

## MANEJO DA ÁGUA NO MAMOEIRO

Dalmácio Espindula Neto<sup>1</sup>, José Geraldo Ferreira da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>GAIA Importação e Exportação Ltda., Ceará Mirim-RN. dalmacio.neto@gaiapapaya.com.br, <sup>2</sup>Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural - Incaper, Linhares-ES. jgeraldo@incaper.es.gov.br

### 1. INTRODUÇÃO

A irrigação consiste na aplicação de água no solo, na quantidade e no momento certo, com a finalidade de proporcionar a umidade necessária ao pleno desenvolvimento das culturas. Isso propicia o aumento da produtividade e da qualidade da produção e reduz os riscos ocasionados por períodos de estiagem.

A necessidade de água das plantas varia com a sua fase de desenvolvimento e com as condições climáticas locais. Plantas jovens consomem menos água que adultas em pleno desenvolvimento. Além disso, aquelas cultivadas em local de clima seco e quente necessitam, diariamente, de maior quantidade de água, em comparação com outras cultivadas em ambientes úmidos e com temperaturas amenas.

O manejo da água em áreas irrigadas consiste em monitorar e quantificar, periodicamente, o consumo de água pelas plantas de mamoeiro, possibilitando determinar o tempo de funcionamento do sistema de irrigação. A sua adoção poderá ocasionar vários benefícios, destacando-se a economia de água e energia, que possibilitam melhor aproveitamento dos recursos hídricos e aumento da renda do produtor.

No diagnóstico realizado por extensionistas do Incaper, em 2003, em 285 propriedades que cultivavam a cultura do mamoeiro no Estado do Espírito Santo, verificou-se que todas as lavouras são irrigadas e a frequência de irrigação é definida em 87% dos casos pela experiência do produtor e menos de 2% usam tensiômetros ou outro tipo de manejo de irrigação na propriedade (MARTINS, 2003).

Na visão integrada, o conceito de manejo da irrigação amplia-se para o manejo da agricultura irrigada, preocupando-se em definir etapas e possibilidades de forma mais completa, considerando outros pontos importantes relacionados ao manejo da irrigação: avaliação e ajuste do sistema de irrigação, verificação da eficiência de irrigação, possibilidades, etapas e cuidados na implantação da quimigação (fertirrigação e demais aplicações de produtos químicos via água), cultura (espaçamento, tratamentos culturais, época de plantio, programação de colheita), utilização ampla das informações climáticas, previsão de produtividade etc.

### 2. PARÂMETROS QUE DEVEM SER CONSIDERADOS NO MANEJO DA IRRIGAÇÃO

#### 2.1. Disponibilidade de água no solo

O solo é o reservatório natural de água para as plantas. Essa água armazenada e disponível às plantas está compreendida entre a capacidade de campo (Cc) e o ponto de murcha permanente (Pm) (Figura 1). O termo capacidade de campo representa a quantidade de água retida pelo solo depois que o excesso é drenado livremente. Sua determinação tem sido usualmente realizada em laboratório, mas, sempre que possível, deve ser avaliada diretamente no campo. Essa condição de umidade favorece maior absorção de água e nutrientes pelas plantas. O ponto de murcha permanente corresponde ao limite inferior de água disponível. Nesse ponto, é dito que a água já não está mais disponível às plantas, sendo a força de retenção que o solo exerce sobre a água maior que a capacidade que a planta tem de absorvê-la. Tal condição de umidade restringe severamente a absorção de água pelas plantas, que morrerão se não houver reposição da água no solo.

A capacidade de campo e o ponto de murcha permanente são de caráter dinâmico, pois dependem da interação solo-água-clima-plantas. Na irrigação, para fins práticos, a umidade correspondente à capacidade

de campo é obtida com a tensão de 0,10 atm (10 kPa) em solos arenosos e 0,33 atm (33 kPa) nos argilosos. Nesses dois tipos de solo, Marouelli et al. (1996) recomendaram valores de tensão de 0,06 e 0,10 atm (6 e 10 kPa), respectivamente. A umidade correspondente ao ponto de murcha permanente é obtida com a tensão de 15 atm (1.500 kPa).

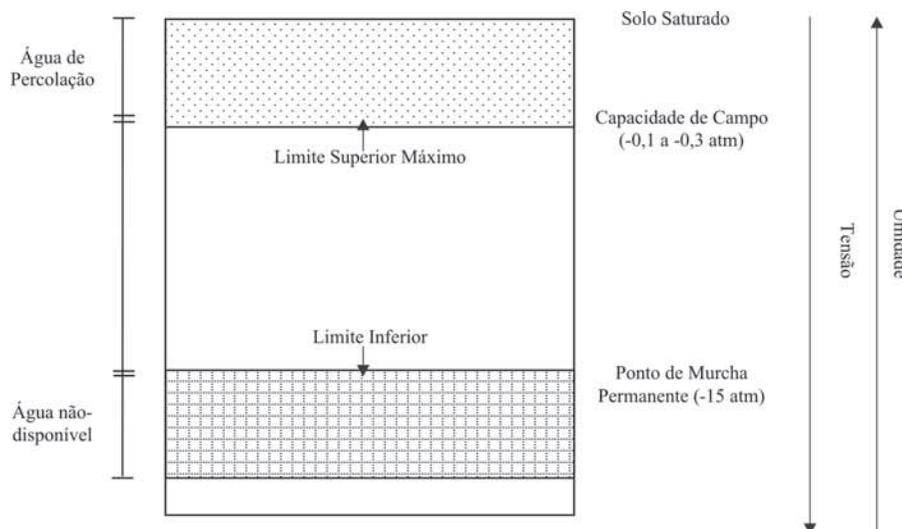


FIGURA 1. Diagrama dos parâmetros de disponibilidade de água no solo.

## 2.2. Densidade do solo

A densidade aparente do solo, também chamada de densidade global ou ainda massa específica do solo, geralmente expressa em  $\text{g cm}^{-3}$ , é a relação entre a massa de uma amostra de solo seco a 105-110°C e o seu volume total. Sua determinação é importante porque possibilita converter a umidade gravimétrica em umidade volumétrica, estimando o grau de compactação de um solo e, dessa forma, determinar a lâmina de água no solo.

O equipamento utilizado para determinação é uma estufa comum, mantida a uma temperatura entre 105 e 110°C. A amostra é pesada e colocada na estufa por 24-48 horas. Após a secagem, pesa-se novamente a amostra e calcula-se a porcentagem de umidade do solo pela equação (1):

$$\%U_{bs} = \frac{M1 - M2}{M2 - M3} \times 100 \quad (1)$$

M1 = peso do solo + peso do recipiente  
 M2 = peso do solo seco + peso do recipiente; e  
 M3 = peso do recipiente de amostragem.

É um método de elevada precisão e serve de referência (padrão) para calibração de outros métodos. Seu principal inconveniente é a demora no tempo ( $\approx 24 - 48$  horas). Para se determinar o volume do anel, utiliza-se o diâmetro e a altura do mesmo.

## 2.3. Fator de disponibilidade de água no solo

Estando a umidade na capacidade de campo, com a ocorrência da evapotranspiração o nível de água no solo diminui, tornando cada vez mais difícil a absorção de água e nutrientes pelas plantas. Em irrigação, não se deve permitir que o teor de água no solo atinja o ponto de murcha permanente. Assim, no manejo adequado da irrigação, deve-se considerar uma umidade mínima do solo com a finalidade de evitar que as plantas sofram restrição drástica de água.

