

Irrigação e fertirrigação na cultura do mamão

Eugênio Ferreira Coelho

Arlene Maria Gomes de Oliveira

José Geraldo Ferreira da Silva

Maurício Antonio Coelho Filho

Jailson Lopes Cruz

Introdução

A irrigação tem como função principal corrigir o déficit hídrico do solo, permitindo à planta manter um contínuo fluxo de água e nutrientes do solo para as raízes e parte aérea, favorecendo os processos de crescimento, desenvolvimento, floração e frutificação, o que pode se converter em aumento de produtividade e melhoria da qualidade da fruta.

O mamoeiro é muito exigente em água, sem, no entanto, tolerar o excesso hídrico. Dessa forma, em regiões onde ocorrem déficits hídricos do solo prolongados, a cultura não apresenta rendimentos satisfatórios, tornando-se obrigatório o uso da irrigação. O efeito do déficit hídrico é ainda mais grave quando o pomar é implantado em solos de textura arenosa e rasos.

Os constantes incrementos na instalação de sistemas de irrigação, associados às vantagens da fertirrigação, têm resultado em aumento contínuo das áreas de mamoeiro fertirrigadas no Brasil.

A adoção da tecnologia de irrigação e de fertirrigação para a cultura do mamoeiro deve ser respaldada por recomendações adequadas de manejo de água e nutrientes, que permitam o seu uso racional e resultem em alta produtividade física e econômica da cultura, sem agressão ao meio ambiente.

Este capítulo objetiva disponibilizar informações sobre as relações solo-água-planta-atmosfera e guias para o manejo da irrigação e da fertirrigação na cultura do mamoeiro em diferentes condições edafoclimáticas.

Crescimento do mamoeiro sob irrigação

O mamoeiro é uma planta exigente em água principalmente na fase do florescimento, quando a ocorrência de uma semana ou mais de deficiência hídrica pode resultar em queda de flores. As plantas adultas são mais tolerantes ao déficit de umidade embora não produzam o máximo nessas condições. O estresse hídrico leva a uma clorose das folhas mais velhas com subsequente queda das mesmas (MARLER et al., 1994), não havendo, entretanto, interrupção da emissão foliar.

O nível de umidade do solo é um fator fundamental para o crescimento e desenvolvimento da planta, já que quase todos os processos fisiológicos são direta ou indiretamente afetados pelo suprimento hídrico.

A área foliar, o diâmetro do caule e a altura são variáveis relacionadas ao crescimento das plantas e são indicativos da produtividade da cultura. O efeito da irrigação nos parâmetros de crescimento depende da região onde é cultivado o mamoeiro. Nas condições edafoclimáticas em que a irrigação é necessária apenas em pequenos períodos de deficit hídrico no solo, seu efeito é inferior ao observado em regiões semiáridas, onde a irrigação é imprescindível para o cultivo dessa fruteira.

As taxas de alongamento do caule e das folhas do mamoeiro são afetadas pelo deficit hídrico principalmente na fase vegetativa entre 7 e 11 semanas após o transplântio. O diâmetro do caule, a projeção da copa e o número de folhas por planta também são significativamente reduzidos com o deficit hídrico do solo (AIYELAAGBE et al., 1986; AWADA et al., 1979; SRINIVAS, 1996).

O diâmetro do caule e a área foliar são os parâmetros de crescimento do mamoeiro de maior sensibilidade em resposta aos níveis de água no solo (Figura 1). Resultados experimentais mostram que a área foliar de plantas de mamão nas condições dos Tabuleiros Costeiros do Recôncavo Baiano apresenta um crescimento contínuo até 370 dias após o plantio, quando começa a reduzir-se. Com relação ao diâmetro do caule, há manutenção do crescimento contínuo até 24 meses após o plantio, quando ocorre a estabilização; no entanto, a taxa de aumento da superfície foliar é superior à observada para o diâmetro do caule até os 12 meses após o plantio (Figura 1). Em condições de climas úmidos e subúmidos, o mamoeiro cultivado sob irrigação tem um crescimento do diâmetro do caule contínuo e acelerado até 483 dias após o plantio (Figura 1), quando há uma redução da taxa de crescimento, havendo uma estabilização definitiva a partir de 595 dias após o plantio (COELHO et al., 2002a, 2002b).

Nas condições dos Tabuleiros Costeiros, a altura da planta do mamoeiro mantém-se em crescimento contínuo até pelo menos 884 dias após o plantio, com uma redução da sua taxa de crescimento médio aos 431 dias após o plantio (COELHO et al., 2002a, 2002b), sendo o parâmetro de crescimento de menor sensibilidade aos níveis de irrigação.

Nas condições de clima semiárido, o mamoeiro cultivar Tainung n°. 1 apresenta aumento da área foliar até 230 dias após o plantio (Figura 2), atingindo valores superiores aos registrados em condições de Tabuleiros Costeiros; no caso do diâmetro do caule, os valores para as duas condições foram semelhantes.

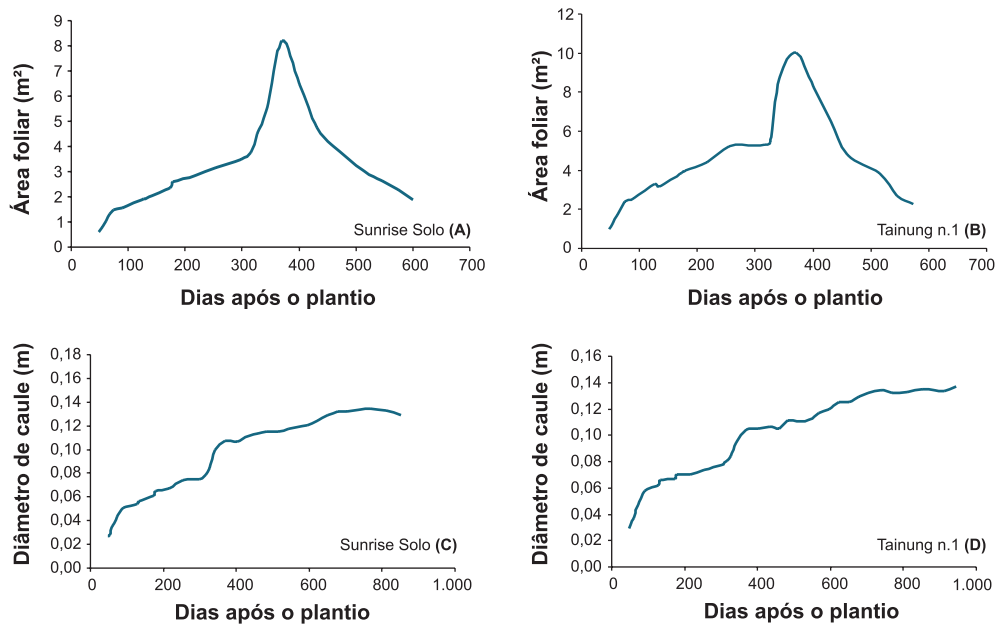


Figura 1. Área foliar para as cultivares Sunrise Solo (A) e Tainung n.º. 1 (B) e diâmetro do caule para as cultivares Sunrise Solo (C) e Tainung n.º. 1 (D), nas condições dos Tabuleiros Costeiros da Bahia, Cruz das Almas, 2001.

Fonte: Coelho et al. (2002a, 2002b).

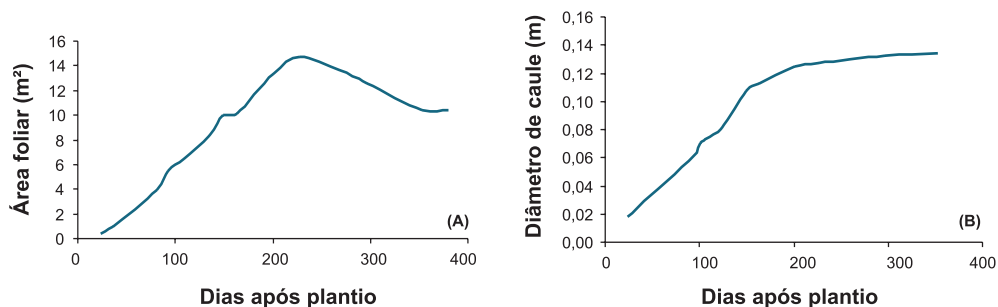


Figura 2. Área foliar (A) e diâmetro do caule (B) para o mamoeiro Tainung n.º. 1 irrigado nas condições do Semiárido da Bahia, laçu, 2001.

Fonte: Coelho et al. (2002a).

Floração, pegamento e crescimento de frutos do mamoeiro sob irrigação

Na fase de florescimento do mamoeiro, a ocorrência de deficit hídrico no solo pode causar grande queda de flores, implicando a redução da produtividade (HARKNESS, 1967). O problema da queda de flores em deficit hídrico pode ser agravado com a elevação de temperaturas acima de 28 °C e umidades relativas do ar abaixo de 60%. A irrigação reduz os efeitos negativos das altas temperaturas na

floração do mamoeiro e contribui positivamente para o pegamento de flores (Figura 3). Em condições de Tabuleiros Costeiros, a lâmina equivalente à reposição de 152% da evapotranspiração potencial, utilizando-se o gotejamento superficial, foi suficiente para garantir a floração em situação de temperatura acima de 28 °C e umidade relativa abaixo de 60%, impróprias à floração do mamoeiro (SILVA et al., 2003).

O pegamento de frutos também pode ser afetado pelo deficit hídrico do solo. Nas condições edafoclimáticas dos Tabuleiros Costeiros, o uso da frequência de irrigação de 2 dias resultou em maior incidência de pegamento de frutos comparada às frequências de 3 e 4 dias (SANTOS et al., 2001).

