** Quantidades de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O indicadas para a adubação de produção de mangueira, em função da produtividade das plantas e da disponibilidade de nutrientes.

Produtividade esperada t/ha	N nas folhas, g/kg		P no solo, mg/dm <sup>3</sup>			K no solo, cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>						
	<12	12-14	14-16	>16	<10	10-20	21-40	>40	<0,16	0,16-0,30	0,31-0,45	>0,45
	kg de N/ha		kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha			kg de K <sub>2</sub> O/ha						
< 10	30	20	10	0	20	15	8	0	30	20	10	0
10-15	45	30	15	0	30	20	10	0	50	30	15	0
15-20	60	40	20	0	45	30	15	0	80	40	20	0
20-30	75	50	25	0	65	45	20	0	120	60	30	0
30-40	90	60	30	0	85	60	30	0	160	80	45	0
40-50	105	70	35	0	110	75	40	0	200	120	60	0
> 50	120	80	40	0	150	100	50	0	250	150	75	0

## **B. Fósforo**

O fósforo (P) é um nutriente exigido em pequenas quantidades pela mangueira, principalmente na fase de produção; no entanto, tem função estrutural na planta, fazendo parte de compostos essenciais como fosfolípidios e ácidos nucleicos. Estimula o desenvolvimento do sistema radicular.

Diferentemente do nitrogênio, o fósforo (P) é um nutriente pouco utilizado em fertirrigação. Embora existam fontes solúveis de fósforo para serem aplicadas via água de irrigação como, MAP purificado, ácido fosfórico, MKP e fosfato de uréia, algumas apresentam custo elevado. Os demais fertilizantes não são solúveis em água, causando riscos de entupimento dos emissores. Contudo, fertilizantes como superfosfato simples e superfosfato triplo, embora não possam ser aplicados por fertirrigação, são altamente desejáveis, devido a presença de cálcio como íon acompanhante, principalmente para mangueiras cultivadas em solos arenosos e de baixa CTC.

O fósforo pode ser aplicado por fertirrigação durante a fase de crescimento da mangueira, devendo-se observar o pH e a presença de cálcio na água de irrigação, a textura do solo e a compatibilidade com outros nutrientes. As quantidades a serem aplicadas são definidas em função da análise química do solo realizada antes do plantio (Tabela 38).

Durante a fase de produção, além dos cuidados citados anteriormente, deve-se parcelar a adubação fosfatada nas fases de florescimento (40%) e pós-colheita (60%). Nesta fase deve-se dar preferência ao MAP, ao DAP ou, ainda, ao fosfato de uréia, enquanto na fase de florescimento pode-se utilizar o MKP ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) caso as condições não sejam adequadas à aplicação de ácido fosfórico. Recomenda-se considerar o custo de alguns desses fertilizantes, o que pode restringir a sua utilização. As quantidades de fósforo a serem aplicadas são definidas em função do teor do nutriente no solo e da produtividade esperada (Tabela 39).

### **C. Potássio**

O potássio (K), apesar de não fazer parte de compostos estruturais da planta, é importante nos processos fotossintéticos, respiração e translocação da seiva. É um nutriente importante no estágio de frutificação da mangueira. Ele está estreitamente relacionado com a qualidade dos frutos, em particular cor da casca, aroma e tamanho.

A aplicação de K via água de irrigação, juntamente com o nitrogênio, é viável, uma vez que os fertilizantes potássicos são solúveis. No parcelamento desse nutriente é importante considerar o seu potencial de perdas por lixiviação e a curva de absorção pela mangueira. Sabe-se que as perdas de K por lixiviação variam com a textura do solo, sendo maiores em solos arenosos e quando as doses aplicadas são muito elevadas.

Na fase de crescimento as aplicações de potássio devem ser realizadas da mesma forma que as de nitrogênio, ou seja, durante toda a fase de crescimento. A frequência de fertirrigação deverá ser definida da mesma forma, ou seja, pela textura do solo. As quantidades a serem aplicadas devem ser estabelecidas pela análise química do solo (Tabela 38).

Na fase de produção as quantidades de potássio a serem aplicadas são definidas em função do teor do nutriente no solo e da produtividade esperada (Tabela 39). O potássio pode ser aplicado durante todo o período, devendo-se aplicar 25 a 35% após a colheita e concentrar as demais aplicações do pegamento dos frutos até que os mesmos atinjam 5 cm de diâmetro.

As fontes mais comuns de K são cloreto, nitrato e sulfato de potássio. Dentre estas, o cloreto é a fonte mais utilizada, por ser a mais barata por unidade de  $K_2O$ .

#### **D. Cálcio, magnésio e enxofre**

Os macronutrientes cálcio (Ca) e magnésio (Mg) são normalmente supridos pela calagem. Contudo, o Ca poderá ficar em desequilíbrio quando houver excesso de N, o que poderá levar ao colapso interno dos frutos das variedades monoembrionicas e melhoradas como Tommy Atkins, Kent e Keitt.

O Ca tem função estrutural na planta, sendo constituinte de pectatos das membranas e paredes celulares da planta. Promove maior resistência às membranas e paredes celulares, tornando os frutos firmes, com melhor aparência, resistentes ao manuseio e ao transporte. Os períodos críticos para a absorção de cálcio são durante o fluxo pós-colheita e o desenvolvimento inicial dos frutos.

O magnésio (Mg) é integrante da molécula de clorofila e ativador de enzimas. É essencial para a absorção de P; no entanto, altas concentrações de K inibem sua absorção. Normalmente se utiliza o sulfato como fonte de magnésio, dada a sua boa solubilidade. O nitrato de magnésio e as formas quelatizadas de Mg, apesar de terem um custo mais elevado, são outras alternativas.

Recomenda-se atentar para que as concentrações de Ca, Mg e K no solo estejam equilibradas. O excesso de K pode causar desequilíbrio nos níveis de Ca e Mg. A aplicação de grandes quantidades de cálcio também pode reduzir a absorção de magnésio e potássio, reduzindo a qualidade dos frutos.

O enxofre (S) é componente de aminoácidos e vitaminas sulfuradas. O suprimento de S pela fertirrigação não apresenta problemas, pois o íon  $\text{SO}_4^{2-}$  é móvel no solo e está presente em fertilizantes com alta solubilidade, como o sulfato de amônio (240 g de S/kg). Outras fontes como sulfato de potássio e de magnésio também são utilizadas. Porém, deve-se tomar cuidado com a incompatibilidade do sulfato com o cálcio.

### **E. Micronutrientes**

O ferro (Fe) e o cobre (Cu) são os micronutrientes exportados em maiores quantidades pelos frutos. Contudo, o boro (B) e o zinco (Zn) são os que apresentam maiores problemas no campo.

No caso do boro, em função da facilidade de lixiviação que esse nutriente apresenta, o parcelamento é a prática mais recomendada.

As quantidades de zinco situam-se em torno de 50 g de sulfato de zinco por planta ou uma quantidade equivalente a 10 g de zinco por planta, na forma de quelato. A dose de boro deve ser de 10 a 20 g de ácido bórico por planta ou uma quantidade equivalente a esta na forma de quelato. Estes produtos devem ser aplicados após a colheita. Se a análise foliar ainda detectar deficiência desses nutrientes, a adubação complementar deverá ser realizada por via foliar.

### **5.3. Esquema de fertirrigação**

O nitrogênio (N), fósforo ( $P_2O_5$ ) e potássio ( $K_2O$ ) são distribuídos nas fases de crescimento e de produção, conforme suas exigências. Assim, recomenda-se para a mangueira, sob irrigação, conforme a análise química do solo e a distribuição dos nutrientes, o esquema de adubação seguinte:

**Plantio:** 60 a 150 g de  $P_2O_5$ , dependendo do teor de P no solo e 20 a 100 g de  $K_2O$ , dependendo do teor de K no solo (Tabela 38), ambos aplicados na cova de plantio. As necessidades de Ca, Mg e micronutrientes também deverão ser estabelecidas de acordo com os resultados da análise de solo.

**Crescimento:** (2 a 30 meses) Nessa fase os nutrientes serão aplicados via fertirrigação. Será utilizado, para efeito de cálculo, um resultado de análise de solo que apresentou textura média e os seguintes teores de P e K:, respectivamente, de 10 mg/dm<sup>3</sup> e 0,52 cmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>. Assim, as quantidades de nutrientes a serem aplicadas por planta são, 500 g de N, 160 g de  $P_2O_5$  e 20 a 60 g de  $K_2O$ , de acordo

com a fase de crescimento (Tabela 38). O cálculo da distribuição dos nutrientes via fertirrigação é apresentado na Tabela 40.

**Produção:** as quantidades são calculadas da mesma forma que na fase de crescimento, considerando-se os teores no solo, a concentração foliar de N e a produtividade esperada. As quantidades recomendadas estão expressas nas Tabelas 39 e 41.