O fator de disponibilidade de água no solo (f) é importante no cálculo da umidade mínima e da lâmina

de água necessária à cultura. O valor de  $f$  representa a fração do total de água armazenada no solo, entre a capacidade de campo e o ponto de murcha, que pode ser usada pela cultura, de maneira que as plantas não sofram restrição de água num nível que possa comprometer o seu desenvolvimento e reduzir a produtividade. Quando se fala que o  $f$  de uma cultura é 0,6, isso indica que se devem usar 60% da água disponível no solo (CC-PM) para a manutenção da cultura. Para a cultura do mamoeiro utiliza-se normalmente o fator de disponibilidade de 0,30, é considerando-se irrigações sem estresse hídrico e evapotranspiração de aproximadamente  $5 \text{ mm d}^{-1}$

Os valores de  $f$  se aplicam para  $ET_c$  de aproximadamente  $5 \text{ mm d}^{-1}$ . O valor de  $f$  pode ser ajustado para diferentes valores de  $ET_c$  pela expressão:

$$f = f(\text{recomendado}) + [0,04 (5 - ET_c)]$$

#### 2.4. Profundidade efetiva das raízes

A profundidade efetiva ( $Z$ ) corresponde à profundidade do perfil do solo, na qual se concentram 80% das raízes das plantas.

Segundo Coelho et al. (2002), quando utilizaram o gotejamento superficial em Latossolo Amarelo de textura argilosa, obtiveram a profundidade efetiva do sistema radicular equivalente a 80% do comprimento total de raízes a 0,45 m, sendo pelo menos 60% das raízes concentrada à profundidade de 0,25 m. A distribuição das raízes no solo irrigado por microaspersão ocupou maior volume de solo em comparação ao gotejamento, principalmente na região entre a planta e o microaspersor, onde a concentração de raízes atingiu profundidades superiores a 0,60 m e distância da planta de 0,80 m. A máxima concentração de raízes ocorreu nas profundidades entre 0,25 e 0,45 m.

Na Figura 2, está apresentada a distribuição do sistema radicular do mamoeiro irrigado, em um solo arenoso (areia quartzosa) e em um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico coeso com horizonte A moderado.

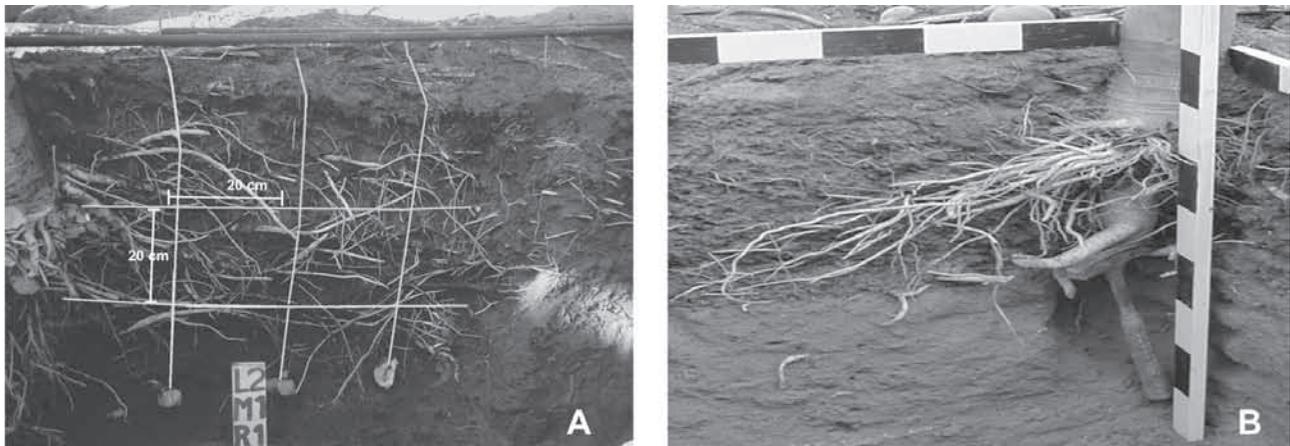


FIGURA 2. Distribuição do sistema radicular do mamoeiro em uma areia quartzosa (A) e em um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico (B) coeso com horizonte A moderado.

Observa-se que a distribuição do sistema radicular na areia quartzosa concentra-se principalmente na camada de solo até 0,50 m, e distância da planta até 0,80 m. No Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico coeso com horizonte A moderado, essa profundidade pode variar de 0,30 a 0,40 m devido ao impedimento físico do solo, em decorrência do adensamento que ocorre neste tipo de solo nas regiões de Tabuleiros Costeiros e, nesses solos, a distribuição lateral das raízes acompanha o sulco de plantio.

Por estarem, em geral, situadas próximas à superfície, promovem redução na profundidade efetiva

do solo, com reflexo direto na configuração do sistema radicular (CINTRA, 2005). A presença de camadas compactadas no perfil do solo, além de dificultar a penetração das raízes, pode provocar a formação de um lençol freático temporário, resultando em problemas de aeração para as plantas.

## 2.5. Evapotranspiração da cultura

O processo que associa a transferência de água do solo e das plantas para a atmosfera, na forma de vapor d'água, é denominado evapotranspiração (ET). Ela representa, na prática, o consumo de água de uma cultura, geralmente expresso em milímetro por dia ( $\text{mm d}^{-1}$ ). Um milímetro representa a altura da lâmina formada pela aplicação de um litro de água numa área de  $1 \text{ m}^2$  ( $1 \text{ mm} = 1 \text{ L m}^{-2}$ ).

O consumo de água pelas plantas é maior em regiões mais ensolaradas, com temperatura elevada, umidade relativa baixa e ventos fortes, podendo chegar a  $10 \text{ mm d}^{-1}$ .

A evapotranspiração varia com o tipo de cultura, por causa das características próprias das espécies vegetais. Dessa maneira, houve a necessidade de definir a evapotranspiração para uma cultura de referência (ETo) e, a partir daí, estimar a evapotranspiração da cultura de interesse (ETc).

Várias metodologias podem ser usadas para determinar a ETo. No manejo da irrigação, têm sido muito utilizados o método do tanque Classe A e a estação meteorológica automática, a qual fornece diretamente o valor da ETo. No caso de uso do tanque, a lâmina evaporada deve ser convertida em ETo por meio de coeficiente apropriado.

O tanque Classe A é feito de chapa de aço inox, com 120 cm de diâmetro interno e 30 cm de altura. Deve ser instalado sobre um estrado de madeira com 15 cm de altura, devidamente nivelado, com água até 5 cm da sua borda.

O nível de água pode baixar até 2,5 cm, variando entre 5,0 e 7,5 cm em relação à borda do tanque. A manutenção nessa faixa é feita repondo-se água no tanque quando o nível desce e se aproxima de 7,5 cm da borda, em decorrência da evaporação, ou retirando-se água do tanque quando o nível se encontra muito próximo à borda, com distância inferior a 5,0 cm, em decorrência de chuva.

Após a reposição ou a retirada de água do tanque, deve-se fazer a medição do nível d'água, cuja leitura será usada como referência no cálculo da lâmina evaporada seguinte. A lâmina de água evaporada no tanque pode ser medida diariamente, obtendo-se a ETo com a aplicação da equação 2:

$$\begin{aligned} \text{ETo} &= \text{evapotranspiração de referência, mm d}^{-1}; \\ \text{ETo} = \text{Kt Ev (2)} \quad \text{Kt} &= \text{coeficiente do tanque; e} \\ \text{Ev} &= \text{evaporação da água no tanque, mm d}^{-1}. \end{aligned}$$

O valor de Ev pode ser determinado a partir da Tabela 1, sendo em função da velocidade do vento a 2,0 m da superfície, umidade relativa do ar e tamanho da bordadura (grama ou solo nu).

A evapotranspiração da cultura de interesse é obtida a partir de estimativa da ETo, aplicando-se a equação 3:

$$\begin{aligned} \text{ETc} &= \text{evapotranspiração da cultura, mm d}^{-1}; \\ \text{ETc} = \text{Ks Kc ETo (3)} \quad \text{Ks} &= \text{coeficiente que depende da umidade do solo, adimensional; e} \\ \text{Kc} &= \text{coeficiente da cultura, adimensional.} \end{aligned}$$

Os valores de Ev apresentados na Tabela 1 devem ser utilizados com critério, especialmente quando o tanque estiver em áreas com pouca cobertura vegetal ou desnudo. Sob tais condições, a temperatura do ar ao nível do tanque pode ser de  $2^\circ$  a  $5^\circ\text{C}$  maior e, conseqüentemente, a umidade relativa 20% menor. Assim, em regiões áridas, com ventos fortes e extensas áreas de solo nu, sugere-se reduzir os valores de Kp em até 20%. Por outro lado, se o tanque estiver instalado em meio a uma cultura com altura superior a 2,0 m,

recomenda-se que os valores sejam aumentados em até 30%, nos casos de climas secos e ventos fortes, e em 10% em condições de ventos fracos e umidade relativa.