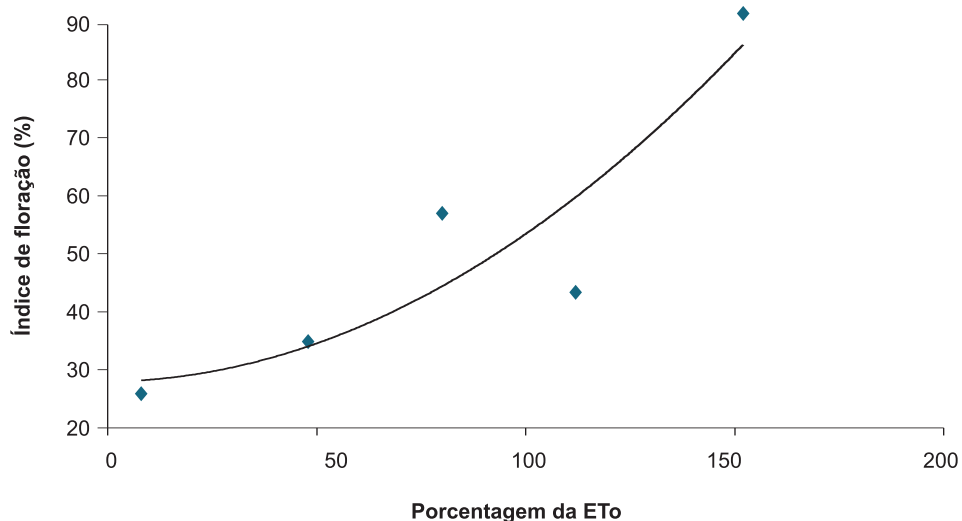


Figura 3. Comportamento do índice de floração (número de plantas com pegamento de flores/número de plantas total) em virtude da irrigação calculada pela porcentagem da evapotranspiração potencial (*ETo*).

Fonte: Silva et al. (2003).

Necessidades hídricas e produtividade do mamoeiro

A irrigação permite a obtenção de frutos maiores e melhores e maior superfície foliar, que pode contribuir para a redução dos efeitos negativos da incidência direta da radiação solar sobre os frutos, que em excesso pode causar queimaduras.

Trabalhos de pesquisa têm mostrado que, em condições de baixa demanda evapotranspirométrica (temperatura amena, reduzido número de horas de céu claro e umidade relativa mais alta), o consumo de água da cultura varia de 2 mm dia⁻¹ a 4 mm dia⁻¹ até 7 mm dia⁻¹ a 8 mm dia⁻¹ em períodos de alta demanda evapo-

transpirométrica (alta temperatura e luminosidade e baixa umidade relativa). Em condições de elevada demanda atmosférica, com as plantas adultas e em produção, entre o 9º. e o 12º. mês, pode-se recomendar a aplicação máxima diária de até 35 litros de água planta⁻¹ dia⁻¹.

Nas condições edafoclimáticas da região norte do Estado do Espírito Santo, a curva da produtividade, em razão da lâmina de água aplicada por microaspersão, apresentou um comportamento linear com máximo de produtividade para a lâmina aplicada até 1,20 vezes a água evaporada do tanque Classe A (SILVA, 1999). Os coeficientes de cultura aproximados determinados pelo método inverso, isto é, partindo-se de produtividades obtidas para coeficientes de cultura preestabelecidos para as condições dos Tabuleiros Costeiros do Recôncavo Baiano, que resultaram em maior produtividade física do mamoeiro da cultivar Sunrise Solo, foram de 0,31, 0,42, 0,52 e 0,84 para 0–30 dias após o plantio (dap), 31–60 dap, 61–120 dap e acima de 120 dap respectivamente. Esses valores também permitiram uma maior eficiência no uso da água. Para a cultivar Tainung n°. 1, os coeficientes de cultura que resultaram em maior produtividade física do mamoeiro, associados à maior eficiência de uso da água, foram de 0,38, 0,51, 0,64 e 1,02 para 0–30 dap, 31–60 dap, 61–120 dap e acima de 120 dap respectivamente, para uma precipitação anual variando de 1.332 mm a 1.423 mm.

O valor máximo do coeficiente de cultivo a ser usado durante o ciclo do mamoeiro deve permanecer pelo menos até 370 dias após o plantio, quando pode ocorrer uma queda da área foliar e da própria produção do mamoeiro de até 50% para a cultivar Sunrise Solo e de até 35% para a cultivar Tainung n°. 1 (COELHO et al., 2003a), o que necessitará, caso ocorra, do ajuste do coeficiente para a nova condição.

Nas condições climáticas do Semiárido, em solo franco-arenoso e para o mamoeiro do grupo Formosa, houve resposta positiva aos incrementos das lâminas de irrigação até 1,90 da evapotranspiração potencial, resultando em uma produtividade de 135 t ha⁻¹, embora a reposição de 1,37 da evapotranspiração potencial tenha resultado em uma produtividade de 117 t ha⁻¹ (LORDELO et al., 2002).

Coelho Filho et al. (2006) tomou como base áreas foliares de cultivares de mamoeiro Tainung n°. 1 e Sunrise Solo e obteve as curvas de coeficiente de cultura conforme a Figura 4. O coeficiente de cultivo máximo, tomado como 1,20, ocorreu 225 dias após o plantio para a cultivar Tainung n°. 1 e 270 dias após o plantio para a cultivar Sunrise Solo, quando a área foliar média atinge o valor máximo para as cultivares.

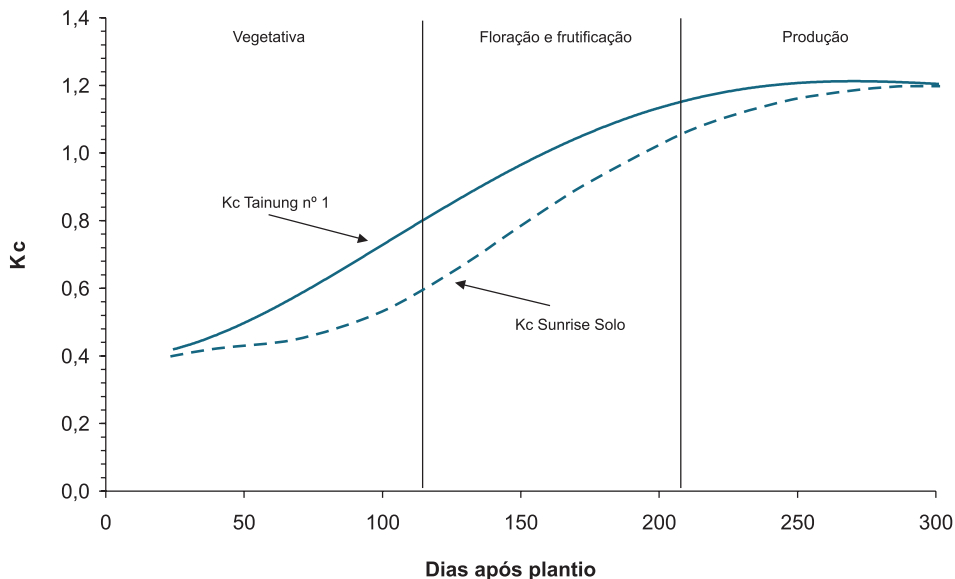


Figura 4. Coeficientes de cultura (K_c) para as cultivares Tainung nº. 1 e Sunrise Solo ao longo do tempo, obtidos como função da área foliar.

Fonte: Coelho Filho et al. (2006).

Transpiração de plantas de mamão

A maior fonte de perda de água de um pomar adulto é mediante a água transpirada pelas plantas, principalmente quando se utilizam sistemas localizados de irrigação (microaspersão > gotejamentosuperficial > gotejamentoenterrado), que, quando comparados aos sistemas de irrigação por aspersão, molham pequenas faixas de solo, reduzindo drasticamente a água evaporada. Por isso, a transpiração é um elemento que, se bem determinada, pode ser utilizada como parâmetro para quantificação da lâmina de irrigação. Quando se minimiza a evaporação da água no solo, a transpiração passa a ser a lâmina mínima necessária para manter um pomar com bom estado hídrico (ANGELOCCI, 1996; COELHO FILHO et al., 2006).

O mamoeiro é uma planta herbácea que possui elevada condutividade hidráulica, o que contribui para elevadas trocas de energia com o ambiente, favorecida pela elevada exposição das folhas à radiação solar. Essas características fazem que a transpiração por unidade de área foliar seja alta quando comparada a espécies que possuem elevada densidade de folhas quando adultas e reduzida condutividade hidráulica. A Tabela 1 contém dados de transpiração máxima por unidade de área foliar de plantas de mamão ('Tainung nº. 1').

Como se pode observar nas Figuras 5A e 5B, é possível separar o efeito do ambiente e da planta que interferem nos valores de fluxo de seiva. Primeiro, verifica-se que as

plantas respondem às condições meteorológicas reinantes, acompanhando dinamicamente as variações da radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{h}^{-1}$) ao longo de uma sequência de 3 dias seguidos (Figura 5a). Pode-se observar que a transpiração cai drasticamente a valores próximos de zero em razão da ocorrência de chuva próxima às 12h do primeiro dia da sequência. No segundo dia da sequência, predominantemente nublado, as pequenas taxas de transpiração refletem a baixa disponibilidade energética reinante no dia (efeito ambiental). Segundo, as plantas com maior superfície foliar (AF) transpiram sempre mais quando comparadas às de menor AF (efeito da planta), contudo, respondendo igualmente às variações de radiação global (Figura 5a e 5b).

É possível comparar os valores de transpiração de plantas com superfícies foliares diferentes e em dias com demandas atmosféricas variáveis, ao se realizar a modelagem da transpiração com padronização das plantas utilizando-se a área foliar. Para plantas de mamão, Coelho Filho et al. (2003a) chegaram à seguinte equação:

$$T = 0,56ET_o \times AF \quad (1)$$

em que T é a transpiração por unidade de área foliar ($\text{L m}^{-2} \text{dia}^{-1}$), ET_o a evapotranspiração de referência (mm dia^{-1}) e AF a área foliar (m^2).

Na Tabela 2, são apresentadas as lâminas de irrigação mínimas, sem considerar as perdas de água por evaporação nem os acréscimos correspondentes às perdas pela ineficiência do sistema de irrigação, calculadas com base na variação da área foliar e na evapotranspiração de referência. Esses valores podem servir como referência para pomares irrigados em que se realizam manejos de conservação de água do solo ou mediante a utilização de sistemas de irrigação mais eficientes, como a irrigação por gotejamento enterrado, que minimiza a evaporação. A vantagem de se utilizar essa metodologia de cálculo é que as lâminas serão ajustadas

Tabela 1. Transpiração máxima por unidade de área foliar em razão da evapotranspiração de referência (ET_o), de plantas do mamoeiro ‘Tainung n.º. 1’ em condições de campo (Cruz das Almas, BA).

ET_o (mm dia^{-1})	Transpiração (mm dia^{-1})
2	1,16
3	1,59
4	2,36
5	2,74
6	3,25

Fonte: Coelho Filho et al. (2003b).