**Tabela 41.** Quantidade de nitrogênio (N), fósforo ( $P_{2}O_{5}$ ) e potássio ( $K_{2}O$ ) a serem aplicadas, via água de irrigação, durante a fase de produção da cultura da manga, sob fertirrigação<sup>1</sup>.

Épocas	N		$P_{2}O_{5}$		$K_{2}O$	
	Total	Aplicação a cada 7 dias <sup>1</sup>	Total	Aplicação a cada 7 dias <sup>2</sup>	Total	Aplicação a cada 7 dias
Florescimento (30 dias)	0	0	0 a 60	0 a 15,0	0	0
Pegamento dos frutos até frutos de 5cm (30 dias)	0 a 60	0 a 15	0	0	0 a 175	0 a 43,75
Pós-colheita (30 dias)	0 a 60	0 a 15	0 a 90	0 a 22,5	0 a 75	0 a 18,75

<sup>1</sup>As quantidades recomendadas variam com os teores na folha (N) e no solo (P e K) e com a produtividade esperada (Tabela 39).

## 6. MARACUJÁ

Ana Lúcia Borges  
Valdemício Ferreira de Sousa

A baixa produtividade média do maracujazeiro no Brasil de 13,9 t/ha, com variação de 3,5 t/ha a 24,8 t/ha está relacionada a vários fatores, entre eles a prática inadequada da adubação e irrigação.

Geralmente, as quantidades aplicadas de fertilizantes não atendem às necessidades nutricionais da planta. O desconhecimento do solo cultivado, da exigência nutricional da planta e do manejo adequado da adubação afeta o crescimento e a produção do maracujazeiro.

A aplicação de fertilizantes via água de irrigação proporciona o uso mais racional dos fertilizantes na agricultura irrigada, uma vez que aumenta a eficiência dos mesmos, reduz a mão-de-obra e o custo de energia do sistema de irrigação. Além disso, permite flexibilizar a época de aplicação dos nutrientes, que podem ser fracionados conforme a necessidade da planta nos seus diversos estádios de desenvolvimento. O método de irrigação localizado é o mais apropriado para fertirrigação, pois permite a aplicação dos fertilizantes diretamente na zona de maior concentração de raízes, onde o sistema radicular é mais ativo.

### 6.1. Exigências nutricionais

O maracujá-azedo (*Passiflora edulis* Sims) possui ciclos alternados de vegetação e de produção, sendo mais intenso no início da primavera, estendendo-se até o final do outono. Esse comportamento requer o pomar em ótimo estado nutricional em todas as fases do processo produtivo, pois desde o início da frutificação há grande demanda por energia na planta e forte drenagem de nutrientes das folhas para os frutos em desenvolvimento. Assim, a

intensidade vegetativa da planta é reduzida, necessitando de um esquema de adubação que permita a manutenção da cultura em estado nutricional adequado.

A quantidade total de nutrientes removida pela planta inteira, incluindo os frutos, aos 370 dias de idade, com 1.500 plantas/ha, é apresentada na tabela 42. Dos macronutrientes, o nitrogênio (N), potássio (K) e cálcio (Ca) são os absorvidos em maiores quantidades pelo maracujazeiro, seguidos pelo enxofre (S), fósforo (P) e magnésio (Mg). Dos micronutrientes, o manganês (Mn) e o ferro (Fe) são os absorvidos em maiores quantidades, seguidos do zinco (Zn), boro (B) e cobre (Cu).

**Tabela 42.** Quantidades de nutrientes absorvidas por toda a planta (AB) e exportada pelos frutos (EX) do maracujazeiro amarelo, aos 370 dias de idade, com 1.500 plantas/ha.

Macronutrientes	Quantidade (kg/ha)		Micronutrientes	Quantidade (g/ha)	
	AB	EX		AB	EX
<b>Nitrogênio</b>	205	44,55	<b>Manganês</b>	2.810	180,15
<b>Potássio</b>	184	73,80	<b>Ferro</b>	779	88,05
<b>Cálcio</b>	152	6,75	<b>Zinco</b>	317	108,15
<b>Enxofre</b>	25	4,05	<b>Boro</b>	296	37,80
<b>Fósforo</b>	17	6,90	<b>Cobre</b>	199	64,05
<b>Magnésio</b>	14	4,05			

Fonte: Haag et al. (1973).

Considerandose que somente os frutos são retirados do campo, o K é o nutriente mais exportado, seguido do N; no entanto, são pequenas as quantidades de P, Ca, Mg e S exportadas pelos frutos. Apesar de grande quantidade de Ca na planta, somente 4,5% são exportadas pelos frutos; por outro lado, 40% do P e K absorvidos são exportados (Tabela 42).

No que se refere aos micronutrientes, o Mn foi o mais absorvido, mas percentualmente o Zn, seguido do cobre Cu, foram os mais

exportados. Apesar da maior quantidade de Mn encontrada nos frutos, somente 6,4% são exportados; contudo, 34% do Zn, 32% do Cu, 13% do B e 11% do Fe são acumulados nos frutos (Tabela 42).

O maracujazeiro apresenta exigências nutricionais até os 262 dias após o plantio. As quantidades absorvidas de N, K e Ca são pequenas até os 190 dias de idade, em razão da baixa produção de matéria seca, aumentando posteriormente. Para os demais nutrientes, inclusive os micronutrientes, principalmente Mn e Fe, e também para N, K e Ca, a absorção aumenta consideravelmente a partir do 250º dia, após o aparecimento dos frutos (8º e 9º mês), quando o crescimento da planta se torna exponencial.

## **6.2. Nutrientes para fertirrigação**

### **A. Nitrogênio**

O nitrogênio (N) é fundamental no crescimento, na formação vegetativa da planta e na produção, pois estimula o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas, aumentando também o teor de proteínas. A maior absorção de N pelo maracujazeiro ocorre após o aparecimento dos frutos, em torno de oito a nove meses após o plantio. Após o décimo primeiro mês, a absorção de N é estabilizada.

É o nutriente mais aplicado via água de irrigação, pois apresenta alta mobilidade no solo, principalmente na forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ), favorecendo as perdas por lixiviação. Na fertirrigação parcela-se o N de acordo com a demanda do maracujazeiro, como também para reduzir as perdas do nutriente, principalmente em solos arenosos.

As quantidades de N recomendadas para a cultura no mundo são muito variáveis, com amplitude de 20 a 733 kg/ha no plantio e no primeiro ano de implantação da cultura, 40 a 733 kg/ha no segundo ano e 50 a 733 kg/ha no terceiro ano. No Brasil, as recomendações variam de 40 a 200 kg de N/ha. Maior produtividade e quantidade

de sólidos solúveis totais, bem como menor acidez do suco foram obtidas com aplicação de 300 kg de N/ha/ano (375 g/planta/ano), em solo de tabuleiro do Estado da Bahia. No Estado do Rio de Janeiro, máxima produtividade foi obtida com a aplicação de 483 kg/ha/ano (290 g de N/planta/ano).

Sendo o nitrogênio um nutriente móvel no solo, recomenda-se a sua aplicação com maior frequência, em intervalos entre três e sete dias, ressalvando-se que, em solos arenosos, a frequência de aplicação deve estar em torno de três dias. A quantidade recomendada deve ser distribuída no ciclo da planta, de acordo com os percentuais apresentados na tabela 43. O período compreendido entre os quatro primeiros meses corresponde à fase de formação do maracujazeiro e, a partir dele, a planta inicia sua fase de produção (primeiro ano). Para os ciclos seguintes, segundo e terceiro anos, podem-se adotar a mesma distribuição recomendada para o período de produção do primeiro ano.

**Tabela 43.** Distribuição percentual para aplicação de nitrogênio (N) e potássio ( $K_2O$ ) no ciclo fenológico do maracujazeiro amarelo.

Época	N	%	$K_2O$
<u>Formação</u>			
1 <sup>o</sup> e 2 <sup>o</sup> mês	5,5		3,5
3 <sup>o</sup> e 4 <sup>o</sup> mês	7,5		6,5
<u>Produção</u>			
5 <sup>o</sup> e 6 <sup>o</sup> mês	9,5		8,5
7 <sup>o</sup> e 8 <sup>o</sup> mês	12,0		10,5
9 <sup>o</sup> e 10 <sup>o</sup> mês	23,0		25,5
11 <sup>o</sup> e 12 <sup>o</sup> mês	42,5		45,5

Os fertilizantes nitrogenados sólidos são apresentados em quatro formas: amoniacal (sulfato de amônio), nítrica (nitrato de cálcio), nítrico-amoniacal (nitrato de amônio) e amídica (uréia), sendo solúveis em água e adequados para fertirrigação, inclusive por

gotejamento. De modo geral, as fontes nitrogenadas têm apresentado comportamento similar, podendo diferir em razão da presença de outro nutriente ou pelo efeito sobre o pH do solo.

## **B. Fósforo**

O fósforo (P) é responsável pelos processos de armazenamento e transferência de energia. Diferentemente do nitrogênio, o P é menos utilizado em fertirrigação, devido à sua baixa difusão no solo. A adubação fosfatada apresenta efeito residual de longa duração, pois esse nutriente não se move a longas distâncias de onde é colocado e a lixiviação no perfil do solo é pequena, até mesmo em solos mais arenosos.