TABELA 1. Valores do coeficiente do Tanque Classe A para a estimativa da ETo

Vento (km d <sup>-1</sup> )	Tanque circundado por grama				Tanque circundado por solo descoberto			
	UR (%) média	Baixa < 40	Média 40-70	Alta >70	UR (%) média	Baixa < 40	Média 40-70	Alta >70
	Posição do tanque R (m) <sup>1</sup>				Posição do tanque R (m) <sup>1</sup>			
Leve < 175	1	0,55	0,65	0,75	1	0,70	0,80	0,85
	10	0,65	0,75	0,85	10	0,60	0,70	0,80
	100	0,70	0,80	0,85	100	0,55	0,65	0,75
	1000	0,75	0,85	0,85	1000	0,50	0,60	0,70
Moderado 175-425	1	0,50	0,60	0,65	1	0,65	0,75	0,80
	10	0,60	0,70	0,75	10	0,55	0,65	0,70
	100	0,65	0,75	0,80	100	0,50	0,60	0,65
	1000	0,70	0,80	0,80	1000	0,45	0,55	0,60
Forte 425-700	1	0,45	0,50	0,60	1	0,60	0,65	0,70
	10	0,55	0,60	0,65	10	0,50	0,55	0,65
	100	0,60	0,65	0,75	100	0,45	0,50	0,60
	1000	0,65	0,70	0,75	1000	0,40	0,45	0,55
Muito forte > 700	1	0,40	0,45	0,50	1	0,50	0,60	0,65
	10	0,45	0,55	0,60	10	0,45	0,50	0,55
	100	0,50	0,60	0,65	100	0,40	0,45	0,50
	1000	0,55	0,60	0,65	1000	0,35	0,40	0,45

Fonte: Doorembos; Pruitt (1977).

<sup>1</sup>Refere-se à menor distância (m) do centro do tanque ao limite da bordadura (grama ou solo descoberto).

Por causa da alta sensibilidade da cultura do mamoeiro ao déficit hídrico é comum o uso do turno de rega pequeno, geralmente de um ou dois dias. Assim, pode-se fazer o manejo simplificado da irrigação, assumindo o valor de Ks igual a 1,0.

Por ser um método simples, de custo relativamente baixo, que possibilita resultados satisfatórios e permite uma estimativa diária da evapotranspiração, o Tanque Classe A tem sido um dos métodos mais empregados em todo o mundo para a obtenção da ETo. Maior precisão, entretanto, pode ser obtida quando empregado por períodos de, pelo menos, cinco dias.

O coeficiente da cultura integra as diferenças entre a evapotranspiração da cultura e a evapotranspiração da cultura de referência sob as mesmas condições climáticas. Ele depende do tipo de cultura, dos estádios fenológicos, das práticas culturais adotadas e da frequência de irrigação, dentre outros.

Os estádios fenológicos de cada cultura são divididos da seguinte maneira:

- Estádio I – da emergência até 10% do desenvolvimento vegetativo.
- Estádio II – desde o final do estágio I até 70 a 80% do desenvolvimento vegetativo (início do florescimento).
- Estádio III – desde o final do estágio II até o início da maturação.
- Estádio IV – desde o final do estágio III até a colheita.

No manejo da irrigação, os valores diários de Kc para o estágio II devem ser obtidos, assumindo-se a linearidade entre o final do estágio I e o início do III. Procedimento semelhante deve ser aplicado no estágio IV.

Na Tabela 2, estão os valores de Kc para a cultura do mamoeiro, nos seus diferentes estádios fenológicos.

Os coeficientes de cultura aproximados determinados pelo método inverso, isto é, partindo-se de

produtividades obtidas para coeficientes de cultura pré-estabelecidos para as condições dos Tabuleiros Costeiros do Recôncavo Baiano, que resultaram em maior produtividade física do mamoeiro, tanto a cultivar 'Sunrise Solo' como o 'Tainung 01', são apresentados na Tabela 2.

TABELA 2. Coeficiente de cultivo para o mamoeiro irrigado por gotejamento em condições de Tabuleiros Costeiros do Recôncavo Baiano

Dias após o plantio	Coeficiente de cultura (Kc)
0	0,50
30	0,70
60	0,90
90	1,00
≥120	1,40

Fonte: Silva; Coelho (2003).

O coeficiente de cultivo a ser usado durante o ciclo do mamoeiro acima de 120 dias após o plantio permanece até 370 dias após o plantio, quando há uma queda na área foliar e na própria produção do mamoeiro em torno de até 50% para a cultivar Sunrise Solo e até 36% para o 'Tainung 01'. Dessa forma, o coeficiente de cultura também deve ser reduzido, uma vez que a área foliar cai no seu segundo ano para 60% da área tomada 370 após o plantio (COELHO et al., 2003, adaptado de SILVA; COELHO, 2003).

## 2.6. Eficiência de aplicação de água do sistema de irrigação

Na irrigação, apenas parte da água aplicada é efetivamente utilizada pela cultura. Durante a irrigação podem ocorrer perdas por evaporação e arrastamento pelo vento, por escoamento superficial, por percolação e por vazamentos nas tubulações.

A eficiência de um sistema de irrigação pode ser dividida em dois componentes, uniformidade de aplicação, que refletirá na perda por percolação e na perda por evaporação e arraste pelo vento. Para que a eficiência alcance valores altos, é necessário que as perdas durante a operação do sistema de irrigação sejam as menores possíveis e a uniformidade de aplicação seja a maior possível. Se a uniformidade é ruim, ou as perdas na aplicação são grandes, a eficiência pode ser baixa (KELLER; BLIESNER, 1990).

A perda de água na aplicação de uma lâmina de irrigação nos sistemas de aspersão é influenciada por vários elementos climáticos, como velocidade do vento, umidade relativa e temperatura do ar (MERRIAN; KELLER, 1978). Outros elementos, como a radiação solar e o déficit de pressão de vapor, e ainda fatores, como a pressão de operação dos aspersores, a distribuição e o tamanho de gotas, a distância de percurso da gota no ar e a intensidade de aplicação de água ao solo, também interferem no processo (SEGINER; KOSTRINSKY, 1975).

As perdas por condução podem ser minimizadas evitando-se vazamentos nas tubulações. As perdas por evaporação e arraste pelo vento podem ser reduzidas evitando-se a irrigação em condições de vento forte e em horários de maior demanda evaporativa, ficando a eficiência de irrigação dependente, principalmente, da uniformidade de aplicação.

De maneira geral, quando o sistema de irrigação for bem dimensionado e manejado adequadamente, pode-se considerar uma eficiência de aplicação de água ( $E_a$ ) em torno de 60% para os métodos de irrigação por superfície, 70% para autopropelido, 80% para os sistemas de aspersão convencional e subcopa, 85% para pivô central e sistema linear, 90% para irrigação por microaspersão e 94% para irrigação por gotejamento.

## 2.7. Uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação

Uniformidade de aplicação é definida por Burt et al. (1997) como uma medida de uniformidade com a

qual a água de irrigação é distribuída no campo. É um dos parâmetros básicos do manejo da irrigação, e sua importância aumenta quando se usa o sistema de irrigação para a aplicação de produtos químicos. Uma das condições básicas para a distribuição adequada de produtos químicos via água de irrigação é que a água seja aplicada de forma homogênea em toda a superfície irrigada.

A uniformidade da irrigação tem efeito no rendimento das culturas e é considerada um dos fatores mais importantes no dimensionamento e na operação de sistemas de irrigação. O conceito de uniformidade de distribuição foi introduzido por Christiansen, em 1942, referindo-se à variabilidade da lâmina de água aplicada ao longo da extensão da superfície do terreno irrigado. A uniformidade de distribuição de água representa, em qualquer sistema de irrigação, importantes conseqüências na economia do projeto. Reduzidos valores de uniformidade determinam, em geral, maior consumo de água e energia, maior perda de nutrientes e, ao mesmo tempo, podem proporcionar plantas com déficits hídricos, em significativa proporção da área irrigada (SCALOPPI; DIAS, 1996).