às condições de crescimento das plantas e das variações das condições meteorológicas, sendo, portanto, menos subjetivo do que o simples estabelecimento de um único coeficiente, como o caso K_c .

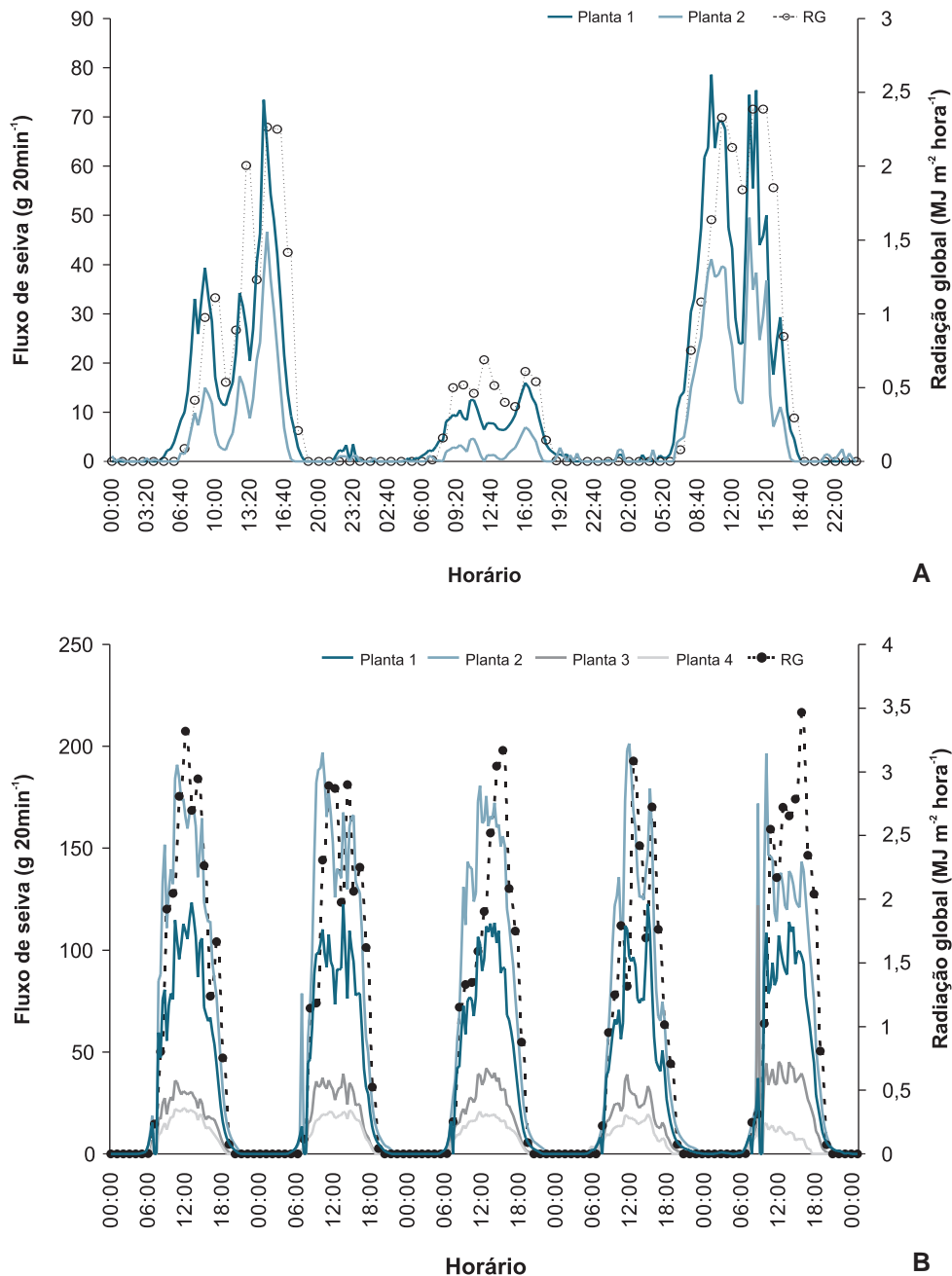


Figura 5. Transpiração máxima de plantas de mamão ‘Tainung n.º 1’ em dias chuvosos e com baixa disponibilidade energética (A) e em dias sem nuvens e com elevada disponibilidade energética (B).

Fonte: Coelho Filho et al. (2003b).

Tabela 2. Valores estimados da transpiração de plantas de mamão ($L \text{ dia}^{-1}$) com base na área foliar (AF) e na evapotranspiração de referência (ET_0).

AF m ²	ET ₀ (mm dia ⁻¹)				
	2	3	4	5	6
1	1,12	1,68	2,24	2,80	3,36
2	2,24	3,36	4,48	5,60	6,72
3	3,36	5,04	6,72	8,40	10,08
4	4,48	6,72	8,96	11,20	13,44
5	5,60	8,40	11,20	14,00	16,80
6	6,72	10,08	13,44	16,80	20,16
7	7,84	11,76	15,68	19,60	23,52
8	4,48	8,96	13,44	17,92	26,80
9	5,04	10,08	15,12	20,16	30,24
10	5,60	11,20	16,80	22,40	33,60

Fonte: Coelho Filho et al. (2003b).

Distribuição do sistema radicular e absorção de água pelas raízes

Os limites do sistema radicular podem variar conforme as características genéticas das plantas, as propriedades físicas do solo, como a textura e a estrutura, e o teor de água do solo que atua na resistência à penetração das raízes (GREGORY, 1987; KLEPPER, 1987). No entanto, sabe-se que o sistema e o manejo da irrigação influenciam sobremaneira a magnitude dessa resistência.

Os sistemas de irrigação que restringem a área molhada, caso da irrigação localizada, tendem a apresentar menor volume de solo explorado pelas raízes que os sistemas de aspersão. Os sistemas de irrigação por microaspersão possuem maior área e volume molhados que os sistemas de gotejamento, propiciando maior espaço para o desenvolvimento de raízes.

Para o gotejamento superficial, Silva et al. (2001), em Latossolo Amarelo de textura argilosa, obtiveram a profundidade efetiva do sistema radicular equivalente a 80% do comprimento total das raízes, critério estabelecido por Vieira et al. (1996), a 0,45 m, e pelo menos 60% das raízes concentraram-se à profundidade de 0,25 m (Figura 6a). No caso do gotejamento enterrado, com a linha lateral junto à fileira de plantas, houve um deslocamento vertical da região de maior concentração de raízes, isto é, entre

0,10 m e 0,45 m e distâncias da planta entre 0,10 m e 0,65 m. Comparada ao gotejamento, a distribuição das raízes no solo irrigado por microaspersão ocupou maior volume, principalmente na região entre a planta e o microaspersor, atingindo profundidades superiores a 0,60 m e distância da planta de 0,80 m (Figura 6b). A máxima concentração de raízes ocorreu nas profundidades entre 0,25 m e 0,45 m.

Os limites do volume molhado de solo dependem do total de água aplicado na irrigação, que depende da demanda evapotranspirométrica, da eficiência do sistema de irrigação e do intervalo entre irrigações. Altas frequências de irrigação condicionam menores volumes molhados que baixas frequências, o que pode influenciar os padrões de distribuição das raízes. Coelho et al. (2003b) verificaram que, para o intervalo de irrigação de 2 e 3 dias, as raízes concentraram-se na profundidade até 0,50 m, atingindo a distância de 0,75 m da planta. Para o intervalo de 4 dias, a profundidade das raízes atingiu valores superiores a 0,75 m.

A absorção de água pelo sistema radicular depende da densidade e da distribuição de raízes no volume molhado do solo (CHANDRA; RAI, 1996; HAYHOE, 1981). Assim, espera-se que, nas regiões de maior densidade de comprimento de raízes, ocorra maior absorção de água. O diâmetro das raízes também deve ser levado em conta, uma vez que as raízes muito finas e finas são consideradas as maiores responsáveis pela absorção de água e nutrientes. Portanto, as mesmas variáveis que influem na distribuição das raízes também influenciam a distribuição das zonas de extração de água no sistema radicular.

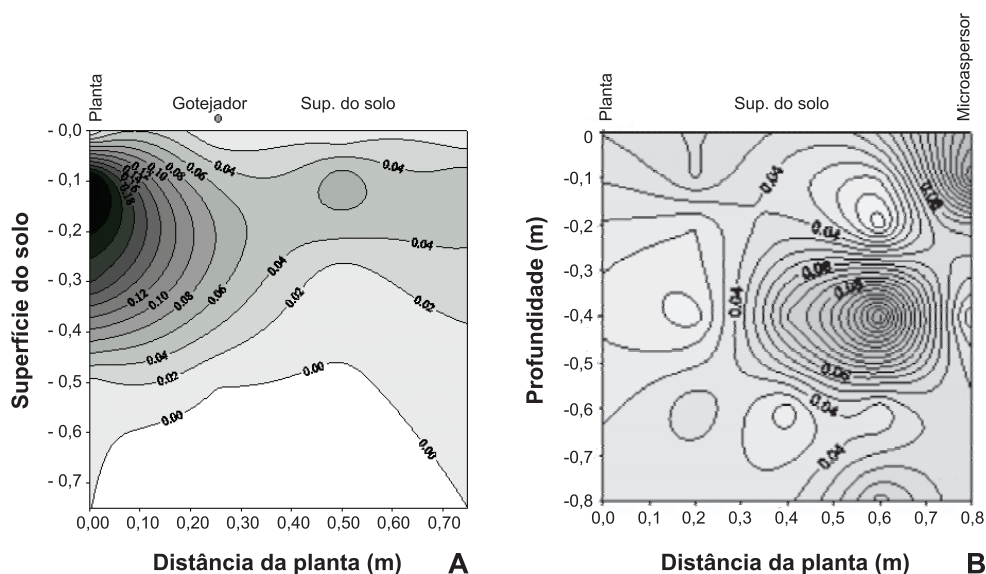


Figura 6. Distribuição do sistema radicular do mamoeiro (densidade de comprimento de raízes; g m⁻³) irrigado por gotejamento (A) e por microaspersão (B).

Fonte: Coelho et al. (2003c).