As quantidades de P recomendadas para a cultura do maracujá nas regiões produtoras do mundo variam de 20 a 400 kg de  $P_2O_5$ /ha no plantio e primeiro ano de implantação, 20 a 367kg/ha no segundo ano e 30 a 367 kg/ha no terceiro ano. No Brasil, dependendo do teor encontrado no solo, as quantidades variam de 0 a 160 kg de  $P_2O_5$ /ha. A maior produtividade do maracujazeiro, em solo de tabuleiro do Estado da Bahia, foi obtida com 80 kg de  $P_2O_5$ /ha divididos em três aplicações no ano, sendo uma dose na época do florescimento. A floração do maracujazeiro ocorre a partir do sexto mês após o plantio, que é considerado um período crítico de absorção de nutrientes.

De maneira geral, o fósforo é pouco aplicado via água de irrigação, devido à baixa solubilidade da maioria dos adubos fosfatados e da facilidade de sua precipitação, causando entupimento na tubulação e nos emissores. O ácido fosfórico, apesar do risco de corrosão nos tubos e conexões metálicos, não causa problemas de entupimento dos emissores, fornece fósforo e é também aplicado via água de irrigação para promover a limpeza dos tubos e emissores do sistema de fertirrigação. Além desse, podem ser empregados em fertirrigação o fosfato diamônico (DAP) e o fosfato monoamônico (MAP).

### **C. Potássio**

O potássio (K) é o nutriente de maior mobilidade na planta e passa com facilidade de uma célula para outra e do xilema para o floema. Por isso, é o componente mineral de maior expressão nos processos osmóticos da planta que envolve absorção e armazenamento de água. Atua como ativador enzimático e tem papel fundamental na abertura e fechamento dos estômatos, na fotossíntese, na respiração e na translocação de carboidratos da folhas para as diversas partes da planta, principalmente para os frutos.

A deficiência desse nutriente no maracujazeiro provoca atraso na floração, redução na ramificação, no comprimento e no diâmetro dos ramos, diminuição do tamanho dos frutos e da área foliar, afetando, conseqüentemente, a fotossíntese e as quantidades de suco e de sólidos solúveis.

A disponibilidade de potássio no solo é acentuadamente influenciada pelo teor de água no solo; portanto, o manejo adequado de irrigação manterá o solo em estado ótimo de umidade, favorecendo assim a disponibilidade e a absorção de potássio pelo maracujazeiro.

Como o nitrogênio, a aplicação de K via água de irrigação é viável, uma vez que os fertilizantes potássicos são solúveis. No parcelamento desse nutriente é importante considerar o seu potencial de perdas por lixiviação e a curva de absorção da planta. Sabe-se que as perdas de K por lixiviação variam com a textura do solo, sendo maiores em solos arenosos e quando as doses aplicadas são muito elevadas.

As doses de K recomendadas para o cultivo do maracujá nas regiões produtoras do mundo variam de 48 a 1.466 kg de  $K_2O$ /ha no plantio e primeiro ano de implantação e de 50 a 1.466 kg de  $K_2O$ /ha no segundo e também no terceiro anos. No Brasil as doses oscilam de 0 a 420 kg de  $K_2O$ /ha, dependendo do teor do nutriente no solo.

Aumentos no comprimento e diâmetro do fruto foram obtidos com doses mais elevadas de K. Maiores produtividades foram atingidas com 300 kg de  $K_2O$ /ha/ano (375 g de  $K_2O$ /planta/ano) em solo de tabuleiro; enquanto em areias quartzosas (neossolos quartzarênicos), a dose econômica foi de 287 kg de  $K_2O$ /ha/ano (503 g de  $K_2O$ /planta/ano). No Estado do Rio de Janeiro, obteve-se máxima produtividade com 723 kg de  $K_2O$ /ha/ano (434 g de  $K_2O$ /planta/ano).

Os fertilizantes potássicos, normalmente utilizados em fertirrigação, são: cloreto de potássio (KCl), sulfato de potássio ( $K_2SO_4$ ), nitrato de potássio ( $KNO_3$ ), nitrato de sódio e potássio ( $KNaNO_3$ ) e sulfato de potássio e magnésio ( $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$ ).

A aplicação de potássio via água pode ser conduzida com frequência entre três e sete dias, sendo a quantidade recomendada distribuída no ciclo da planta de acordo com os percentuais apresentados na tabela 43. A partir do segundo ano, pode-se distribuir a quantidade de  $K_2O$  como recomendada para o período de produção, entre o 5º e o 12º mês após o transplante das mudas.

#### ***D. Cálcio, magnésio e enxofre***

Quanto aos macronutrientes cálcio (Ca) e magnésio (Mg), são normalmente supridos pela calagem. Vale lembrar que o Ca é o terceiro nutriente mais absorvido pelo maracujazeiro, em torno de 152 kg/ha (Tabela 42).

O suprimento de enxofre (S) pela fertirrigação não apresenta problemas, pois o íon  $SO_4^{2-}$  é móvel no solo e está presente em fertilizantes com alta solubilidade, como o sulfato de amônio.

#### ***E. Micronutrientes***

Quanto aos micronutrientes, o zinco (Zn) e o boro (B) são os mais absorvidos pela planta, após o manganês e o ferro. Havendo deficiências de Zn, aplicar 20 g de sulfato de zinco ( $ZnSO_4$ ) por

planta, e de B, aplicar 6,5 g de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) por planta, via água de irrigação.

### 6.3. Esquema de fertirrigação

O fósforo e os micronutrientes recomendados para o primeiro ano devem ser aplicados em fundação. O nitrogênio e o potássio serão distribuídos ao longo do ciclo fenológico da planta, conforme suas exigências (Tabela 43).

Assim, recomenda-se para o maracujazeiro amarelo, sob fertirrigação, o seguinte esquema de adubação:

**Fundação:** 80 a 200 g de  $P_2O_5$ , dependendo do teor de P no solo, e 4 g de Zn e 1 g de B ou 50g de FTE BR12 por cova.

**Fertirrigação:** 200 a 340 kg de N/ha e de 0 a 480 kg de  $K_2O$ /ha, este dependendo do teor no solo. Com base nas quantidades de N e  $K_2O$ , a distribuição destes nutrientes no ciclo do maracujazeiro pode ser feita como apresentado na tabela 44, com frequência de sete dias.

**Tabela 44.** Quantidades de nitrogênio (N) e de potássio ( $K_2O$ ) a serem aplicadas durante o ciclo fenológico do maracujazeiro amarelo sob fertirrigação.

Época	Quantidade de N		Quantidade de $K_2O$	
	Total (kg/ha) <sup>1</sup>	Aplicação a cada sete dias (kg/ha)	Total (kg/ha) <sup>1</sup>	Aplicação a cada sete dias (kg/ha)
<b>Formação</b>				
1 <sup>o</sup> e 2 <sup>o</sup> mês	11 a 18,7	1,38 a 2,34	0 a 16,8	0 a 2,10
3 <sup>o</sup> e 4 <sup>o</sup> mês	15 a 25,5	1,88 a 3,19	0 a 31,2	0 a 3,90
<b>Produção</b>				
5 <sup>o</sup> e 6 <sup>o</sup> mês	19 a 32,3	2,38 a 4,04	0 a 40,8	0 a 5,10
7 <sup>o</sup> e 8 <sup>o</sup> mês	24 a 40,8	3,00 a 5,10	0 a 50,4	0 a 6,30
9 <sup>o</sup> e 10 <sup>o</sup> mês	46 a 78,2	5,75 a 9,78	0 a 122,4	0 a 15,30
11 <sup>o</sup> e 12 <sup>o</sup> mês	85 a 144,5	10,63 a 18,06	0 a 218,4	0 a 27,30

<sup>1</sup>Recomendação para densidades de 570 (3,5m x 5,0m) a 1000 (2,5m x 4m) plantas/ha.

## 7. MELÃO

*José Maria Pinto  
Valdemício Ferreira de Sousa*

O melão é uma das cucurbitáceas mais exigentes em relação à adubação. Para se efetuar a adubação é necessário conhecimento das exigências nutricionais da planta, do solo e dos nutrientes que devem ser aplicados no cultivo, principalmente no que se refere aos seguintes aspectos: época, modo, quantidade e fonte usadas na aplicação de cada nutriente.