Para compensar a menor disponibilidade, é necessário aumentar o volume aplicado, e isso fará com que as outras regiões da área irrigada recebam excesso de água, que se perderá por percolação profunda (CAPRA; SCICOLONE, 1998).

A Tabela 3 apresenta a classificação recomendada pela norma ASAE EP 458 (ASAE Standards, 1996) para os valores de coeficiente de uniformidade de distribuição.

TABELA 3. Classificação dos valores de coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD)

Classificação	CUD (%)
Excelente	90-100
Boa	80-90
Razoável	70-80
Ruim	<70

Em trabalho desenvolvido por Cordeiro (2006) na cultura do mamoeiro irrigado na região norte do Estado do Espírito Santo, foram avaliados 28 sistemas de irrigação, sendo: 17 sistemas por microaspersão, 6 sistemas por pivô central, 4 sistemas por gotejamento e 1 sistema por microspray. Os dados estão relacionados na Tabela 4.

Neste estudo, pode-se observar que grande parte dos sistemas de irrigação avaliados apresentava uma baixa uniformidade de aplicação da água, demonstrando a falta de manutenção adequada nos sistemas de irrigação, que pode levar a uma redução na produtividade na cultura do mamoeiro. Neste mesmo estudo, Cordeiro (2006) identificou que as irrigações foram, na maioria dos casos, realizadas após o momento adequado e que a lâmina de irrigação aplicada, na maioria dos casos, foi menor que a lâmina necessária para elevar a umidade do solo à capacidade de campo, concluindo, portanto, que as irrigações realizadas apenas contando com a experiência do produtor, não permitem quantificar, de forma adequada, a lâmina de irrigação a ser aplicada.

## 2.8. Intensidade de aplicação de água

A intensidade da aplicação de água na irrigação por aspersão expressa a razão entre a vazão do aspersor e a sua área de abrangência no sistema. Deve ser menor que a capacidade de infiltração de água no solo, a fim de evitar problemas de escoamento superficial e erosão.

A intensidade de aplicação pode ser calculada aplicando-se a equação 4:

O valor da intensidade de aplicação de água é usado no cálculo do tempo de funcionamento da maioria dos equipamentos de aspersão, visando aplicar a lâmina total necessária em cada irrigação.

$$I_a = \frac{q \cdot 3600}{E_1 \cdot E_2} \quad (4)$$

$I_a$  = intensidade de aplicação de água,  $\text{mm h}^{-1}$ ;

$q$  = vazão do aspersor,  $\text{L s}^{-1}$ ;

$E_1$  = espaçamento entre os aspersores, m; e

$E_2$  = espaçamento entre as linhas laterais, m.

TABELA 4. Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e classificação dos valores de CUD dos sistemas de microaspersão, pivô central, gotejamento e microspray avaliados

Sistema de irrigação	CUC (%)	CUD(%)	Classificação
Microaspersão 1	69,3	39,3	Ruim
Microaspersão 2	94,0	90,4	Excelente
Microaspersão 3	84,9	83,3	Bom
Microaspersão 4	94,8	92,3	Excelente
Microaspersão 5	92,6	90,6	Excelente
Microaspersão 6	87,4	76,5	Razoável
Microaspersão 7	94,3	90,4	Excelente
Microaspersão 8	89,7	82,9	Bom
Microaspersão 9	71,6	65,9	Ruim
Microaspersão 10	87,4	76,1	Razoável
Microaspersão 11	82,2	64,3	Ruim
Microaspersão 12	92,1	84,2	Bom
Microaspersão 13	86,8	76,0	Razoável
Microaspersão 14	88,5	79,5	Razoável
Microaspersão 15	80,6	67,4	Ruim
Microaspersão 16	95,5	91,9	Excelente
Microaspersão 17	95,5	92,9	Excelente
Pivô 1	87,7	77,6	Razoável
Pivô 2	88,9	80,8	Bom
Pivô 3	90,1	81,9	Bom
Pivô 4	69,5	78,3	Razoável
Pivô 5	87,0	74,3	Razoável
Pivô 6	83,6	67,2	Ruim
Pivô 7	75,2	56,6	Ruim
Gotejamento 1	77,5	64,4	Ruim
Gotejamento 2	88,8	78,8	Razoável
Gotejamento 3	57,4	15,9	Ruim
Gotejamento 4	74,3	49,0	Ruim
Microspray	77,9	75,2	Razoável

### 3. ESTRATÉGIAS DE MANEJO DA IRRIGAÇÃO

#### 3.1. Manejo da irrigação com turno de rega fixo

O turno de rega (TR) é o intervalo, em dias, entre duas irrigações consecutivas numa mesma área. É

calculado pela relação entre a lâmina real de água (LR), em mm, e a evapotranspiração da cultura (ETc), em mm d<sup>-1</sup>.

O manejo com turno de rega fixo consiste em realizar as irrigações em intervalos de tempo definidos, ou seja, diariamente, ou de dois em dois dias, ou de três em três dias, e assim por diante. Os menores turnos de rega ocorrem nos casos de culturas muito sensíveis ao déficit hídrico, com sistema radicular raso e cultivadas em regiões com elevada demanda evapotranspirométrica e em solos com baixa capacidade de retenção de água.

Uma vez estabelecido o turno de rega, torna-se necessário quantificar a lâmina total de água a ser aplicada, possibilitando calcular o tempo de irrigação.

A determinação da quantidade de água a ser aplicada por irrigação geralmente é feita através da avaliação da umidade do solo ou de estimativa da evapotranspiração da cultura.

### 3.1.1. Manejo da irrigação baseado na umidade do solo

Uma vez definido o turno de rega, deve-se avaliar a umidade do solo antes de cada evento de irrigação. Isso possibilita calcular a lâmina de água a ser aplicada pelo sistema de irrigação, a fim de retornar a umidade do solo para a capacidade de campo. Após a irrigação, uma parcela da água armazenada no solo será usada pela cultura durante o próximo período correspondente ao turno de rega. De maneira semelhante, deve-se fazer nova avaliação da umidade e novo cálculo da lâmina a ser aplicada, sendo esse procedimento repetido em todos os eventos de irrigação da cultura.

No manejo da irrigação, a umidade do solo é geralmente obtida de maneira indireta, sendo o tensiômetro o equipamento mais usado.

O tensiômetro é constituído por um tubo plástico com um vacuômetro e um tampão conectados na parte superior e uma cápsula de cerâmica porosa instalada na sua extremidade inferior, conforme ilustra a Figura 3A.

$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cmHg } h_2\text{o} = 1,013 \text{ bar} = 101,3 \text{ kPa}$$

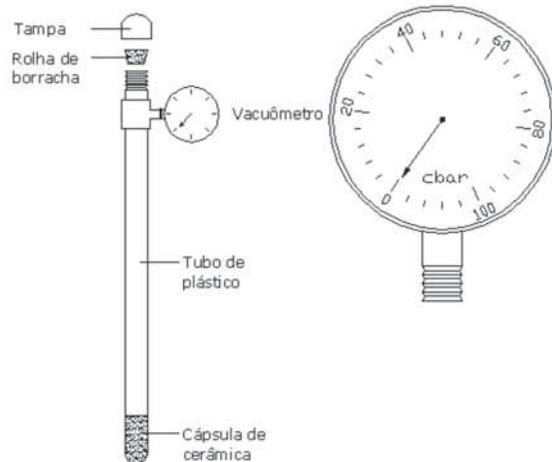


FIGURA 3. Partes constituintes do tensiômetro e principais tipos de tensiômetros encontrados em campo: com vacuômetro (A) e com leitor digital (B).

Atualmente têm sido usados tensiômetros sem o vacuômetro metálico, denominados tubos tensiométricos (Figura 3B), os quais possuem uma membrana de borracha siliconizada na extremidade superior. A leitura da tensão é feita com um tensiômetro digital após puncionar a membrana siliconizada com uma agulha especial existente na base do medidor. Esse equipamento fornece maior precisão que o tensiômetro clássico e pode ser vantajoso quando houver a necessidade de instalação de muitas unidades no campo.