As regiões de absorção de água do sistema radicular do mamoeiro variam conforme o sistema de irrigação que condiciona a distribuição de água dos emissores em relação à posição da planta. A extração de água na zona radicular entre duas irrigações para o sistema de gotejamento na fileira de plantas (Figura 7a) ocorre na região entre a planta até 0,50 m desta, à profundidade máxima de 0,40 m. A maior atividade das raízes é detectada à distância horizontal da planta de 0,20 m e à profundidade de 0,22 m. No caso da microaspersão (Figura 7b), a distribuição da extração de água na zona radicular do mamoeiro foi abrangente tanto no lado do emissor, quanto no lado oposto a este, atingindo 0,50 m de distância da planta em ambos os lados e profundidades superiores a 0,50 m. A região de máxima absorção ficou situada à profundidade de 0,38 m e apresentou-se mais profunda que no caso do gotejamento. Tal abrangência é

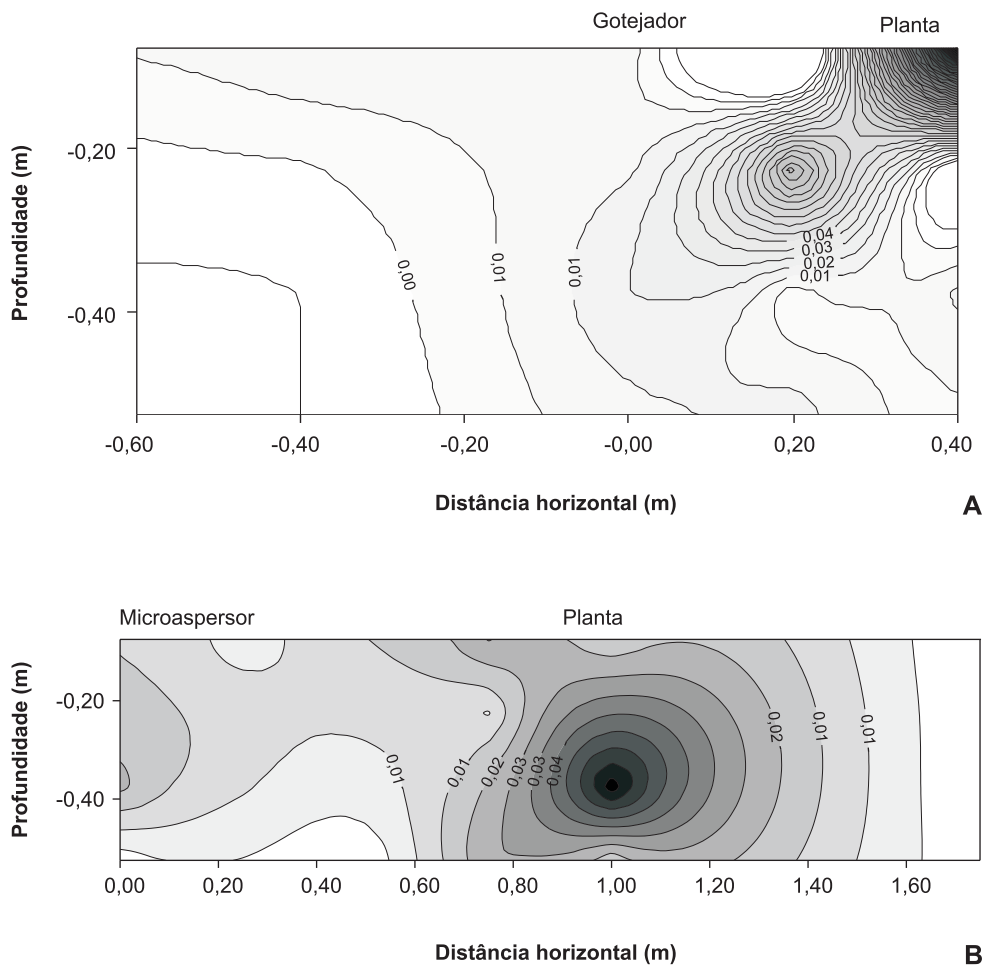


Figura 7. Distribuição da extração de água ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) na zona radicular do mamoeiro irrigado por gotejamento na fileira de plantas (A) e por microaspersão (B).

Fonte: Silva et al. (2001).

justificada pela distribuição de água da irrigação numa condição de área molhada superior à obtida no caso do gotejamento.

As frequências de irrigação também influem na absorção de água pelo sistema radicular do mamoeiro. Coelho et al. (2003b) avaliaram a extração de água na zona radicular do mamoeiro sob gotejamento para três frequências de irrigação (2, 3 e 4 dias). A região de predominância da extração de água aumentou com a diminuição da frequência de irrigação (Figura 8). Na frequência de 2 dias, houve predominância na extração de água até a distância horizontal de 0,40 m e profundidade de 0,30 m. Na frequência de 3 dias, a distância horizontal aumentou para 0,55 m, mantendo-se a mesma profundidade em relação à frequência de 2 dias. Na frequência de 4 dias, houve um aumento considerável na região de predominância da extração de água, cuja profundidade de predominância de extração aumentou para 0,80 m e houve extração em todas as posições ao longo da fileira de plantas, distanciadas entre si de 1,50 m.

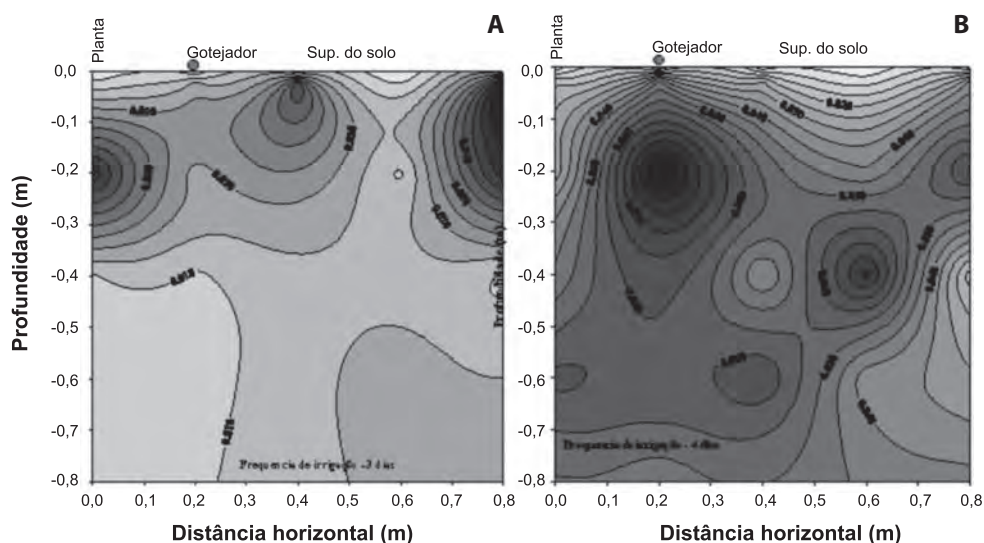


Figura 8. Distribuição da extração de água na zona radicular do mamoeiro irrigado por gotejamento na fileira de plantas para intervalo de irrigação de 3 dias (A) e 4 dias (B).

Fonte: Coelho et al. (2003c). Diagramador indicar na figura a correspondente a A e B.

Métodos de irrigação

Os métodos de irrigação mais recomendados para a cultura do mamoeiro são os métodos pressurizados, isto é, a irrigação por aspersão e localizada.

Entre os sistemas de irrigação por aspersão, os autopropelidos e os pivôs centrais são os mais utilizados. Os sistemas autopropelidos têm a desvantagem da baixa eficiência energética, necessidade de mão de obra para a troca de posição,

requerendo inclusive o uso de tratores para seu transporte de um local para outro, além de severa influência dos ventos.

No caso dos sistemas de pivôs centrais, o requerimento de mão de obra é baixo, e o consumo de energia é médio e apresenta uma razoável influência dos ventos. O método de aspersão, principalmente considerando-se sistemas de alta pressão, contribui para o aumento da queda de flores, causada pelo impacto das gotas de água nas plantas, e propicia condições microclimáticas favoráveis ao aparecimento de doenças. A uniformidade de distribuição de água também deve ser levada em consideração, pois, quando baixa, implica elevados ou baixos conteúdos de umidade do solo em alguns setores da área irrigada, comprometendo o balanço de ar/água do solo e causando efeito negativo ao desenvolvimento e produtividade da cultura.

Nos sistemas de irrigação localizada (Figura 9), tanto o gotejamento como a microaspersão vêm sendo muito utilizados. A microaspersão funciona com baixa pressão (100 kPa a 300 kPa) e vazão por microaspersor entre 20 L h⁻¹ e 175 L h⁻¹. A disposição dos emissores é normalmente de um emissor para duas ou quatro plantas, sendo esperada uma uniformidade de distribuição de água nesses emissores acima de 85%.

O gotejamento, que funciona na faixa de pressão de 50 kPa a 250 kPa, apresenta vazões mais comuns entre 2 L h⁻¹ e 4 L h⁻¹. Para a cultura do mamão, recomendam-se dois gotejadores por planta, com vazão próxima ou igual a 4 L h⁻¹, instalados



Foto: Eugênio Ferreira Coelho

Figura 9. Sistema de irrigação por microaspersão em mamoeiro.

a 0,25 m do caule para solos arenosos e a 0,50 m para solos argilosos. O sistema de gotejamento pode ser superficial ou enterrado, ou seja, com as linhas laterais à superfície do solo ou enterradas. Quando enterradas, recomenda-se o uso de gotejadores de fluxo turbulento, de vazão igual ou próxima de 2 L h^{-1} , enterrados de 0,20 m a 0,30 m de profundidade, de forma a prover uma distribuição de água que possa facilitar o desenvolvimento das raízes, mantendo uma adequada relação ar/água ao sistema radicular. Para o gotejamento enterrado, recomenda-se o plantio no período chuvoso, visando estabelecer para o período de déficit hídrico um sistema radicular suficiente para usar a água disponível no volume molhado criado pelo gotejador.

O sistema de microaspersão proporciona maior área molhada ao solo dando melhores condições às raízes de se desenvolverem. Entretanto, as diferenças em produtividade comparadas ao gotejamento superficial ao longo da fileira de plantas são pequenas (inferiores a 10%). A utilização do gotejamento enterrado em solos de Tabuleiros Costeiros, plantados com mamoeiro do grupo Solo, resultou em produtividade média 15% menor que a obtida com o uso do sistema superficial. O uso da microaspersão deve levar em consideração a fase inicial da cultura, quando as raízes podem receber lâminas inferiores às necessárias em razão da distribuição de água no microaspersor. Essa distribuição apresenta lâminas maiores próximas do emissor e decrescem à medida que se afastam dele. O uso de fileiras duplas e de microaspersores de maior raio de ação (acima de 3,0 m) reduz esse problema.