### 7.1. Exigências nutricionais

As plantas superiores necessitam para a manutenção do metabolismo celular e, portanto para a produção de alimentos, de elementos químicos conhecidos como nutrientes essenciais. Com base nestes critérios, atualmente, são conhecidos 17 nutrientes essenciais: C (carbono), H (hidrogênio), O (oxigênio), N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio), Ca (cálcio), Mg (magnésio), S (enxofre), B (boro), Cl (cloro), Cu (cobre), Fe (ferro), Mn (manganês), Mo (molibdênio), Zn (zinco) e, recentemente, o Ni (níquel). O carbono é fornecido pelo CO<sub>2</sub> do ar, o hidrogênio pela água do solo, e o oxigênio provém tanto da água quanto do ar. Os outros 14 elementos têm seu fornecimento pela própria disponibilidade natural no solo, ou pela adição de fertilizantes. No caso particular do nitrogênio, algumas plantas podem, também, obtê-lo diretamente do ar, pela simbiose com microrganismos fixadores de N. Os elementos N, P, K, Ca, Mg e S são absorvidos em grandes quantidades, por isso são chamados de macronutrientes. Já, os elementos B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni e Zn são absorvidos em pequenas quantidades e são conhecidos como micronutrientes, que também são importantes no processo de crescimento de plantas.

O melão é uma planta de ciclo fenológico relativamente curto. Na região do Submédio São Francisco, o seu crescimento é lento até 15 dias após a germinação, mas logo depois se intensifica, atingindo maiores incrementos entre 30 e 45 dias, e a maturação dos frutos ocorre entre 70 e 75 dias do plantio.

A taxa de absorção de nutrientes acompanha a produção de massa seca da planta, ocorrendo absorção mais rápida de nutrientes no período compreendido entre poucos dias após o florescimento e a fase inicial de colheita.

Em trabalho realizado no Estado de São Paulo, com melão amarelo, verificou-se que o acúmulo de macronutrientes nas plantas se intensifica a partir de 30 dias, conforme se observa na tabela 45. Esse comportamento pode ser melhor visualizado pela figura 22, que mostra a quantidade de nutrientes absorvida para cada dia do ciclo do melão. Para uma produção estimada de 19,6 t de frutos por hectare, a cultura do melão, com uma população de 5.000 plantas/ha e dois frutos por planta, exporta 101,8 kg de nutrientes/ha, assim distribuídos: 34,90 de N; 6,41 de P; 51,7 de K; 2,83 de Ca; 4,17 de Mg e 1,79 de S.

Em relação aos micronutrientes, foi observada a seguinte absorção total (g/ha, até 75 dias após a emergência): 169,2 de B; 862,0 de Cu; 845,3 de Fe; 544,1 de Mn e 209,5 de Zn. O teor de cobre foi elevado, podendo-se atribuir a aplicações de algum produto contendo o elemento durante o tratamento fitossanitário.

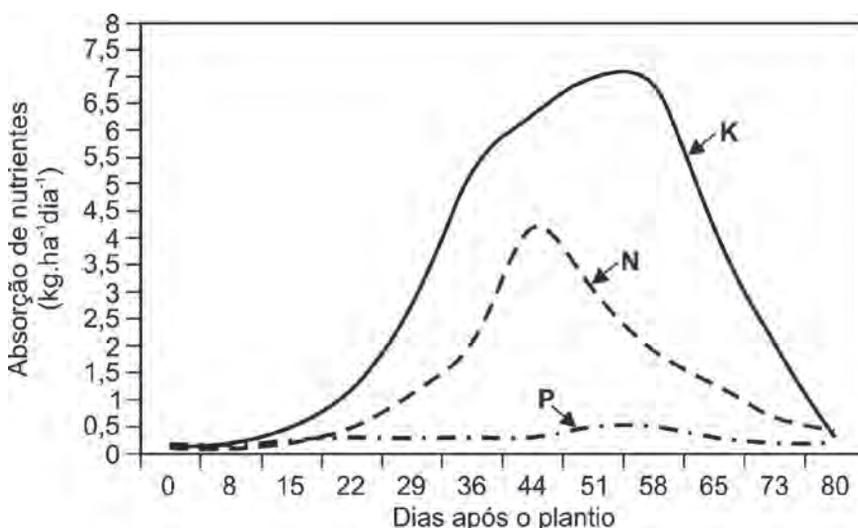
O conteúdo de nutrientes na polpa do melão, onde o potássio (47%) e o nitrogênio (33%) são aqueles encontrados em maiores quantidades, ressalta a importância do fornecimento desses elementos para a cultura.

Os teores de nutrientes, em g/kg, em folhas sadias estão na faixa de 23 a 33 de N; 2,8 a 6,2 de P; 25,3 a 28,7 de K; 25,9 a 51,4 de Ca; 7,9 a 9,9 de Mg; 2,2 a 2,4 de S e, para o B, de 65 a 111 mg/kg.

**Tabela 45.** Acúmulos médios de macronutrientes em plantas de melão Valenciano Amarelo CAC<sup>1</sup>.

Dias após a emergência	Macronutrientes (kg/ha)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
15	0,17	0,03	0,18	0,11	0,04	0,01
30	1,42	0,23	1,60	2,02	0,38	0,07
45	26,58	3,51	32,57	18,72	6,12	1,38
60	75,18	11,13	95,19	49,23	18,89	5,32
75	115,38	17,30	144,52	6371	27,74	7,94

<sup>1</sup>Estimado para 5.000 plantas/ha. Adaptado de Belford et al., 1986.



**Figura 22.** Absorção de nutrientes em melão durante o ciclo de desenvolvimento, em kg/ha/dia. Adaptado de Bar-Yosef, 1999.

## 7.2. Nutrientes para fertirrigação

### A. Nitrogênio

A importância que o nitrogênio exerce sobre a qualidade dos frutos é devida, provavelmente, ao seu controle na fisiologia (enzimas) do fruto. Os frutos das plantas que não recebem nitrogênio podem apresentar a polpa mole, deformados, de cor amarelo claro

e fracamente reticulados, ao passo que os frutos das plantas que recebem nitrogênio possuem polpa consistente, formato arredondado ou ligeiramente oval, a cor verde mosqueada com amarelo claro e são fortemente reticulados. O incremento da produtividade do meloeiro, provocado pela adição de nitrogênio, foi devido ao aumento no número e no peso dos frutos.

### ***B. Fósforo***

A influência do fósforo sobre os frutos seria indireta, devido à sua importante função na fase reprodutiva da planta, aumentando significativamente o número de frutos de melão com a aplicação desse nutriente. Constataram influência positiva do fósforo no teor total de sólidos solúveis, bem como no aumento do peso e número de frutos de melão.

### ***C. Potássio***

Verifica-se incremento da produtividade do melão, causado pela adição de potássio, devido ao aumento no peso dos frutos, em virtude do papel importante desse nutriente na translocação de carboidratos. Observou-se efeito positivo desse nutriente no peso e no número de frutos de melão. O potássio não teve influência no teor total de sólidos solúveis. A sacarose, embora ausente nos frutos imaturos, tornou-se o maior constituinte dos carboidratos no fruto maduro. As mudanças no teor de sólidos solúveis totais (SST) durante o amadurecimento do fruto correlacionaram-se positivamente com o pH, alguns aminoácidos, sódio e potássio.

### ***D. Cálcio e Magnésio***

O cálcio influencia a qualidade dos frutos de melão devido à sua função na anatomia (estrutura da célula do fruto). É conhecido que o cálcio combina com pectina, para formar pectato de cálcio na parede celular, resultando num fruto com polpa firme e consistente. Dessa forma, a aplicação de cálcio melhora a textura do fruto. Em condições de baixo teor de cálcio, pode ocorrer fermentação dos frutos de melão, tornando-se imprestáveis para consumo.

A importância do cálcio na qualidade dos frutos é dada pela fonte deste elemento. Os frutos provenientes de plantas que receberam cálcio em forma de cloreto de cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) tiveram menor peso, maior teor de etanol e cloreto e produziram mais gases de dióxido de carbono e etileno e foram, conseqüentemente, mais perecíveis na armazenagem após a colheita, do que os frutos das plantas que receberam cálcio na forma de carbonato ( $\text{CaCO}_3$ ).

Quanto ao magnésio, as aplicações desse nutriente elevam a produtividade do melão em 16,6% no primeiro ano e em 19,0% no segundo ano após sua aplicação.

### ***E. Micronutrientes***

**Boro:** constata-se toxidez de boro no meloeiro quando o nível deste nutriente atinge 4 mg/kg no substrato do cultivo e 800 mg/kg na folha madura da planta.

**Manganês:** a aplicação do calcário eleva o pH do solo para acima de 5, elimina a toxicidade do manganês e promove aumento na produtividade do melão. Os sintomas de toxicidade de manganês foram consideravelmente influenciados pela relação  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  (amônio: nitrato) na solução nutritiva das plantas. Plantas cultivadas com 20 mg de Mn/kg e em relações de  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$  iguais a 0:112, 14:98, 28:84 e 56:56 desenvolveram sintomas de toxicidade de manganês. Aumentando a proporção de  $\text{NH}_4^+$  na solução acima de 50%, reduziam-se os sintomas de toxicidade de Mn, enquanto nas relações 84:28 e 98:14 de  $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ , não se observa mais nenhum sintoma. A concentração de manganês no tecido foliar das plantas com sintomas foi igual ou superior a 1.060 mg/kg.