Antes da instalação do tensiômetro no campo, recomenda-se encher o tubo com água e deixar a cápsula submersa por aproximadamente um dia. Em seguida, deve ser feita a escorva, retirando-se o ar preso nos poros da cápsula com o uso de uma bomba de vácuo apropriada. O tensiômetro deve estar hermeticamente fechado para funcionar corretamente.

Quando o tensiômetro se encontra instalado adequadamente no campo, a água do seu interior entra em contato com a do solo, através dos poros da cápsula porosa, e o equilíbrio tende a se estabelecer. À medida que ocorre a evapotranspiração, a umidade do solo diminui e reduz a pressão dentro do tensiômetro, a qual é geralmente medida num vacuômetro metálico. No entanto, quando chove ou ocorre irrigação, a umidade do solo aumenta, e o equilíbrio entre as águas do solo e do tensiômetro tende a ser novamente estabelecido, elevando a pressão hidrostática no interior do equipamento.

O uso do tensiômetro fica restrito ao intervalo de tensões entre 0 (condição de solo saturado) e 0,75 atm (75 kPa). Em tensões maiores, ocorre perda de escorva devido à presença de ar no interior do tensiômetro, o que prejudica o seu funcionamento. Na prática da irrigação, recomenda-se trabalhar com tensões máximas até 0,65 atm (65 kPa), a fim de viabilizar o seu uso com uma margem de segurança que possibilita evitar os inconvenientes resultantes da perda de escorva.

O número de tensiômetros a ser instalado numa área irrigada depende, principalmente, das características do solo e da cultura, da precisão desejada no manejo e do poder aquisitivo do irrigante. Para fins práticos de irrigação, recomenda-se instalar um tensiômetro em cada parcela da área irrigada num dia. Isso possibilita determinar a umidade do solo antes de iniciar a irrigação em cada subárea, facilitando a prática do manejo.

A cápsula de cerâmica porosa deve ser instalada numa profundidade mediana representativa da camada de solo com maior concentração de raízes das plantas. No caso de culturas que apresentam sistema radicular mais profundo, pode-se dividir o perfil do solo abrangido pela maior concentração radicular em duas ou mais camadas, instalando-se tensiômetros com as cápsulas localizadas nas porções medianas de cada uma delas. Nesse caso, pode-se calcular a lâmina total a ser aplicada pelo sistema de irrigação como sendo a soma das lâminas necessárias para elevar a umidade à capacidade de campo em cada camada. Dessa maneira, aumenta-se a precisão no manejo, mas eleva-se o custo decorrente da aquisição de maior número de tensiômetros.

Marouelli et al. (1996) recomendaram instalar dois tensiômetros com as cápsulas de cerâmica localizadas a 1/3 e 2/3 da profundidade efetiva do sistema radicular da cultura, obtendo-se posteriormente a umidade média correspondente às duas leituras.

Antes da irrigação na parcela, deve-se efetuar a leitura no tensiômetro. O valor da tensão é convertido em umidade atual com uso da curva de retenção obtida para o solo da área irrigada. A lâmina total de irrigação é calculada aplicando-se a equação 5:

$$LI = \frac{(Cc - Ua)}{10 Ea} Ds Z \quad (5)$$

LI = lâmina total de irrigação, mm;  
Cc = capacidade de campo, % em peso;  
Ua = umidade atual do solo, % em peso;  
Ds = densidade do solo, g cm<sup>-3</sup>;  
Z = profundidade efetiva do sistema radicular, cm; e  
Ez = eficiência de aplicação de água, decimal.

No caso de culturas irrigadas com sistema de aspersão convencional, o tempo de irrigação pode ser calculado por:

$$Ti = \frac{LI}{Ia} \quad (6)$$

Ti = tempo de irrigação, h; e  
Ia = intensidade de aplicação de água, mm h<sup>-1</sup>.

Aiyellagbe et al. (1986) mostram que o mamoeiro é extremamente sensível ao déficit hídrico de umidade do solo. Segundo Awada (1961), esse é um dos fatores mais importantes, que afetam o crescimento do mamoeiro.

Aiyellagbe et al. (1986) verificaram que, com relação ao número, ao peso médio e ao tamanho dos frutos, a produção foi reduzida significativamente em tensões de água no solo maiores que 0,02 MPa. Para tensões de 0,06 e 0,2 MPa, não houve diferença estatística para esse parâmetro. A produção foi nula para tensões de 0,6 MPa.

Marler e Mickelbart (1998), comparando plantas de mamoeiro com e sem estresse, sob condições de campo, encontraram um ponto de saturação PAR próximo a 1.000 e 1.300  $\mu\text{mol f\u00f3tons m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , quando a tensão de água no solo era de 0,07 e 0,02 MPa, respectivamente.

Marler e Mickelbart (1998) obtiveram, em plantas de mamoeiro não-estressadas (0,02 Mpa), valores de fotossíntese líquida, no ponto de saturação de luz, variando entre 23 e 26  $\text{mmolCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Em plantas mantidas a um potencial de água no solo entre 0,06 e 0,07 MPa obtiveram valores entre 11 e 14  $\text{mmolCO}_2\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ .

### 3.1.2. Manejo da irrigação baseado na estimativa da evapotranspiração da cultura

Neste caso, a evapotranspiração da cultura é calculada diariamente a partir da  $E_{To}$ , determinada por meio do tanque Classe A ou da estação meteorológica automática. Um pluviômetro deve ser usado para quantificar a chuva.

Os valores de  $E_{Tc}$  são acumulados diariamente ao longo do período correspondente ao turno de rega, fornecendo à lâmina de água a ser reposta ao solo pelo sistema de irrigação.

A lâmina total de irrigação é calculada aplicando-se a equação 7:

$$LI = \frac{\sum E_{Tc}}{E_a} \quad (7)$$

$LI$  = lâmina total de irrigação, mm;  
 $E_{Tc}$  = soma dos valores de  $E_{Tc}$  ocorridos durante o período correspondente ao turno de rega, mm; e  
 $E_a$  = eficiência de aplicação de água, decimal.

No caso de sistema de irrigação por aspersão, o tempo de irrigação pode ser calculado aplicando-se a equação 5.

Se ocorrer chuva no período, deve-se verificar se a lâmina precipitada foi suficiente para repor o déficit de água no solo existente até o momento da ocorrência de chuva. Caso isso tenha ocorrido, deve-se zerar o somatório dos valores de  $E_{Tc}$  existente, visto que a lâmina deficitária foi repostada ao solo pela lâmina precipitada. Durante os dias restantes do turno de rega, deve-se acumular novamente os valores diários da  $E_{Tc}$ . A lâmina total de irrigação é calculada aplicando-se a equação 7, e o tempo de irrigação é obtido por meio da equação 6.

Se a lâmina precipitada for menor que a lâmina correspondente ao somatório da  $E_{Tc}$ , a diferença entre elas fornece a lâmina deficitária atual após a ocorrência da chuva. Nesse caso, essa diferença será acrescida aos novos valores diários da  $E_{Tc}$  verificados durante os dias restantes do turno de rega. A lâmina total e o tempo de irrigação são calculados da mesma maneira descrita anteriormente.

### 3.2. Manejo da irrigação com turno de rega variável

O manejo com turno de rega variável consiste em realizar a irrigação quando a umidade do solo atingir um nível crítico, definido pela umidade mínima, ou quando a cultura tiver consumido a lâmina real de água, no caso da estimativa de evapotranspiração.

### 3.2.1. Manejo da irrigação baseado na umidade do solo

A irrigação deve ser efetuada quando a umidade mínima do solo for atingida. Ela é calculada aplicando-se a equação 8:

$$U_m = Cc - f(Cc - Pm) \quad (8)$$

Um = umidade mínima, % em peso;  
Cc = capacidade de campo, % em peso;  
f = fator de disponibilidade de água no solo, adimensional; e  
Pm = ponto de murcha permanente, % em peso.