Manejo da irrigação

O manejo da irrigação envolve a tomada de decisão sobre quando irrigar e quanto de água aplicar. Para auxiliar o produtor a tomar a decisão mais apropriada, diferentes métodos foram desenvolvidos. Pode-se programar a irrigação de uma área cultivada usando-se um método ou uma combinação de dois ou mais métodos. O produtor deve usar os métodos existentes de manejo da irrigação, mas ciente de que um ajuste local muitas vezes poderá ser necessário, dadas as muitas variáveis envolvidas nos processos do sistema solo-água-planta-atmosfera.

A definição de quando irrigar, no caso da irrigação localizada, pode ser preestabelecida. Nas condições dos Tabuleiros Costeiros da Bahia e do norte do Espírito Santo, as maiores produtividades foram conseguidas para o intervalo de 3 dias entre irrigações. No caso de regiões semiáridas, deve-se estabelecer o intervalo

de irrigação de 1 dia. Tratando-se da aspersão, considerar o turno de rega em razão da lâmina de irrigação real necessária ou lâmina líquida (mm), LRN , a ser reposta, e a evapotranspiração da cultura, ET_c :

$$TR = \frac{LRN}{ET_c} \quad (2)$$

O valor da LRN é dado por

$$LRN = (\theta_{CC} - \theta_{PM}) \times Z \times f \quad (3)$$

em que θ_{CC} e θ_{PM} correspondem ao teor de umidade do solo ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente respectivamente, Z representa a profundidade efetiva do sistema radicular (mm) e f representa a variação máxima permissível da disponibilidade de água no solo (decimal) sem causar redução da produtividade da cultura.

Os valores de f recomendáveis para o mamoeiro são de no máximo 0,25. O valor de Z deve levar em conta que o sistema radicular das plantas de mamão em regiões produtoras de Tabuleiros Costeiros envolve um volume de solo limitado por um raio próximo de 0,70 m, em relação ao tronco, e a profundidade (Z) de 0,50 m, cuja maioria das raízes se encontra num raio de 0,35 m a partir do tronco. Entretanto, tais valores podem variar conforme a textura e estrutura no perfil do solo.

O cálculo da quantidade de água a ser aplicada pode ser feito determinando-se a umidade do solo ou indiretamente pela determinação do potencial matricial do solo. O momento da irrigação também pode ser determinado por meio do estado atual da água do solo, como índice de estresse hídrico da cultura (potencial matricial), utilizando-se sensores apropriados como o tensiômetro.

Monitoramento do estado da água do solo

A umidade do solo pode ser obtida pelo método gravimétrico, pelo uso da reflectometria no domínio do tempo (TDR), além de outros. Os blocos de resistência elétrica e o tensiômetro permitem a obtenção do potencial matricial que pode ser convertido na umidade do solo pela curva de retenção da água do solo.

O tensiômetro indica o potencial matricial da água no solo (ψ_m) em razão do seu conteúdo de umidade a uma dada profundidade. Alguns trabalhos de pesquisa

em solos de textura média têm mostrado que, para o desenvolvimento e produção adequada do mamoeiro, os teores de água do solo devem corresponder a valores de potencial matricial próximos de -20 kPa. Para solos arenosos, deve ser acima de -15 kPa. Esses valores devem ser tomados como referências iniciais, devendo ser ajustados conforme as condições locais de solo.

Uma vez conhecido um potencial matricial crítico (ψ_{mc}), isto é, aquele abaixo do qual haverá comprometimento da produtividade, a irrigação será feita quando a umidade do solo cair a esses níveis de potencial. A quantidade de água a ser aplicada ou a lâmina líquida será calculada pela equação:

$$LRN = \theta_{cc} - \theta_c \quad (4)$$

em que: θ_{cc} é o conteúdo de umidade do solo equivalente ao potencial matricial à capacidade de campo ($m^3 m^{-3}$) e θ_c o conteúdo de umidade do solo equivalente ao potencial crítico.

Um ponto importante a ser observado é quanto à localização dos sensores no perfil do solo (Figura 10). Como regra, devem-se instalar os sensores no centro de atividade do sistema radicular ou numa região do sistema radicular representativa do cenário geral de extração de água, a distâncias inferiores a 0,30 m da planta e a profundidades entre 0,20 m e 0,40 m, devendo-se também padronizar as posições dos sensores em relação ao emissor.



Figura 10. Tensiômetros de mercúrio (A) e do tipo vacuômetro (B).

Uso do balanço de água no solo

O uso do método do balanço de água no solo requer conhecimento de um significativo número de variáveis, tanto meteorológicas como físico-hídricas do solo, o que pode limitar mais o seu uso. No entanto, é o método que melhor permite avaliar e tomar decisões sobre o manejo da irrigação. É um método disponível em aplicativos computacionais (Sisda, Irriga, Irriger, IrriPlus, IrriSimples, MDIC e Irrigafácil). O seu uso requer o estado inicial do solo com umidade à capacidade de campo uma vez que são feitas reposições da evapotranspiração. O acompanhamento com sensores de água no solo é fundamental, principalmente imediatamente após os períodos chuvosos, para se determinar o momento certo do retorno da irrigação.

Fertirrigação do mamoeiro

Calagem e adubação

O mamoeiro apresenta bom desenvolvimento em solos com pH variando de 5,5 a 6,7. Em solos ácidos (pH 4,5–5,0) ou de acidez média (pH 5,1–5,5), com teores de Al^{+3} maiores que $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ou de $Ca^{+2} + Mg^{+2}$ menores que $2 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, a correção da acidez é obrigatória.

A quantidade necessária de calcário (NC) com base nos teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg) e alumínio (Al) é determinada por uma das seguintes fórmulas, utilizando-se a maior quantidade obtida:

$$a) NC (\text{t ha}^{-1}) = 2[2 - (\text{cmol}_c \text{ Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}/\text{dm}^3)] \times fi$$

ou

$$b) NC (\text{t ha}^{-1}) = 2(\text{cmol}_c \text{ Al}^{+3}/\text{dm}^3) \times fi$$

em que $fi = 100/\text{PRNT}$ do calcário.

A recomendação de calagem com base na saturação de bases visa elevar a saturação do solo a 80%, sendo a NC calculada pela seguinte fórmula:

$$NC (\text{t ha}^{-1}) = \text{CTC}(V_2 - V_1)/100fi$$

em que CTC é a capacidade de troca de cátions; V_2 é a porcentagem da saturação por bases que se pretende atingir, sendo 80% para o mamoeiro; V_1 é a porcentagem inicial de saturação por bases ($V\%$).

A aplicação de calcário, quando recomendada, deve ser realizada com antecedência de 2 a 3 meses antes do plantio. Orienta-se para áreas novas a substituição de 30% do calcário pelo sulfato de cálcio, como forma de reduzir o efeito tóxico do Al^{+3} do subsolo e permitir o crescimento das raízes do mamoeiro nas camadas subsuperficiais. Quando o teor de Mg^{2+} for inferior a $9 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$, deve-se dar preferência ao calcário dolomítico (25%–35% de CaO e $MgO > 12\%$). O teor mínimo de Ca^{+2} no solo deve ser de $20 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$.

Nas Tabelas 3, 4 e 5 são apresentadas as recomendações de adubação com macronutrientes e boro, com base na análise de solo. A cada 6 meses após o plantio, deve-se fazer nova análise de solo visando ajustar a adubação, seguindo-se as recomendações descritas.

Na implantação da cultura, devem-se aplicar, do total de nutrientes recomendados para o primeiro ano, 15% do N na cova de plantio, na forma orgânica (torta de mamona e esterco de gado, de aves ou de cabra), juntamente com 33% do P (superfosfato simples), para suprir a planta com enxofre (S), na forma líquida como fosfato mono ou diamônico ou outra fonte de fósforo de solubilidade aceitável.

Tabela 3. Recomendação de adubação, com base na análise química de solo, do plantio aos 120 dias pós-plantio.

Plantio e pós-plantio										
Fase	N orgânico	P resina (mg dm^{-3})			K trocável ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)			B água quente (mg dm^{-3})		
		0–12	13–30	>30	0–1,5	1,6–3,0	>3	0–0,2	0,2–0,6	>0,6
Plantio	kg ha^{-1}	P_2O_5 (kg ha^{-1})			K_2O (kg ha^{-1})			B (kg ha^{-1})		
	60	60	40	20	-	-	-	-	-	-
Pós-plantio	N mineral	P resina (mg dm^{-3})			K trocável ($\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$)			B água quente (mg dm^{-3})		
		0–12	13–30	>30	0–1,5	1,6–3,0	>3	0–0,2	0,2–0,6	>0,6
Dias	kg ha^{-1}	P_2O_5 (kg ha^{-1})			K_2O (kg ha^{-1})			B (kg ha^{-1})		
30–120	60	40	30	20	80	60	40	1	0,5	0

Fonte: Oliveira (2002).

Tabela 4. Recomendação de adubação, com base na análise química de solo, da floração aos 360 dias pós-plantio.

Floração e frutificação (5º mês em diante)										
Produtividade esperada (t ha ⁻¹)	N mineral	P resina (mg dm ⁻³)			K trocável (mmol _c dm ⁻³)			B água quente (mg dm ⁻³)		
		0–12	13–30	>30	0–1,5	1,6–3,0	>3	0–0,2	0,2–0,6	>0,6
	kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)			K ₂ O (kg ha ⁻¹)			B (kg ha ⁻¹)		
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 (2002).

Tabela 5. Recomendação de adubação, com base na análise química de solo, no segundo ano pós-plantio.

Segundo ano (produção)										
Produtividade esperada (t ha ⁻¹)	N Mineral	P resina (mg dm ⁻³)			K trocável (mmol _c dm ⁻³)			B água quente (mg dm ⁻³)		
		0–12	13–30	>30	0–1,5	1,6–3,0	>3	0–0,2	0,2–0,6	>0,6
	Kg ha ⁻¹	P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)			K ₂ O (kg ha ⁻¹)			B (kg ha ⁻¹)		
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 (2002).