**Molibdênio:** constatou-se deficiência de molibdênio na cultura do melão em solos gessíferos, salinos, pobres em matéria orgânica e deficientes em drenagem, que receberam fertilização com excesso de nitrato e sulfato. No vale do submédio São Francisco foi encontrado deficiência de molibdênio, conhecida como “amarelo do meloeiro”,

em solos salinos, argilosos, deficientes em drenagem e pobres em matéria orgânica, observando agravamento da situação quando havia adubação com excesso de sulfato de amônio.

### **7.3. Esquema de fertirrigação**

As quantidades de potássio, fósforo e cálcio a serem aplicadas no cultivo do meloeiro fertirrigado são determinadas em função da análise química do solo. A quantidade total de nitrogênio a ser aplicada pode ser determinada em função da produtividade esperada da cultura, considerando que para cada tonelada de fruto produzido, deve-se aplicar cerca de 3 kg de N. Por exemplo, se a produtividade esperada é de 30 t/ha, a quantidade de nitrogênio será de 90 kg/ha.

Existem poucas informações disponíveis sobre a recomendação de cálcio para aplicação via fertirrigação. Recomenda-se saturar o complexo de troca do solo para um índice de saturação por bases (V) de 70% e parcelar o restante via fertirrigação. Ou seja, para suprir as exigências de cálcio do meloeiro e minimizar a necessidade de aplicações foliares, recomenda-se aplicar entre 40 a 80 kg de cálcio/ha via água a partir do florescimento.

Por razões econômicas, nem todos os nutrientes precisam ser aplicados via fertirrigação para cultivo do meloeiro. Para gotejamento, recomenda-se que 90% do nitrogênio e do potássio sejam aplicados via fertirrigação ao longo do ciclo de desenvolvimento da cultura. No entanto, em solos arenosos, irrigado por gotejamento, pode-se também, aplicar todo nitrogênio recomendado por fertirrigação (Tabela 46).

Embora resultados de pesquisa indiquem que a aplicação de fósforo por gotejamento é pouco eficiente, em termos de aumento de produtividade, vários produtores adotam esta prática, usando principalmente ácido fosfórico e fosfato monoamônico (MAP). Caso essa prática seja adotada, deve-se ter especial atenção para o

risco de entupimento de gotejadores, especialmente se a água de irrigação contiver concentrações significativas de cálcio ou magnésio. A aplicação pode ser semanal, sempre em dias diferentes da injeção de cálcio.

A frequência da fertirrigação depende, dentre outros fatores, do tipo de fertilizante, do solo e do 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, para não aumentar o uso de mão-de-obra, e em razão da possibilidade de misturar e aplicar simultaneamente as principais fontes de nitrogênio e potássio, em geral, adota-se a mesma frequência para potássio e nitrogênio. Para gotejamento em solos de textura arenosa, a fertirrigação deve ser realizada a cada 1 a 2 dias, e em solos de textura média e fina, a cada 2 a 4 dias. A tabela 47 apresenta uma sugestão de manejo da fertirrigação que pode ser adotado para a cultura do melão.

**Tabela 46.** Frequência, doses, fontes e período de aplicação de nutrientes na cultura do melão (Pinto et al., 1996).

<b>FONTES DE FERTILIZANTES</b>	
<b>NITROGÊNIO (N)</b>	
<b>Opção 1</b>	Uréia
Período de aplicação	3 a 42 dias após a germinação
Frequência	Diária
Dose	80 kg de N/ha
<b>Opção 2</b>	Uréia/sulfato de amônio/nitrato de potássio
Período de aplicação	Uréia: 3 a 15 dias após a germinação. Sulfato de amônio: 16 a 30 dias após a germinação. Nitrato de potássio: 31 a 42 dias após a germinação.
<b>POTÁSSIO (K<sub>2</sub>O)</b>	
Período de aplicação	Até 55 dias após a germinação.
Frequência	Diária
Dose	90 kg de K <sub>2</sub> O /ha
<b>FÓSFORO (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)</b>	
Período de aplicação	Em fundação, antes do plantio
Dose	120 kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha
<b>Produtividade esperada (Latossolo)</b>	30 t/ha
<b>Produtividade esperada (Vertissolo)</b>	40 t/ha

**Tabela 47.** Quantidade relativa de nitrogênio, potássio, cálcio e fósforo a ser aplicada via fertirrigação, ao longo do ciclo de desenvolvimento do meloeiro irrigado por gotejamento para cultivares de ciclo inferior a 70 dias.

Nutriente	0 <sup>1</sup>	1-7	8-14	15-21	Ciclo (dias)				50-56
					22-28	29-35	36-42	43-49	
-----Quantidade relativa de nutriente (%) <sup>2</sup> -----									
Irrigação por gotejamento									
Solos de textura argilosa e média									
N	20	2	3	5	10	20	20	15	5
K	20	2	3	5	10	20	20	15	5
Ca	60	0	0	0	10	10	10	10	0
P	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Solos de textura arenosa									
N	10	3	5	5	15	21	21	15	5
K	10	3	5	5	15	21	21	15	5
Ca	40	0	0	10	10	15	15	10	0
P	60	0	5	5	10	10	10	0	0

<sup>1</sup>% de nutriente a ser aplicada em fundação em relação a quantidade total recomendada.

<sup>2</sup>% de nutriente a ser aplicado em cada fase da cultura em relação a quantidade total recomendada. Adaptado de Burt et al. (1995) e Scaife & Bar-Yosef (1995).

# VII

## Referências bibliográficas

---

ABREU, J. M .H., LOPEZ, J. R., REGALADA, A. P., HERNANDEZ, J. F. G. **El riego localizado**. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Madrid, 316p., 1987.

AGARWALA, S.C.; NAUTIYAL, B.D., CHATTERJEE, C. Manganese, copper and molybdenum nutrition of papaya. **Journal of Horticultural Science**, Ashford Kent, v.61, n.3, p.397-405, 1986.

ALMEIDA, O.A. de. Equipamentos de injeção de fertilizantes. In: BORGES, A.L.; COELHO, E.F.; TRINDADE, A.V. **Fertirrigação em Fruteiras Tropicais** (org) Cruz das Almas.: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. p. 28 – 42.

AMOROS, M. **Riego por goteo en cítricos**. Madrid. Agroguías mundi-prensa. Ediciones Mundi-Prensa. 1993. 104p.

ANDRADE, C.L.T.; GORNAT, B. **Calibração e operação de um tanque de fertirrigação**. Parnaíba: Embrapa - CNPAI, 1992. 17p. (Embrapa - CNPAI. Circular Técnica, 3).

ARNOLD, J. S. Chemigation. In ZOLDOSKE, D. F.; MIYASAKI, M. Y. **Micro-irrigation Methods and Materials Update**. Fresno, CA: Center for Irrigation Technology, California State University. 1987. 342 p.

ARVIZA VALVERDE, J. **Riego localizado**. UPV-ETSIA-DIRA. SPUPV, Valencia. 1996. 468p.

AVILÁN, L. La fertilización del mango (*Mangifera indica* L.) en Venezuela. **Fruits**, Paris, v.38, n.7/8, p.553-562, 1983.

AVILÁN, L. Variaciones de los niveles de nitrogeno, fosforo, potasio y calcio en las hojas de mango (*Mangifera indica* Linn.) a través de un ciclo de producción. **Agronomia Tropical**, Maracay, v.21, n.1, p.3-10, 1971.

BAUMGARTNER, J.G.; SEMPIONATO, O.R. **Adubação líquida e foliar para citros em produção**. Jaboticabal, 1999. UNESP/FUNEP/EECB, 1999. 36p. (UNESP/FUNEP/EECB. Boletim Citrícola, 10).

BAR-YOSEF, B. Trickle irrigation and fertigation of tomatoes in sand dunes: Water, N, and P distributions in the soil and uptake by plants. **Agronomy Journal**, v.69, p.486-491. 1977.

BAR-YOSEF, B. Fertilization undwe drip irrigation. In: PALAGRAVE, D. A., (ed.) **Fluid Fertilizer Science and Technology**. New York: M. Dekker, 1991. 633p.

BAR-YOSEF, B. **Advances in fertigation**. Advances in Agronomy v. 65, p.1-75. 1999.

BELFORT, C.C. **Acumulação de matéria seca e recrutamento de nutrientes em melão (*Cucumis melo* L. cv Valenciano Amarelo CAC) cultivado em latossolo vermelho amarelo em Presidente Wenceslau-SP**. Piracicaba, ESALQ-USP, 1985. 72p. Tese de Doutorado.

BELFORT, C.C.; HAAG, H.P.; MINAMI, K. Nutrição mineral de hortaliças. LXXII. Diagnóstico das carências de macronutrientes e boro em melão (*Cucumis melo* L.). **Anais da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v.43, p.365-77, 1986.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação**. Viçosa, MG: UFV-Imprensa Universitária. 6. ed. 1995. 657p.