Caso o manejo da irrigação seja conduzido com tensiômetro, deve-se obter a tensão correspondente à umidade mínima do solo com o uso da curva de retenção. A irrigação deve ser feita quando se observar essa tensão, ou valor muito próximo, no tensiômetro.

A lâmina total de irrigação é calculada aplicando-se a equação 5, fazendo-se  $U_a = U_m$ , e o tempo de irrigação pode ser obtido pela equação 6.

### 3.2.2. Manejo da irrigação baseado na estimativa da evapotranspiração da cultura

No caso de turno de rega variável, cada evento de irrigação deve ocorrer quando a soma das lâminas de água evapotranspiradas for equivalente ao valor da lâmina real de água, calculada pela equação 9:

$$LR = \frac{(Cc - Pm)}{10} D_s f Z \quad (9) \quad LR = \text{lâmina real de água, mm.}$$

A lâmina total deve ser calculada com o uso da equação 6 e o tempo de irrigação, com a equação 5.

## 4.0. PROGRAMAS COMPUTACIONAIS

Para auxiliar nos procedimentos de campo para a realização do planejamento do manejo de irrigação estão disponíveis programas computacionais desenvolvidos por diferentes instituições. A FAO, através do Land and Water Development Division, desenvolveu o programa CROPWAT, que é um sistema de suporte à decisão que auxilia no manejo da irrigação. Através de uma parceria entre a Secretaria de Recursos Hídricos/MMA e o Departamento de Engenharia Agrícola/UFV, foi desenvolvido o Sistema de Suporte à Decisão Agrícola (SISDA/IRRIGER). Este é um sistema de apoio à decisão agrícola, com ênfase no manejo da irrigação em tempo real, embora permita simulações de desenvolvimento da cultura durante todo o ciclo fenológico, em qualquer local do país. Está disponível no programa uma base de dados e informações relacionadas com o clima, a planta, o solo, o sistema de irrigação, os equipamentos etc., que facilitam a utilização do software para diversos níveis técnicos de usuários.

## 5.0. RESPOSTAS DA CULTURA DO MAMÃO À ÁGUA OU À IRRIGAÇÃO

Em virtude da exigência hídrica do mamoeiro para que ocorra o crescimento e o desenvolvimento satisfatório de suas plantas, é necessário o fornecimento adequado e regular de água.

O mamoeiro é altamente exigente em água, caracterizando-se por necessitar de uma manutenção constante de seu suprimento, não só no período reprodutivo mas também durante sua fase de desenvolvimento vegetativo (CAMPOS ARAÚJO, 1988, OLIVEIRA et al., 1994; MEDINA, 1995). Porém, Awada (1961) afirma que o excesso de umidade no solo induz à má-formação de frutos.

Silva (1999), em estudo relacionando parâmetros de crescimento a diferentes níveis e frequência de irrigação, verificou uma maior taxa de crescimento para altura de planta, diâmetro de caule, diâmetro de copa e número de folhas na planta para uma reposição de 120% da ETo, com uma frequência de três dias, e menor desenvolvimento vegetativo para intervalos de dois dias, sem diferenças para reposição de 40 e 60% da ETo.

Espindula Neto (2007), estudando o efeito de seis lâminas de irrigação (25, 50, 75, 100 e 125% da ETc (T1 a T5, respectivamente) e uma definida, de forma empírica, pelo produtor rural (Tc), no crescimento e na produção da cultura do mamão 'Golden' na região de Linhares-ES, constatou que o modelo que melhor ajustou os valores de altura de plantas e diâmetro do caule nos diferentes tratamentos aplicados foi o polinomial de segunda e terceira ordens, respectivamente, aumentando com a reposição de água de irrigação, sendo o maior valor de diâmetro de caule (150,86 mm) na reposição de 100% da ETc e o maior valor de altura de plantas (435,54 cm) encontrado na reposição de 125% da ETc (Figura 4).

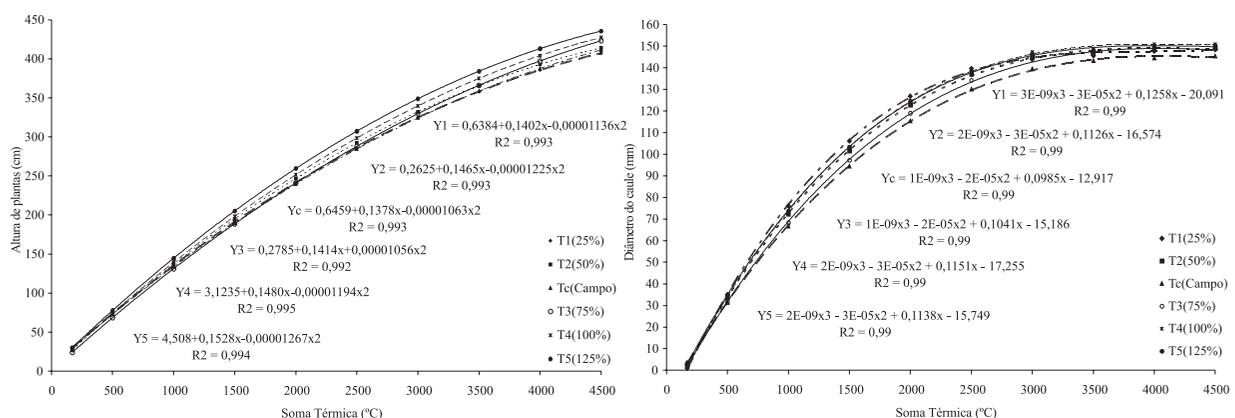


FIGURA 4. Estimativas da altura de plantas e diâmetro do caule do mamoeiro em função do tempo térmico, em cada tratamento de irrigação aplicado.

Com relação à produção, o modelo que melhor se ajustou à função lâminas x componentes de produção foi o linear. Encontrou-se, em um período de 13 meses de colheita, o máximo valor de produtividade total para o mercado interno e para a exportação (113,5; 106,0; e 99,6 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente), obtida com uma lâmina total de água de 1.130 mm (T4); os menores valores de produtividade total, produtividade comercial para o mercado interno e produtividade comercial para exportação (98,0; 87,8; e 84,0, respectivamente) foram obtidos para uma lâmina de 712 mm (T1 e Tc), e assim também ocorreu nas variáveis de peso médio e número de frutos, tanto para o mercado interno quanto para a exportação (Figura 5).

A menor perda na produção (6,98%) foi obtida em uma lâmina total de água aplicada de 1.130 mm (T4), e a maior perda (11,08%) foi conseguida em uma lâmina total de água aplicada de 712 mm (T1 e Tc) (Figura 5A).

A quantidade de frutos que apresentaram peso abaixo do mínimo e acima do máximo comercial estipulado decresceu linearmente com o aumento na lâmina total de água aplicada (Figura 6B). Esses dados estão de acordo com os encontrados por Silva (1999), para a cultura do mamoeiro irrigada por microaspersão na região de Linhares-ES. Awada et al. (1979) também encontraram redução nas perdas na medida em que a lâmina de água aplicada aumentou. A maior quantidade de frutos comerciais que obtiveram foi de 35%.

Os valores médios encontrados no teor de SST medidos no tratamento T5 foram de 12,2% e no tratamento T1, de 12,6%. As lâminas de irrigação afetaram, de modo significativo, o teor de SST (Figura 7). Este foi maior nos frutos das plantas submetidas às menores lâminas de irrigação, devido ao aumento da concentração de açúcares nos tecidos dos frutos (ANDRADE JÚNIOR et al., 2001; FABEIRO et al., 2002).