O mamoeiro é uma cultura de demanda nutricional relativamente alta, o que é justificado pelas elevadas produtividades que pode apresentar. É uma cultura que começa a fase de floração a partir do terceiro mês após o transplante e, em produção, continua a partir do sétimo/oitavo mês. Essa característica indica que as plantas, para manterem seu regime produtivo contínuo, absorvem nutrientes ao longo de todo o ciclo.

Marcha de absorção

O mamoeiro é uma planta que extrai quantidades relativamente altas de nutrientes e apresenta extrações contínuas durante o primeiro ano, conforme pode ser

observado na Figura 11, que ilustra as marchas de absorção de macronutrientes e micronutrientes, estabelecidas por Coelho Filho et al. (2007).

Analisando a Figura 11, verifica-se, no caso dos macronutrientes, que aos 60 dias após o plantio as taxas de extração foram de 0,09 g $\text{planta}^{-1} \text{dia}^{-1}$ para nitrogênio (N) e potássio (K)

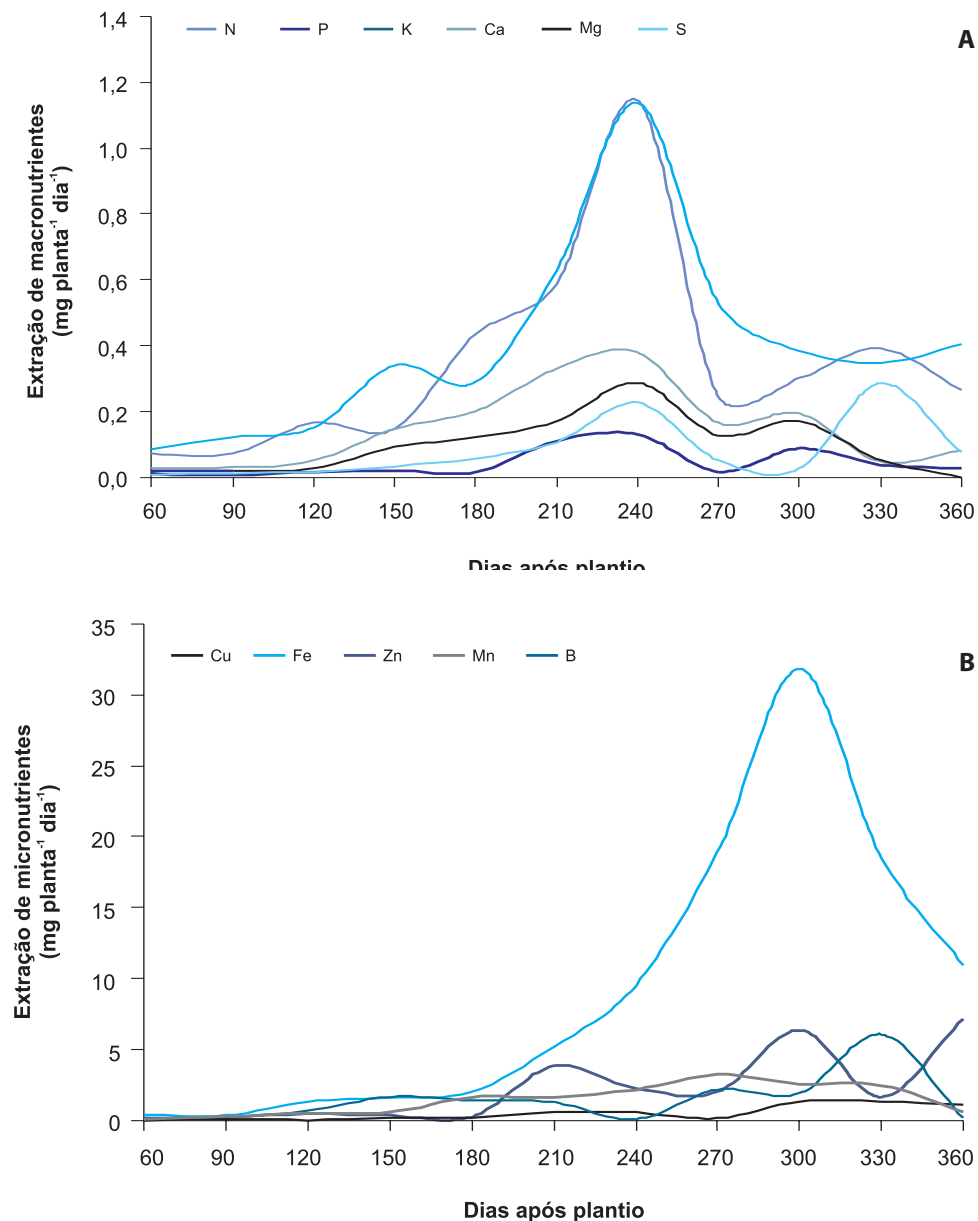


Figura 11. Extração de macronutrientes. (A) – g $\text{planta}^{-1} \text{dia}^{-1}$ – e micronutrientes (B) – mg $\text{planta}^{-1} \text{dia}^{-1}$ – pelo mamoeiro ‘Sunrise solo’, fertirrigado com ureia e densidade de 1.543 plantas ha^{-1} .

Fonte: Coelho Filho et al. (2007).

e de 0,01 g dia⁻¹ para cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e fósforo (P). Há significativo acréscimo das taxas a partir de 120 dias até 240 dias após o plantio, quando se atingem níveis máximos (1,14 g dia⁻¹ para K; 1,15 g dia⁻¹ para N; 0,38 g dia⁻¹ para Ca; 0,3 g dia⁻¹ para Mg; 0,23 g dia⁻¹ para S; 0,13 g dia⁻¹ para P). Esse período, conforme os resultados, configura-se como o mais exigente em termo de nutrição pela cultura. Após 240 dias, há decréscimo das taxas de extração de todos os macronutrientes, talvez por coincidir com o período final de colheita desse primeiro ciclo. Nessa fase, ocorre um decréscimo abrupto das taxas de extração, ficando em média 0,38 g dia⁻¹ para K, 0,32 g dia⁻¹ para N, 0,05 g dia⁻¹ para P, 0,11 g dia⁻¹ para Mg e 0,08 g dia⁻¹ para S. Com relação aos micronutrientes, a extração também se eleva decorridos 120 dias após o plantio, crescendo lentamente até o final da análise, sendo verificados picos para Zn (6,4 mg dia⁻¹), Fe (32 mg dia⁻¹), B (6,1 mg dia⁻¹) e Mn (3,22 mg dia⁻¹), respectivamente, aos 300, 330 e 270 dias após o plantio.

Cunha (1979) também determinou a extração de nutrientes e exportação pela colheita da espécie *Carica papaya*, cultivada em uma densidade de 1.650 plantas ha⁻¹. Os resultados estão na Tabela 6 e mostram as quantidades totais absorvidas pela parte aérea da planta e o percentual exportado pelas flores e frutos durante um período de 360 dias de cultivo. Ressalta-se que no primeiro ano a planta apresenta exportação de nutrientes pelos frutos em apenas 3 a 5 meses de colheita. Dos macronutrientes, o N, o K e o Ca foram os nutrientes mais absorvidos, enquanto o P foi o que apresentou a menor absorção. Dos micronutrientes, o Fe, o Mn, o Zn e o B foram os elementos mais absorvidos, enquanto o Cu e o Mo foram extraídos em menores quantidades.

Tabela 6. Quantidades totais de macronutrientes e micronutrientes absorvidas (AB) pelo mamoeiro e acumuladas nas flores e frutos (AC) no primeiro ano de cultivo.

Macronutriente (kg ha ⁻¹)											
N		P		K		Ca		Mg		S	
AB	AC	AB	AC	AB	AC	AB	AC	AB	AC	AB	AC
104	25	10	3	108	27	37	5	16	2	12	3

Micronutriente (g ha ⁻¹)											
B		Cu		Fe		Mn		Mo		Zn	
AB	AC	AB	AC	AB	AC	AB	AC	AB	AC	AB	AC
102	20	30	6	338	54	211	29	0,25	0,09	106	22

Fonte: Cunha (1979).

As menores quantidades acumuladas de macronutrientes nos órgãos reprodutivos do mamoeiro são de Ca e Mg na ordem de 13% e 14% respectivamente. Em relação ao P, 30% do total absorvido no primeiro ano de cultivo é acumulado nas flores e frutos, enquanto o N, o K e o S apresentam acumulações na faixa de 24% a 25%.

O Mo é, proporcionalmente, o micronutriente mais acumulado nas flores e frutos, apresentando taxas de 36% do total absorvido. Para o B, o Cu e o Zn, as taxas de acumulação nos órgãos reprodutivos situam-se em torno de 20%. O Mn e o Fe, apesar das altas taxas de absorção, apresentam valores próximos a 15% de acumulação nas flores e frutos.

Coelho Filho et al. (2007), em estudo de absorção de nutrientes pelo mamoeiro, também verificaram, para o primeiro ano de cultivo, que a absorção de macronutrientes seguiu a mesma tendência do acúmulo de matéria seca, apresentando a seguinte ordem de extração: $K > N > Ca > Mg > S > P$. A quantidade do K absorvida ficou ligeiramente superior à do N, obtendo-se uma relação de 1,15:1. O P, apesar de ser absorvido em menor quantidade, foi proporcionalmente o macroelemento mais acumulado nas flores e frutos (aproximadamente 32%), enquanto os valores das exportações dos demais ficaram entre 28% e 31% (Tabela 7). Considerando-se os micronutrientes absorvidos, foi observada a seguinte ordem de extração: $Fe > Zn > Mn = B > Cu$ (Tabela 7). Os micronutrientes mais acumulados nas flores e frutos foram o Cu e o Zn, com 49% do total extraído pela planta, seguidos do Fe, Mn e B com acumulações respectivas de 38%, 42% e 37%.

A exportação de macronutrientes, em $kg\ ha^{-1}$ durante 12 meses de colheita, em uma produtividade média de $49\ t\ ha^{-1}\ ano^{-1}$, é da ordem de 87 de N, 10 de P, 103

Tabela 7. Totais de macronutrientes ($g\ planta^{-1}$) e micronutrientes ($mg\ planta^{-1}$) acumulados nos tecidos das plantas fertirrigadas com fonte amídica (acúmulo de 12 meses).