BORGES, A.L. Calagem e adubação. In: BORGES, A.L.; SOUZA, L. da S. (Ed.). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p.32-44.

BORGES, A.L.; LIMA, A. de A.; CALDAS, R.C. Nitrogênio, fósforo e potássio na produção e qualidade dos frutos de maracujá amarelo – primeiro ano. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MARACUJAZEIRO, 5, 1998, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP/FCAV-UNESP/SBF, 1998. p.340-342.

BORGES, A.L.; OLIVEIRA, A.M.G. Nutrição e adubação da bananeira. In: ALVES, E.J. et al. **Banana para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1997. p.25-35, 2.ed. revista e atualizada (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 18).

BORGES, A.L.; OLIVEIRA, A.M.G.; SOUZA, L. da S. **Solos, nutrição e adubação da bananeira**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA-CNPMF, 1995. 44p. (EMBRAPA-CNPMF. Circular Técnica, 22).

BORGES, A.L.; RAIJ, B. van; MAGALHÃES, A.F. de; BERNARDI, A.C. de. **Nutrição e adubação da bananeira irrigada**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. 8p. (EMBRAPA-CNPMP. Circular Técnica, 48).

BORGES, A.L.; RODRIGUES, M.G.V.; CALDAS, R.C. Adubação nitrogenada e potássica para o maracujazeiro amarelo, sob irrigação, no norte de Minas Gerais – primeiro ano. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, 1998. Caxambu. **Resumos...** Caxambu: UFLA/SBCS/SBM, 1998. p.169.

BOSWELL, M.J. **Micro-irrigation design manual**. El Cajon, CA: James Hardie Irrigation, Inc. 1990.

BRESLER, E. Trickle-drip irrigation: principles and application to soil water management. **Advance Agronomy**, New York, v.29, p.344-393, 1977.

BRYAN, B.B.; THOMAS Jr., E.L. **Distribution of fertilizer materials applied with sprinkler irrigation system**. Univ. of Arkansas Agricultural Experiment Station, Research Bulletin 598. 12p.

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

CARVALHO, A.J.C. de. **Composição mineral e produtividade do maracujazeiro amarelo em resposta a adubações nitrogenada e potássica sob lâminas de irrigação**. 1998, 109 f. Tese (Doutorado) Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes.

CARVALHO, J.G. de, PAULA, M.B de. Exigências nutricionais do mamoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v 12, n. 134, p.32-36, 1986.

CASTEL, J.R. Programación del riego localizado y fertirrigación en cítricos y frutales de hueso. **Levante Agrícola**, n.273, p.19-27, 1987.

CATCHPOOLE, D.W.; BALLY, I.S.E. Nutrition of mango trees: a study of the relationships between applied fertiliser, leaf elemental composition and tree performance (flowering and fruit yield) In: MARKETING SEMINAR AND PRODUCTION WORKSHOP, 1995, Townsville, Queensland. **Mango 2000**: proceedings. Townsville: Queensland Department of Primary Industries, 1995. p.91-104. (Conference and Workshop Series QC95006).

CAVALCANTI, F.J. de A. **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco** (2ª aproximação). Recife, IPA, 1998. 198p.

CHASE, R.G. Phosphorous application through a subsurface trickle system, In: INTERNATIONAL DRIP/TRICKLE IRRIGATION CONGRESS, 3., Fresno, California. Drip/trickle irrigation in action. ASAE, St. Joseph, MI., Fresno, CA, p. 393-400, 1985.

CIBES, H.R.; GAZTAMBIDE, S. Mineral-deficiency symptoms displayed by papaya grown under controlled conditions. **Journal Agriculture University of Puerto Rico**, Rio Piedras, v.62, p.413-423, 1978.

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

COELHO, E.F.; SILVA, T.S.M.; LIMA, D.M.; SOUSA, V.F. Distribuição de potássio e da condutividade elétrica no solo pela aplicação de diferentes doses de potássio e nitrogênio por fertirrigação em mamoeiro In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002. Salvador: **Anais...** Salvador: CD ROM, 2002.

COELHO, E.F.; SANTOS, M.R. dos; SOUZA, E. de A; COELHO FILHO, M.A. Produtividade do mamoeiro sob diferentes freqüências de aplicação de fósforo via água de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14., 2004, Porto Alegre. Anais... Viçosa - MG : Fundação Artur Bernardes - FUNARBE, 2004.

COELHO, E.F.; SOUSA, V.F. de; SOUZA, V.A.B. de; MELO, F. de B. Efeito de níveis de N e K aplicados por gotejamento na cultura do meloeiro (*Cucumis melo*. L.) em, solo arenoso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.1, p.23-30, 2001.

COELHO, E.F.; SOUSA, V.F. de; RODRIGUES, B.H N.; SOUZA, V. A. B. de; ANDRADE, C. de L.T. de. Produtividade do meloeiro sob diferentes disposições de linhas laterais de gotejamento em solo arenoso coeso. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.3, n.3, p.309-315, 1999.

COELHO FILHO, M.A.; COELHO, E.F.; CRUZ, J.L. SOUZA L.F.; OLIVEIRA, A.M.G.; SILVA, T.S.M. **Marcha de absorção de macro e micronutrientes do mamoeiro Sunrise Solo**. In: MARTINS, D. dos S; COSTA, A.N.; COSTA, A.F.S. Papaya Brasil: Manejo, qualidade e mercado do mamão. Vitória: Incaper, 2007. p. 29-40.

COMISSÃO ESTADUAL DE FERTILIDADE DO SOLO (Salvador, BA). **Manual de adubação e calagem para o estado da Bahia**. 2.ed. Salvador, BA: CEPLAC/EMATERBA/EMBRAPA/EPABA/NITROFÉRTIL, 1989. 179p.

COSTA, A.S, GALLO, J.A ; CARVALHO, A.M. Ocorrência de mal formação do mamão associada à deficiência de boro no estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.9, p.26-27, 1976 .

COSTA, E. F.; FRANÇA, G. E.; ALVES, V. M. C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. **Informe agropecuário**, Belo Horizonte, v. 12, n. 139, p. 1-112, 1986.

COSTA, E.F. da; BRITO, R. A. L. **Aplicador portátil de produtos químicos via água de irrigação**. Sete Lagoas, EMBRAPA/CNPMS, 1988. 19p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 13).

COSTA, E.F. da; BRITO, R. A. L. Métodos de aplicação de produtos químicos e biológicos na irrigação pressurizada. In: COSTA, E. F.; VIEIRA, R. F.; VIANA, P. A. **Quimigação**: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação. Brasília, Embrapa-SPI, 1994. p. 85-109.

COSTA, E.F. da; FRAÇA, G.E. de; ALVES, V.M.C. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: HERNANDEZ, F.B.T.; MORAES, J.F.L. de A.; LEANDRO, W.M. **Irrigação**: Momento atual e perspectiva. Jaboticabal: SECITAP, 1987. p.51-71.

COSTA, A.N. da. **Uso do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) na avaliação do estado nutricional do mamoeiro (*Carica papaya* L.) no estado do Espírito Santo**. 1995, 95f. Tese (Doutorado) Universidade Federal de Viçosa.

CRISOSTOMO, L.A.; SANTOS, A.A. dos; VAN RAIJ, B.; FARIA, C.M.B. de; SILVA, D.J. da; FERNANDES, F.A.M.; SANTOS, F.J. de S.; CRISOSTOMO, J.R.; FREITAS, J. de A. D. de; HOLANDA, J.S. de; CARDOSO, J.W.; COSTA, N.D. **Adubação, irrigação, híbridos e práticas culturais para o meloeiro no Nordeste**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 21p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 14).

CUNHA, R.J.P. **Marcha de absorção de nutrientes em condições de campo e sintomatologia de deficiências de macronutrientes e do boro em mamoeiro**. 1979. 131f. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

CUNHA, R.J.P.; HAAG, H.P. Nutrição mineral do mamoeiro (*Carica papaya* L.). III. Sintomatologia de carências nutricionais. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.37, p.303- 317, 1980.

CUNHA, R.J.P.; HAAG, H.P. Nutrição mineral do mamoeiro (*Carica papaya* L.). II. Deficiência de boro em condições de campo e casa de vegetação. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.37, p. 291-302, 1980.

DIMENSTEIN, L. **Fertirrigação e nutrição vegetal**. Petrolina, PE: Embrapa Semi-Árido, 2007. 50 p. X Curso de Fertirrigação, Petrolina, mai. 2007.

DOMÍNGUEZ VIVANCOS, A. **Tratado de fertilización**. 3.ed. rev. ampl. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid. 1997. 613p.

DUSI, A.N. **Melão para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: DENACOO, 1992. 37p. (DENACOO. Publicações Técnicas, 1).

EMBRAPA (Brasília, DF). **Mamão para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1994. 52p. (FRUPEX. Série Publicações Técnicas, 9).

FARIA, C.M.B. de; PEREIRA, J.R. Ocorrência do “amarelão” no meloeiro e seu controle. Petrolina: Embrapa-CPATSA, 1982. 2p. (Embrapa-CPATSA. Comunicado Técnico, 8).