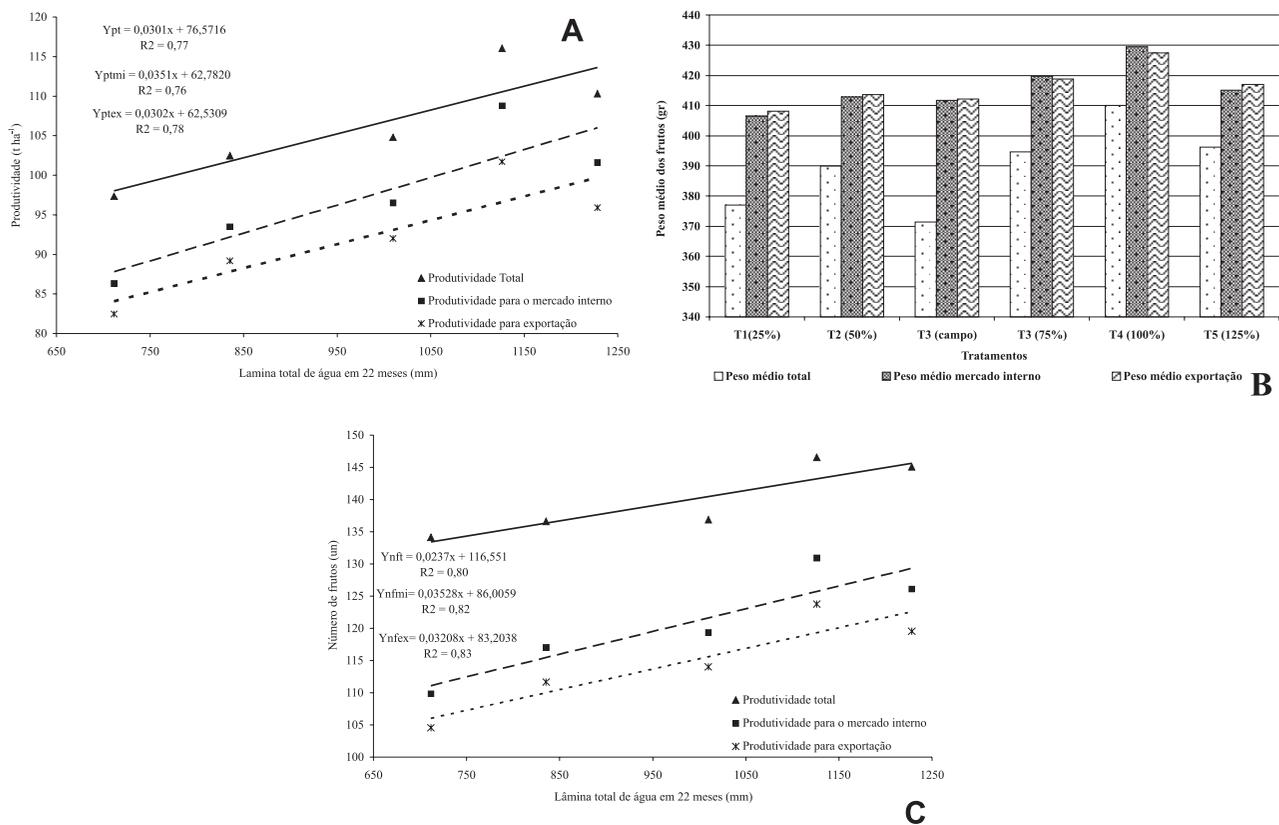


FIGURA 5. Valores médios e estimativa da produtividade total, da comercial para o mercado interno e da comercial para a exportação (A); valores de peso médio do fruto da produção total, da comercial para o mercado interno e da comercial para a exportação (B) e valores médios e estimativa do número de frutos por planta da produção total, da comercial para o mercado interno e da comercial para a exportação (C) em função das lâminas totais de água aplicadas.

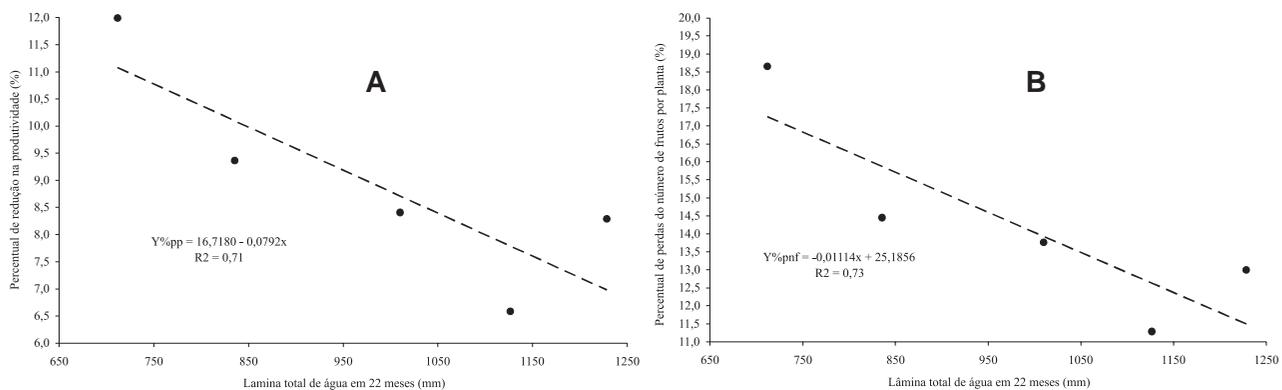


FIGURA 6. Valores médios e estimativa de redução porcentual da produção do mamoeiro (A) e dos percentuais de frutos descartados, em relação ao número total de frutos colhidos (B), considerando-se como fator de classificação apenas o peso comercial em função da lâmina de água aplicada.

Apesar de ter havido diferença entre os tratamentos em que a maior lâmina total de água aplicada tende a reduzir os valores de SST, estes estão dentro dos padrões mínimos praticados na comercialização dos frutos, ou seja, 11,5% (CALEGARIO, 1997).

Em outro trabalho, Espindula Neto (2007), estudando a resposta do mamoeiro 'Golden' a diferentes sistemas de microirrigação (microaspersão, gotejamento com uma linha de gotejadores por fileira de plantas (G 1 Linha) e gotejamento com duas linhas de gotejadores por fileira de plantas (G 2 Linhas) e a dois tipos de manejo de solo (camalhão apenas na sexagem e camalhão no plantio e na sexagem), na região de Linhares-

ES, constatou que o sistema de microaspersão associado ao uso do camalhão no plantio e na sexagem foi o que resultou em maior valor do parâmetro produção total, em cinco meses de colheita (44,8 t ha<sup>-1</sup>) (Tabela 5).

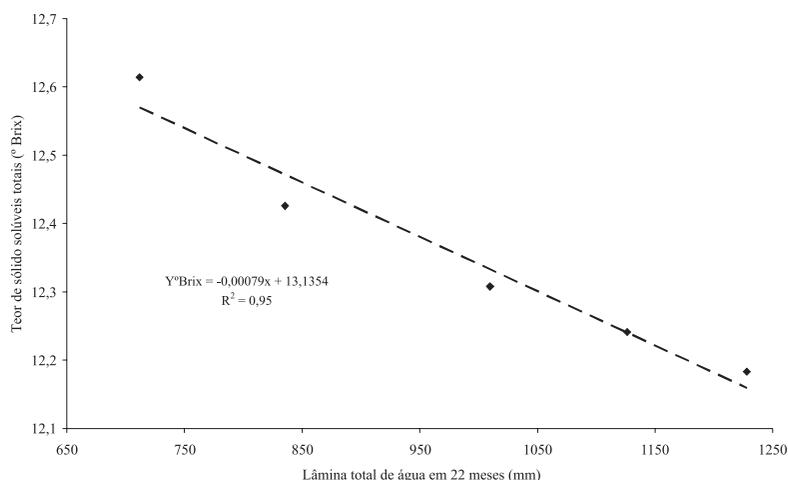


FIGURA 7. Valores médios e estimativa do teor de sólidos solúveis totais (°BRIX) em função das lâminas totais de água aplicadas.