	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe	Zn	Mn	B
	(g planta ⁻¹)						(mg planta ⁻¹)				
Caule	48,0	9,2	76,2	20,7	14,0	15,5	51,1	554,1	233,3	102,7	76,5
Folha	29,1	3,5	14,5	12,7	8,6	4,5	31,9	1.159,0	140,0	157,3	205,8
Flores + Fruto	33,5	4,7	33,7	13,9	10,1	8,8	82,1	1.162,0	361,2	200,1	176,7
Pecíolo	4,5	0,7	13,6	6,8	4,0	1,4	4,1	147,3	9,8	18,1	19,8
Total	115,0	14,7	133,5	50,0	32,9	28,5	169,1	3.022,4	744,3	478,1	478,7
Flores + Frutos (%) ⁽¹⁾	29,1	32,3	25,3	27,8	30,6	30,9	48,5	38,4	48,5	41,8	36,9

⁽¹⁾ Percentual de nutrientes acumulados pelas flores e frutos em relação ao total extraído.
Fonte: Oliveira (2002).

de K, 17 de Ca, 10 de Mg e 10 de S (CUNHA, 1979). O K ocupa o primeiro lugar na exportação pela colheita, seguido pelo N. O Ca aparece em terceiro lugar na exportação, enquanto quantidades similares de P, Mg e S são exportadas.

Em relação aos micronutrientes, a exportação, em $\text{g ha}^{-1} \text{ano}^{-1}$ durante 12 meses de colheita, situa-se em 48 de B, 16 de Cu, 164 de Fe, 90 de Mn, 0,38 de Mo e 68 de Zn. Embora o B ocupe apenas o quarto lugar na exportação pela colheita, sua deficiência é comum em plantios onde não são efetuadas adubações orgânicas ou químicas com esse micronutriente.

Parcelamento dos fertilizantes para fertirrigação

Pela marcha de absorção de nutrientes (Figura 11), podem-se obter taxas de absorção diárias, mensais, bimensais ou na escala de tempo que se preferir e, dessa forma, estabelecer um parcelamento na aplicação de macro e micronutrientes. Foram estabelecidos intervalos de tempo em que a taxa de absorção se manteve constante, isto é, a declividade da curva de absorção manteve-se sem variação significativa. Dessa forma, obtiveram-se os valores da Figura 12 para os principais

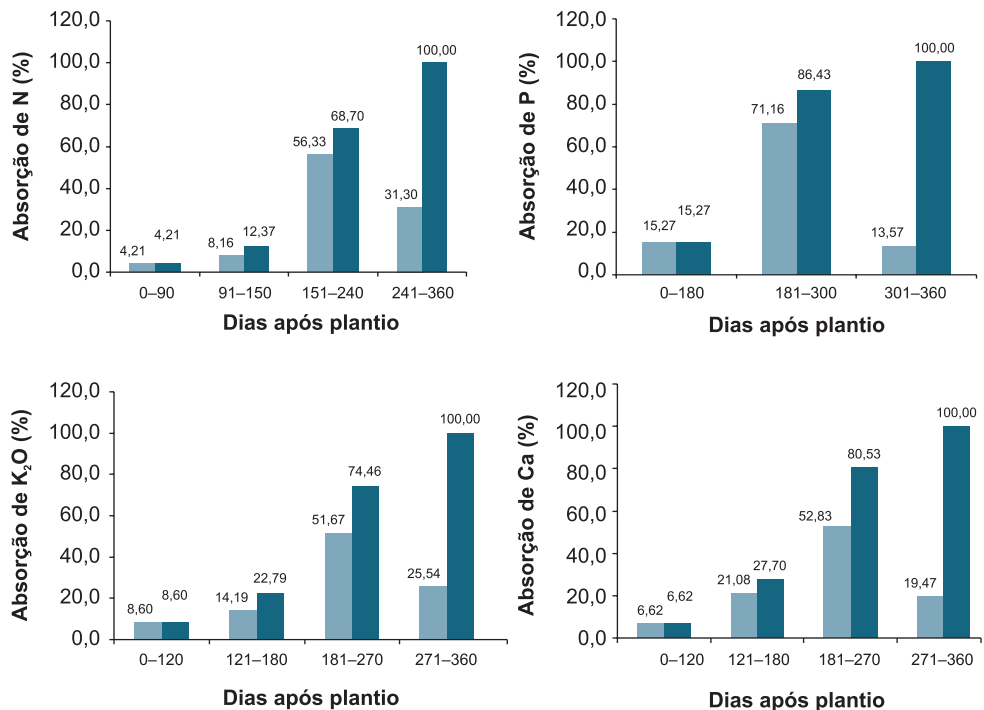


Figura 12. Porcentagem de nutrientes absorvidos ao longo do primeiro ano de cultivo do mamoeiro.

Fonte: adaptada de Coelho Filho et al. (2007).

macronutrientes utilizados em fertirrigação. Podem-se verificar, para cada nutriente, as porcentagens que deverão ser aplicadas no período de tempo correspondente. Como exemplo, se for necessária uma aplicação de 350 kg de K_2O no primeiro ano, deverão ser aplicados 8,6% ou 30,1 kg nos primeiros 120 dias, 14,2% ou 49,7 kg no período de 121–180 dias, 51,7% ou 180,9 kg no período de 181–270 dias e 25,5% ou 89,2 kg no período de 271–360 dias.

Manejo da fertirrigação

O uso da fertirrigação visa atender à demanda por nutrientes das culturas nos períodos corretos de exigência, minimizar as perdas por processos de lixiviação, fixação e volatilização e, por conseguinte, aumentar a eficiência do processo de adubação. Porém, assim como os fatores que influenciam os parâmetros de irrigação devem ser acompanhados, também é importante acompanhar os parâmetros nutricionais das plantas para adequação do esquema de fertirrigação. Esse aspecto é relevante já que as condições edafoclimáticas são variáveis para cada local, e a planta é uma expressão viva de todas as interações que ocorrem no ambiente em que é cultivada.

As adubações com nitrogênio e potássio, via água de irrigação, devem ser aplicadas em frequências de 3 ou 7 dias, devendo-se ajustar os intervalos de aplicação de acordo com a resposta da cultura e a economicidade do processo. O fósforo, pela sua menor exigência e menor mobilidade no solo, deve ser parcelado em intervalos de 30 dias. Com base nas Tabelas 3 e 4, e considerando-se uma produtividade esperada de 50 t ha^{-1} a 70 t ha^{-1} , obtêm-se as doses totais de adubo mineral a serem aplicadas em cobertura: 290 kg ha^{-1} de N, 50 kg ha^{-1} a 110 kg ha^{-1} de P_2O_5 e 120 kg ha^{-1} a 350 kg ha^{-1} de K_2O . A partir desses dados, foram simuladas nas Tabelas 8, 9 e 10 as quantidades necessárias de adubos minerais para serem aplicadas via fertirrigação.

Tabela 8. Quantidades de nitrogênio na forma mineral a serem aplicadas em cada fertirrigação.

Período após o plantio (dias)	Quantidade de N ($kg\ ha^{-1}$)		
	Total 289,90	Frequência de aplicação (3 dias)	Frequência de aplicação (7 dias)
0–90	12,20	0,51	1,02
91–150	23,60	1,48	2,96
151–240	163,30	6,81	13,61
241–360	90,80	2,84	5,67

Fonte: Coelho Filho et al. (2007).

Tabela 9. Quantidades de potássio (K_2O) na forma mineral a serem aplicadas em cada fertirrigação.

Período após o plantio (dias)	Quantidade de K_2O ($kg\ ha^{-1}$)		
	Total 120–350	Frequência de aplicação (3 dias)	Frequência de aplicação (7 dias)
0–120	10,31–30,09	0,32–0,94	0,64–1,88
121–180	17,02–49,66	1,06–3,10	2,13–6,21
181–270	62,00–180,84	2,58–7,53	5,17–15,07
271–360	30,65–89,39	1,27–3,72	2,55–7,45

Fonte: Coelho Filho et al. (2007).

Tabela 10. Quantidades de fósforo (P_2O_5) na forma mineral a serem aplicadas em cada fertirrigação.

Período após o plantio (dias)	Total (50–110)	Quantidade de P_2O_5 ($kg\ ha^{-1}$)
	Total 50–110	Frequência de aplicação (30 dias)
0–180	7,63–16,80	1,27–2,80
181–300	35,58–78,27	8,89–19,57
301–360	6,78–14,92	3,39–7,46

Fonte: Coelho Filho et al. (2007).

Diagnose foliar

A diagnose foliar consiste em método de avaliação por meio de análise química das folhas e de aspectos visuais que indiquem anomalia das plantas, sendo uma importante ferramenta para o acompanhamento do estado nutricional da planta. Para que seja utilizada adequadamente, é necessário que se observem principalmente a época de amostragem e a posição das folhas coletadas. Para o mamoeiro, existem controvérsias quanto ao tecido que melhor represente o seu estado nutricional. Diversos autores estabeleceram os índices nutricionais tomando como base o limbo foliar (Tabela 11).

Para o pecíolo, Awada (1969, 1976, 1977), Awada e Long (1969, 1971a, 1971b, 1978), Awada e Suehisa (1984) e Awada et al. (1975) indicam os seguintes níveis padrões, em $dag\ kg^{-1}$: 1,25 a 1,45 para N, 0,16 a 0,25 para P, 3,61 para K e 0,73 a 0,93 para Ca.

Em estudos desenvolvidos na região produtora de mamão do norte do Espírito Santo, foram estabelecidos padrões de referências para o desenvolvimento do

Sistema Integrado de Diagnóstico e Recomendação para o Mamoeiro (Dris), Tabela 12. Nesses estudos, Costa (1995) determinou para o pecíolo as melhores correlações com vista à determinação do estado nutricional da planta. Verificou que a quantidade de água disponível para as plantas também influenciou os teores de nutrientes nas folhas do mamoeiro, de maneira que a época seca apresentou índices nutricionais mais bem ajustados. Esses índices podem ser utilizados para acompanhar a absorção dos nutrientes pelas plantas e adequar o modelo de adubação adotado.

As folhas para análise química devem ser amostras de uma mesma cultivar, de plantas com a mesma idade e que representem a média da plantação em termos de crescimento e produtividade. Devem-se retirar apenas as folhas que apresentarem em sua axila uma flor prestes a abrir ou recentemente aberta, com um mínimo de 12 folhas por amostra. Separar o limbo do pecíolo e analisar um deles. Posteriormente, comparar com os teores padrões aqui apresentados.

Tabela 11. Teores padrões de macronutrientes e micronutrientes no limbo foliar do mamoeiro, indicados por alguns autores.