FARIA, C.M.B. de; PEREIRA, J.R.; POSSÍDIO, E.L. de. Adubação orgânica e mineral na cultura do melão num vertissolo do Submédio São Francisco. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.2, p.1191-1197, 1994.

FARIA, N.G. **Absorção de nutrientes por variedades e híbridos promissores de bananeira**. 1997, 66f. Tese (Mestrado em Agronomia) Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia. Cruz das Almas.

FASSBENDER, H, W. **Química de suelos com énfasis en suelos de America Latina**. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperacion para la Agricultura. 1986. 401p.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402p.

FRIZZONE, J.A.; BOTREL, T.A. Aplicação de fertilizantes via água de irrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS, 1, 1993, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: POTAFOS, 1994. p.227-260.

FRIZZONE, J.A.; ZANINI, J.R.; PAES, L.A.D.; NASCIMENTO, V.M. **Fertirrigação mineral**. Ilha Solteira: UNESP, 1985. 31p. (Boletim Técnico, 2).

FUENTES YAGÜE, J.L. **Técnicas de riego**. 2. ed. rev. y amp. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, MUNDI-PRENSA, Madrid. 1996. 471p.

GOLDBERG, D.; GORNAT, B.; RIMON, D. **Drip irrigation**: principles design and agricultural practices. Telaviv, Drip Irrigation Scientific Publications, 1976. 296p.

GOLDBERG, D.; SHMUELI, M. Drip irrigation: a method used under arid desert conditions of high water and soil salinity. **Transactions of the ASAE**, Michigan, v.13, p.38-41, 1970.

HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.; BORDUCCHI, A.S.; SARRUGE, J.R. Absorção de nutrientes por duas variedades de maracujá. **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.30, p.267-279, 1973.

HAAG, H.P.; SOUZA, M.E.P.; CARMELLO, Q.A.C.; DECHEN, A.R. Extração de macro e micronutrientes por frutos de quatro variedades de manga (*Mangifera indica* L.). **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.47, n.2, p.459-477, 1990.

HAMZA, M.A.; L.A.G. ALYMORE. Soil solute concentration and water uptake by single lupin and radish plant roots. 1. Water extraction and solute accumulation. **Plant and soil**. v.145, p.187-196. 1992.

HIROCE, R.; CARVALHO, A.M.; BATAGLIA, O.C.; FURLANI, P.R.; FURLANI, A.M.C.; SANTOS, R.R. dos; GALLO, J.R. Composição mineral de frutos tropicais na colheita. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 4, 1978, Salvador. **Anais...** Salvador: SBF, 1978, p.357-364.

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).

JANSE VAN VUUREN, B.P.H.; STASSEN, P.J.C. Seasonal uptake of macro elements by young bearing "sensation" mango trees. In: INTERNATIONAL MANGO SYMPOSIUM, 5, Telaviv, Israel, 1996. **Proceedings...** Telaviv, Israel, 1996, Acta Horticulturae, n.455, p.167-174.

JUNGK, O.A. Dynamics of nutrient movement at the soil - root interface. In: A. Eshel; U. Kafkafi (Ed.), **Plant roots the hidden half**. Marcel Dekker, New York, p. 529-556, 1996.

KARPELLI, D.; KELLER, J. **Trickle irrigation design**. Glendora, California: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York, NY: van Nostrand Reinhold. 1990. 652p.

KELLER, J.; KARMELI, D. Evaluation of a trickle irrigation system. **Proceedings II International Drip Irrigation Congress**. California, USA. p.287-291, 1974.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133p.

KIRKBY, E.A.; A. H. KNIGHT. Influence of the level of nitrate nutrition on ion uptake and assimilation, organic acid accumulation, and cation - anion balance in whole tomato plants. **Plant Physiology**, v.60, p.349-353. 1977.

KOO, R.C. Fertigation for citrus on sandy soil ground coverage. **Citrus and vegetables**, n.48, p.10–24 ,1984.

LAHAV, E. Banana nutrition. In: GOWEN, S. **Bananas and plantains**. London: Chapman & Hall, 1995. p.258-316.

LOPEZ, C. C. **Fertirrigación**: aspectos basicos. In: Lopez, C.C. **Fertirrigación Cultivos Horticolas y Ornamentales**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 1998. 475p.

LÓPEZ M., A.; ESPINOSA M., J. **Manual de nutrition y fertilización del banano**. Quito: Instituto de la Potasa y el Fósforo, 1995. 82p.

LUCAS, M.D. Deficiência de molibdênio em melão num planossolo da região de Tavira. **Agronomia Lusitana**, Oeiras, v.37, n.2, p.151-162, 1976.

MACIEL, J.L. **Distribuição do fósforo e do potássio no perfil do solo aplicado via água de irrigação por gotejamento superficial**. Fortaleza: Universidade federal do Ceará. (Dissertação de Mestrado). 1998. 59p.

MAGALHÃES, A.F. de J. **Citros - nutrição e adubação**. Cruz das Almas,BA: EMBRAPA-CNPMP, 1997. 37p. (EMBRAPA-CNPMP. Circular Técnica, 28).

MARIN, S.L.D.; GOMES, J.A.; SALGADO, J.S. **Recomendações para a cultura do mamoeiro cv. Solo no Estado do Espírito Santo**. 3.ed. Vitória: EMCAPA, 1987. 65p. (EMCAPA. Circular Técnica, 3).

MARTIN-PRÉVEL, P. Les éléments minéraux dans le bananier et dans son régime. **Fruits**, Paris, v.17, n.3, p.123-128, 1962.

MARTIN-PRÉVEL, P.; LACOEUILLE, J.J.; MARCHAL, J. Les éléments minéraux dans le bananier Gros Michel au Cameroun. **Fruits**, Paris, v.23, n.5, p.259-269, 1968.

MONTAG, U. **Fertigation in Israel**. In: IFA Agricultural Conference on Managing Plant Nutrition, Barcelona: IFA, 1999. 21p.

MONTAGUT, G.; MARTIN-PRÉVEL, P. Besoins en engrais des bananiers antillaises. **Fruits**, Paris, v.20, n.6, p.265-273, 1965.

MONTALVO, T. **Riego localizado**. Diseño de instalaciones. Libreria Politécnica. Valencia: UPV-ETSIA-DIRA, 1998. 218p.

MOYA TALENS, J.A. **Riego localizado y fertirrigación**. 2.ed. rev. ampl. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1998. 392p.

NAUTIYAL, B.D.; SHAR, A.C.P., AGARWALA, S.C. Iron, zinc, and boron deficiency in papaya. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.29, n.1/2, p.115-123, 1986.

OLIVEIRA, A.M.G; CALDAS, R.C. Produção do mamoeiro em função de adubação com nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.26, n.1, p.160-163, 2004.

OLIVEIRA, A.M.G.; SOUZA, L.F. da; VAN RAIJ, B.; MAGALHÃES, A.F. de J.; BERNARDI, A.C. de C. **Nutrição, calagem e adubação do mamoeiro irrigado**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2004. 10p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Circular Técnica 69).

PAIR, C.H; HINZ, W.H.; FROST, K.R.; SNEED, R.E.; SCHILTZ, T.J. **Irrigation**. Arlington, VA: The Irrigation Association. 1986. 686p.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: Situação Atual e Perspectivas para o Futuro. In: FOLEGATTI, M.V. **Fertirrigação**: citrus, flores, hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.11-84.

PASCUAL, B. **El riego**. Principio y prácticas. UPV-DPV-ETSIA- SPUPV. Valencia. 1990. 395p.

PASCUAL, B. **Riegos de gravedad y a presión**. Departamento de Producción Vegetal. ETSIA, UPV. SPUPV- Valencia. 1996. 465p.

PINHEIRO, R.B. **Mistura de matéria prima e qualidade de fertilizantes fluidos**. SIMPOSIO BRASILEIRO DE FERTILIZANTES FLUIDOS E FOLIARES, 2., 2007, Piracicaba, SP. Piracicaba: POTAFOS, 2007.

PINTO, J.M.; SOUSA, V.F. de. Melão. In: BORGES, A.L.; COELHO, E.F.; TRINDADE, A.V. (Org.): **Fertirrigação em fruteiras tropicais**, Cruz das Almas, Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002, p.122-128.

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).

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia** (RLAF). goteo, microaspersión y exudación. 3ª ed. rev. ampl. Madrid, MUNDI-PRENSA. 1996. 513p.

PREZOTTI, L.C. **Recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo**. 3. aproximação. Vitória: EMCAPA, 1992. 73p. (EMCAPA, Circular Técnica, 12).

RAUSCHKOLB, R.S.; ROLSTON, D.E.; MILLER, R.J.; CARLTON, A.B.; BURAU, R.G. Phosphorous fertilization with drip irrigation. **Soil Science Society of America Journal** v.40, p.68-72.1976.

RODRIGO LOPEZ, J.; HERNANDEZ ABREU, J.M.; PEREZ REGALADO, A.; GONZALEZ HERNANDEZ, J.F. **Riego localizado**. 2.ed. rev. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, MAPA, 1997. 405p.

RODRIGUES, B.H.N; SOUSA, V.F. de. Determinação da evapotranspiração máxima (ET<sub>m</sub>) e coeficiente de cultivo (K<sub>c</sub>) para a cultura do melão nas condições dos Tabuleiros Costeiros do Piauí. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA RURAL, 27, 1998, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas. Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, v.2, 1998. p.339-41.

ROLSTON, D.E.; MILLER, R.J.; SCHULBACH, H. Management principles: fertilization. In: Nakayama, F.S.; Bucks, D.A. **Trickle Irrigation for Crop Production**. Amsterdam: Elsevier. 1986. p.317-344. (Developments in Agricultural Engineering, 9).

ROLSTON, D.E.; SCHULBACH, R.S.; PHENE, C.J.; MILLER, R.J.; URIU, K.; CARLSON, R.M. Henderson, D.W. **Applying nutrients and other to trickle irrigated crops**. Universit of California Bulletin 1893, Berkeley, California, 14p. 1979.

SAMUELS, G.; BEALE, A.; TORRES, S. Nutrient content of the plantain (Musa AAB group) during growth and fruit production. **Journal of Agriculture of University of Puerto Rico**, Rio Piedras, v.62, n.2, p.178-185, 1978.

SANTOS, F.J. de S.; LIMA, R.N. de **Fertirrigação**: Injetores. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2000. 4p (Embrapa Agroindústria Tropical, Instruções Técnicas, 07)

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

SHANI, M. **La fertilizacion combinada com el riego**. Israel: Ministerio del Agricultura, 36p,1981.

SHAW, E.J. **Western fertilizer handbook**, Sacramento, California Fertilizer Assoc. 1961, p.163.

SILVA, H.R.; MAROUELLIM, W.A.; SILVA, W.L.C.; SILVA, R.A.; OLIVEIRA, L.A.; RODRIGUES, A.G.; SOUZA, A.F.; MAENO, P. **Cultivo do meloeiro para o norte de Minas Gerais**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2000, 22p. (Circular técnica, 20).

SILVA, J.T.A. da; BORGES, A.L.; MALBURG, J.L. Solos, adubação e nutrição da bananeira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n.196, p.21-36, jan/fev. 1999.

SILVA, T.S.M.; COELHO, E.F.; LIMA, D.M.; SANTOS, J.A.G. Distribuição do potássio no perfil do solo em bananeira (*Musa spp*) fertirrigada por microaspersão In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 31., 2002, Salvador. **Anais...** CD ROM.

SILVA, D.J.; QUAGGIO, J.A.; PINTO, P.A. da C.; PINTO, A.C.Q. de; MAGALHÃES, A.F. de J. Nutrição e Adubação. In: GENÚ, P.J. de C.; PINTO, A.C.Q. de (Ed.) **A cultura da mangueira**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p.191-221.

SOUSA, A.P; SOUSA, V.F. de. Fertirrigação: Princípio e métodos de aplicação, vantagens e limitações: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993, Ilheus,. **Anais...** Ilheus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993, p.2519-2528.

SOUSA, V.F. de. **Freqüência de aplicação de N e K via água de irrigação pôr gotejamento no meloeiro (Cucumis melo L. cv. Eldorado 300) em solo de textura arenosa**. Botucatu, 1993. 131p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

SOUSA, V.F. de, COELHO, E.F., ANDRADE JÚNIOR, A.S, FOLEGATTI, M.V., FRIZZONE, J.A. Eficiência do uso da água do meloeiro sob diferentes freqüências de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.2, p.183-188, 2000.

SOUSA, V.F. de; COELHO, E.F.; SOUZA, V.A.B. Freqüência de irrigação em meloeiro cultivado em solo arenoso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.4, p.659-664, 1999.

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

SOUSA, V.F. de; SOUSA, A.P. Fertirrigação II: Tipos de produtos, aplicação e manejo. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, v.47, p.15-20. 1992.

SOUSA, V.F. de; SOUSA, A. de P. Efeitos de freqüência de aplicação de N e K por gotejamento na cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.). **Engenharia Agrícola**, v.17, n.3, p.36-45, 1998.

SOUZA, L. da S. **Adubação do maracujá na fazenda Cajuba, em Nova Soure, Bahia**; um estudo de caso. Cruz das Almas, BA:EMBRAPACNPMF, 1988. n.p.

SRINIVAS, K.; PRABHAKAR, B.S. Response of muskmelon (*Cucumis melo* L.) to varying levels of spacing and fertilizers. **Singapore Journal of Primary Industries**, v.12, n.1, p-56-61, 1984.

STASSEN, P.J.C.; GROVE, H.G.; DAVIE, S.J. Uptake, distribution and requirements of macro elements in 'Sensation' mango. In: INTERNACIONAL SIMPÓSIO ON MANGO, 6., 1999, Pattaya City, Thailand. **Acta Horticulturae**, Leuven, n.509, v.1, p.365-374, 2000.

STASSEN, P.J.C.; VUUREN, B.H.P. van; DAVIE, S.J. Macro elements in mango trees: uptake and distribution. **South African Mango Growers' Association Yearbook**, v.17, p.16-19, 1997.

THREADGILI, E.D. Introduction to chemigation: history, development and current status. In: E.F. Vitzthum: D.R. Hay (Ed.) **Chemigation Safety Conference Proceedings**. The Cooperative Extension Service, Institute of Agriculture and Natural Resources, Nebraska: University of Nebraska, Lincoln, 1985. p.2-4.

THREADGILL, E. D.; Eisenhauer, D. E.; Young, J. R.; Bar-Yosef, B. Chemigation. In Hoffman, G.J.; Howell, T.A.; Solomon, K.H. **Management of Farm Irrigation Systems**. St. Joseph, MI: ASAE Monograph 9. 1990. p.749-780.

TISDALE, S.L.; NELSON, W.L.; BEATON, J.D. **Soil fertility and fertilizers**. 4.ed. New York: Macmillan Publishing Company, 1985. 754p.

TWYFORD, I.T.; WALMSLEY, D. The status of some micronutrients in healthy Robusta banana plants. **Tropical Agriculture**, London, v.45, n.4, p.307-315, 1968.

VALVERDE, J.A. **Riego localizado**. Universidad Politécnica de Valencia-Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos -DIRA. SPUPV, Valencia. 468 p. 1996.

VERMEIREN, L.; JOBLING, G.A. **Riego localizado**. Estudios FAO: Riegos y Drenajes, 36. FAO, Roma. 1986. 203p.

VIDAL, I. Cálculos de soluciones y manejo de la fertirrigación. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FERTIRRIGAÇÃO, 1., 2003, João Pessoa. **Minicurso...** João Pessoa: Universidade Federal da Paraíba/Centro de ciências Agrárias/Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro de Pesquisa do Semi-árido, 2003. 74p.

VIEIRA, D.G. Irrigação de Citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F. ; POMPEU JUNIOR, J.; AMARO, A.A. **Citricultura Brasileira**, 2.ed., Campinas: Fundação Cargill, 1991. p.519-541.

VIEIRA, R.F. Introdução à quimigação. In COSTA, E.F.; VIEIRA, R.F.; VIANA, P.A. **Quimigação: aplicação de produtos químicos e biológicos via irrigação**. Brasília: EMBRAPA-SPI. 1994. 315p.

VIEIRA, R.F.; COSTA, E.L.; RAMOS, M.M. Escolha e manejo de fertilizantes na fertirrigação da bananeira. In. SIMPOSIO NORTE MINEIRO SOBRE A CULTURA DA BANANA, 1., 2001, Nova Porteirinha. **Anais...** Montes Claros Unimontes, 2001, p.203-217.

VILLAS BÔAS, R.L.; BÜLL, L.T.; FERNANDES, D.M. Fertilizantes em fertirrigação. In: Folegatti, M.V. (Ed). **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliça**. Guaíba-RS: Livraria e Editora Agropecuária, 1999. p.293-319.

Referências bibliográficas

VITTI, G.C.; BOARETTO, A.E.; PENTEADO, S.R. Fertilizantes e fertirrigação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FERTILIZANTES FLUIDOS, 1, 1993, Piracicaba. SP. **Anais...** Piracicaba, SP: POTAFOS, 1994. p.261-281.

VITTI, G.C.; MALAVOLTA, E.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. do; MARIN, S.L.D. Nutrição e adubação do mamoeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MAMOEIRO, 2, 1988, Jaboticabal, SP. **Anais...** Jaboticabal, SP: FCAV/UNESP, 1989. p.121-159.

WANG, O.N.; KO, W.H. Relationship between deformed fruit disease of papaya and boron deficiency. **Phytopathology**, Saint Paul, v.65, p.445-449, 1975.





---

*Mandioca e Fruticultura Tropical*

Patrocínio:



Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento



ISBN: 85-7158-002-2