Nutriente	Cunha (1979)		Agarwala et al. (1986) e Nautiyal et al. (1986)		Cibes e Gaztambide (1978)		Prezotti (1992)
	C ⁽¹⁾	D ⁽¹⁾	C	D	C	D	Adequado
Macronutriente	(g kg ⁻¹)						
N	42,4	36,1	-	-	22,5	19,6	45–50
P	5,2	1,4	-	-	8,2	1,4	5–7
K	38,1	13,6	-	-	15,8	4,0	25–30
Ca	12,9	2,8	-	-	36,1	14,8	20–22
Mg	6,5	1,7	-	-	12,1	3,0	10
S	3,1	3,4	-	-	12,1	5,4	4–6
Micronutriente	(mg kg ⁻¹)						
B	136	20	17,3	6,7	109	26	15
Fe	-	-	140,0	85,0	252	140	291
Mn	-	-	62,7	4,5	88	16	-
Zn	-	-	22,4	13,0	-	-	43
Cu	-	-	11,8	6,4	-	-	11
Mo	-	-	1,85	0,14	-	-	-

⁽¹⁾ C = solução nutritiva completa, com todos os nutrientes.

D = solução nutritiva deficiente, com omissão do nutriente em estudo.

Tabela 12. Teores padrões de macronutrientes e micronutrientes no pecíolo do mamoeiro, nas épocas seca e chuvosa.

Época	Macronutriente					
	N	P	K	Ca	Mg	S
	(g kg ⁻¹)					
Seca	11,0	1,7	28,1	18,4	5,3	2,6
Chuvosa	26,4	1,6	24,9	16,5	5,7	3,2

Época	Micronutriente				
	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	(mg kg ⁻¹)				
Seca	25,20	2,40	51,00	41,70	15,30
Chuvosa	23,10	2,90	43,30	42,90	10,50

Fonte: Costa (1995).

Referências

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

AIYELAAGBE, I. O. O.; FAWSI, M. O. A.; BABALOLA, O. Growth, development and yield of pawpaw (*Carica papaya* L.) 'Homestead selection' in response to soil moisture stress. **Plant and Soil**, The Hague, v. 93, p. 427-435, 1986.

ANGELOCCI, L. R. **Estimativa da transpiração máxima de macieiras (*Malus spp*) em pomares pelo método de Penman-Monteith**. 1996. 75 p. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

AWADA, M. Relation of nitrogen, phosphorus and potassium fertilization to nutrient composition of the petiole and growth of papaya. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 102, n. 4, p. 413-418, 1977.

AWADA, M. Relation of phosphorus fertilization to petiole phosphorus concentrations and vegetative growth of young papaya plants. **Tropical Agriculture**, Saint Augustine, v. 53, p. 173-181, 1976.

AWADA, M. The selection of the nitrogen index in papaya tissue analysis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 94, n. 6, p. 687-690, 1969.

AWADA, M.; LONG, C. Relation of nitrogen and phosphorus fertilization to fruiting and petiole of Solo papaya. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 103, p. 217-219, 1978.

AWADA, M.; LONG, C. Relation of petiole levels to nitrogen fertilization and yield of papaya. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 96, n. 6, p. 745-749, 1971a.

AWADA, M.; LONG, C. The selection of the phosphorus index in papaya tissue analysis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 94, n. 5, p. 501-504, 1969.

AWADA, M.; LONG, C. The selection of the potassium index in papaya tissue analysis. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 96, n. 1, p. 74-77, 1971b.

AWADA, M.; SUEHISA, R. Effects of calcium and sodium on growth of papaya plants. **Tropical Agriculture**, Saint Augustine, v. 61, n. 2, p. 102-105, 1984.

AWADA, M.; SUEHISA, R.; KANEHIRO, Y. Effects of lime and petiole composition of papaya. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Mount Vernon, v. 100, n. 3, p. 294-298, 1975.

AWADA, M.; WU, I. P.; SUEHISA, R. H.; PADGETT, M. M. **Effects of drip irrigation and fertilization on vegetative growth, fruit yield, and mineral composition of the petioles and fruits of papaya**. Honolulu: Hawaii Agricultural Experiment Station-University of Hawaii, 1979. 20 p. (Boletim Técnico, 103).

CHANDRA, S. P.; RAI, A. K. Nonlinear root: water uptake model. **Journal Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 122, n. 4, p. 198-202, 1996.

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

COELHO FILHO, M. A.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F. Transpiração máxima de plantas de mamão (Carica Papaya L.) em pomar fertirrigado, nas condições de Cruz das Almas, BA. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003, Juazeiro. **Anais... Viçosa: ABID, 2003a. 1 CD-ROM.**

COELHO FILHO, M. A.; CASTRO NETO, M. T.; COELHO, E. F.; CRUZ, J. L. Uso mínimo de água de um pomar irrigado de mamão Tainung N° 1 nas condições dos tabuleiros costeiros. In: MARTINS, D. dos S. (Ed.). **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória: Incaper, 2003b. p. 511-514.

COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; CRUZ, J. L. **Uso da transpiração máxima de mamoeiro para o manejo irrigação por gotejamento em regiões úmidas e sub-úmidas**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2006. 29 p. (Documentos, 106).

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

COELHO, E. F.; ALVES, A. A.; CRUZ, J. L. **Irrigação do mamoeiro**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2003a. 8 p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. Circular Técnica, 54).

COELHO, E. F.; LIMA, D. M.; FARIAS, M. A. A.; CALDAS, R. C. Crescimento do mamoeiro cultivar Tainung N°1 sob diferentes regimes de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12., 2002, Uberlândia. **Anais... Uberlândia: ABID, 2002a. 1 CD-ROM.**

COELHO, E. F.; LIMA, D. M.; QUEIRÓZ, J. S.; CALDAS, R. C.; FARIAS, M. A. A. Crescimento do mamoeiro Sunrise Solo sob irrigação em Tabuleiros. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12., 2002, Uberlândia. **Anais... Uberlândia: ABID, 2002b. 1 CD-ROM.**

COELHO, E. F.; SANTOS, M. R.; COELHO FILHO, M. A. Distribuição de raízes do mamoeiro sob três frequências de irrigação por gotejamento. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003, Juazeiro. **Anais... Viçosa: ABID, 2003b. 1 CD-ROM.**

COELHO, E. F.; SANTOS, M. R.; COELHO FILHO, M. A. Distribuição de raízes de mamoeiro sob diferentes sistemas de microirrigação em solos de tabuleiros costeiros. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003, Juazeiro. **Anais... Viçosa: ABID, 2003c. 1 CD-ROM.**

- 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. 95 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- 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. 131 p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- GREGORY, P. J. Development and growth of root systems in plant communities. In: GREGORY, P. J.; LAKE, J. V.; ROSE, D. A. (Ed.). **Root development and function.** New York: Cambridge University Press, 1987. p. 147-166.
- HARKNESS, W. **Papaya growing in Florida.** Gainesville: University of Florida, 1967. 15 p.
- HAYHOE, H. Analysis of a diffusion model for plant root growth and an application to plant soil-water uptake. **Soil Science**, Baltimore, v. 131, n. 6, p. 334-343, 1981.
- KLEPPER, B. Origin, branching and distribution of root systems. In: GREGORY, P. J.; LAKE, J. V.; ROSE, D. A. (Ed.). **Root development and function.** New York: Cambridge University Press, 1987. p. 103-123.
- LORDELO, C. M. M.; COELHO, E. F.; ALVES, A. A. C.; QUEIRÓZ, J. S. Crescimento do mamoeiro sob diferentes níveis de irrigação em condições semi-áridas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Os novos desafios da fruticultura brasileira.** Belém: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2002.1 CD-ROM.
- MARLER, T. E.; GEORGE, A. P.; NISSEN, R. J.; ANDERSEN, P. C. Miscellaneous tropical fruits. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P. C. (Ed.). **Handbook of environmental physiology of fruit crops.** Boca Raton: CRC, 1994. v. 2, p. 199-224.
- NAUTIYAL, B. D.; SHARMA, C. P.; AGARWALA, S. C. Iron, zinc and boron deficiency in papaya. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, NL, v. 29, n. 1/2, p. 115-123, 1986.
- OLIVEIRA, A. M. G. Mamão. In: BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. (Org.). **Fertirrigação em fruteiras tropicais.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2002. p. 114-121.
- PREZOTTI, L. C. **Recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo:** 3. aproximação. Vitória: Emcapa, 1992. 73 p. (Emcapa. Circular Técnica, 12).
- SANTOS, D. B.; COELHO, E. F.; CALDAS, R. C.; SILVA, T. S. M.; LIMA, D. M. Pegamento e crescimento de frutos de mamoeiro cv. Tainung N°1 sob diferentes níveis de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 2001, Fortaleza. **Uso competitivo da água e a preservação dos recursos naturais para o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada.** Fortaleza: ABID, 2001. v. 1, p. 241-245.
- SILVA, J. G. F. **Efeitos de diferentes lâminas e frequências de irrigação sobre o desenvolvimento e a produtividade do mamoeiro (Carica papaya L.).** 1999. 90 p. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- SILVA, T. S. M.; COELHO, E. F.; LIMA, D. M.; SANTOS, D. B. Absorção de água pelo sistema radicular do mamoeiro irrigado por diferentes sistemas de microirrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11., 2001, Fortaleza. **Uso competitivo da água e a preservação dos recursos naturais para o desenvolvimento sustentável da agricultura irrigada.** Fortaleza: ABID, 2001. v. 1, p. 6-11.
- SILVA, T. S. M.; COELHO, E. F.; PAZ, V. P. S.; CRUZ, J. L.; COELHO FILHO, M. A. Efeito da temperatura do ar e de diferentes lâminas de irrigação sob o índice de floração e pegamento de frutos do mamoeiro. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 13., 2003, Juazeiro. **Anais...** Juazeiro: ABID, 2003. 1 CD-ROM.

SRINIVAS, K. Plant water relations, yield, and water use of papaya (*Carica papaya* L.) at different evaporation-replenishment rates under drip irrigation: Trinidad. **Tropical Agriculture**, Saint Augustine, v. 73, n. 4, p. 264-269, 1996.

VIEIRA, D. B.; GENOVEZ, A. M.; GOMES, E. M. Determinação da profundidade efetiva do sistema radicular do milho (*Zea mays* L.) irrigado. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 1996, Campinas. **Anais...** Campinas: ABID, 1996. p. 95-106.