TABELA 5. Resultados obtidos em cinco meses de colheita, de produção total (PT), produção comercial para o mercado interno (PCMI), produção comercial para exportação (PCEX), porcentual de descarte na produção (% PP), peso médio do fruto para a produção total (PMFPT), peso médio do fruto para o mercado interno (PMFMI), peso médio do fruto para exportação (PMFEX), número total de frutos (NTF), número de frutos para o mercado interno (NFMI), número de frutos para exportação (NFEX) e porcentual de perdas do número de frutos (% PNF), em cada sistema de microirrigação e manejo do solo (MS) empregados

Tratamentos		Produção Total				Peso Médio do Fruto			Número de Frutos				
Sistemas	MS	PT	PCMI	PCEX	%PP	PMFPT	PMFMI	PMFEX	NTF	NFMI	NFEX	%PNF	
		t.ha <sup>-1</sup>			(%)	gr fruto <sup>-1</sup>			frutos planta <sup>-1</sup>				
Microaspersão	C <sub>S</sub>	36,2	23,3	22,4	19,3	313,7	377,9	382,5	44,1	30,4	28,9	31,8	
	C <sub>PS</sub>	44,8	29,5	27,8	17,5	342,8	393,0	397,1	53,1	37,9	35,5	29,2	
G 1 linha	C <sub>S</sub>	32,4	27,2	26,0	16,6	333,7	398,7	401,9	47,9	34,8	33,0	28,2	
	C <sub>PS</sub>	28,3	22,9	22,1	21,1	314,3	384,5	389,8	44,0	30,0	28,6	33,7	
G 2 linhas	C <sub>S</sub>	35,2	29,9	28,5	14,7	346,1	404,7	407,2	49,7	37,2	35,3	25,7	
	C <sub>PS</sub>	35,2	30,9	29,1	15,6	345,5	404,8	404,5	52,1	38,4	36,3	26,9	
CV (%)		11,45	14,96	15,68	22,80	3,97	2,78	2,47	8,61	13,39	14,33	17,32	
Média (s)		35,36	27,29	26,01	17,47	332,68	393,93	397,16	48,50	34,79	32,93	29,25	

CV – coeficiente de variação, CS = camalhão na sexagem e CPS = camalhão no plantio e na sexagem.

Com relação aos demais parâmetros avaliados - produtividade comercial para o mercado interno e para a exportação, peso médio dos frutos, peso médio dos frutos para o mercado interno e para a exportação e número total de frutos e número total de frutos para o mercado interno e para a exportação - os melhores resultados foram obtidos empregando-se o sistema de gotejamento com duas linhas de gotejadores por fileira de plantas, associado ao uso do camalhão no plantio e na sexagem, e os menores percentuais de descarte na produção e do número de frutos.

Os resultados dos indicadores econômicos taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL) e relação benefício-custo (B/C), obtidos na atividade da cultura do mamoeiro irrigada por diferentes sistemas

de microirrigação e manejo do solo empregados na cultura na região norte do Estado do Espírito Santo, estão apresentados na Tabela 6.

TABELA 6. Resultado dos indicadores econômicos taxa interna de retorno (TIR), valor presente líquido (VPL) e relação benefício-custo (B/C), obtidos na atividade da cultura do mamoeiro irrigada por diferentes sistemas de microirrigação e manejo do solo empregados na cultura na região Norte do Estado do Espírito Santo

Sistemas de microirrigação	Manejo de solo	TIR (%)	VPL (R\$ ha <sup>-1</sup> )	B/C
G 1 linha	C <sub>S</sub>	63	21.630,00	1,19
	C <sub>PS</sub>	8,1	-309,40	1,00
G 2 linhas	C <sub>S</sub>	67	31.190,00	1,26
	C <sub>PS</sub>	78	36.171,00	1,30
Microaspersão	C <sub>S</sub>	7,5	-680,00	0,99
	C <sub>PS</sub>	72	29.243,90	1,25

Cs – Camalhão apenas na sexagem e Cps – Camalhão no plantio e na sexagem.

A análise conjunta dos indicadores TIR, VPL e B/C permite verificar que, em termos gerais, a opção mais atrativa do ponto de vista econômico foi encontrada quando se utilizou o sistema de gotejamento com duas linhas de gotejadores por fileira de plantas associado ao uso do camalhão no plantio e na sexagem.

## 6. REFERÊNCIA

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**, v.93, p.427-435, 1986.

ANDRADE JÚNIOR, A. S.; FRIZZONE, J. A.; BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; RODRIGUES, B. H. N. Estratégias ótimas de irrigação para a cultura da melancia. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.36, n.2, p.301-305, 2001.

ASAE EP 458. Field evaluation of microirrigation systems. **ASAE Standards**. St. Joseph, p.792-797, 1996.

AWADA, M. Soil moisture tension in relation to fruit types of papaya plants. **Hawaii Farm Science**, v.10, n. 2, p.7-8, 1961.

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. 20p. (Boletim Técnico 103).

BURT, C. M.; CLEMMESNS, A. J.; STRELKOFF, T. S.; SOLOMON, K. H.; BLIESNER, R. D.; HOWELL, T. A. Irrigation performance measures: efficiency and uniformity. **Journal of irrigation and drainage engineering**. v.123, n.6 p. 423-442. 1997.

CALEGARIO, F. F. **Característica físicas e químicas do fruto do mamão (*Carica papaya* L.) em desenvolvimento**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 54f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

CAMPOS ARAÚJO, J.A. Irrigação da cultura do mamão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MAMOEIRO, 2, 1988, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV/UNESP, 1988. p.161-175.

CAPRA, A., SCICOLONE, B. Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems. **J. Agric. Eng. Res. Silsoe Research Institute**, n.70, p.355-365. 1998.

CINTRA, F. L. D. Reflexões sobre o efeito dos horizontes coesos no movimento de água no solo e na distribuição do sistema radicular. In: MARTINS, D. dos S. **Papaya Brasil: mercado e inovações tecnológicas para o mamão**. Vitória, ES: INCAPER, 2005. p.103-108.

COELHO, E. F.; SILVEIRA, L. N.; LIMA, D. M.; QUEIROZ, J. S. Absorção de água pelas raízes do mamoeiro sob três diferentes frequências de irrigação por gotejamento. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2002, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: ABID, 2002 (CD-ROM).

CORDEIRO, E. de A. **Diagnóstico e manejo da irrigação na cultura do mamoeiro na região norte do Estado do Espírito Santo**. Viçosa, MG: UFV, 2006. 101p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. **Guidelines for predicting crop water requirements**. Rome: FAO, 1977. 179 p. (Irrigation and Drainage Paper, 24).

ESPINDULA NETO, D. **Resposta do mamoeiro a diferentes lâminas de irrigação, sistemas de microirrigação e manejo do solo utilizados na região norte do Espírito Santo**. Viçosa, MG: UFV, 2007. 133p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

FABEIRO, C.; SANTA OLALLA, F. M.; JUAN, J. A. Production of muskmelon (*Cucumis melo* L.) under controlled deficit irrigation in a semi-arid climate. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.54, p.93-105, 2002.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkler and trickler irrigation**. New York: Avibook, 1990. 652 p.

MARLER, T. E., MICKELBART, M. V. Drought, leaf gas exchange, and chlorophyll fluorescence of field-grown papaya. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v.123, n.4, p.714-718, 1998.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C.; SILVA, H. R. da. **Manejo da irrigação em hortaliças**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília: Embrapa-CNPQ, 1996. 72 p.

MARTINS, D. dos S. Situação atual da produção integrada de mamão no Brasil. In: MARTINS, D. dos S. **Papaya Brasil: qualidade do mamão para o mercado interno**. Vitória – ES: Incaper, 2003. p.95-128.

MEDINA, J. C. Cultura. In: MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; SIGRIST, J. M. M.; MARTIN, Z. J.; NISIDA, A. L. A. C.; BALDINI, V. L. S.; LEITE, R. S. S. F.; GARCIA, A. E. B. **Mamão**. 2. ed. Campinas: ITAL, 1995. p.1-78. (Séries Frutas Tropicais, 7).

MEDINA, J. C. Cultura. In: MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; SIGRIST, J. M. M.; MARTIN, Z. J.; NISIDA, A. L. A. C.; BALDINI, V. L. S.; LEITE, R. S. S. F.; GARCIA, A. E. B. **Mamão**. 2. ed. Campinas: ITAL, 1995. p.1-78. (Séries Frutas Tropicais, 7).

MERRIAM, J. L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management.** Logan: Utah State University, 1978. 271p.

OLIVEIRA, A. M. G.; FARIAS, A. R. N.; SANTOS FILHO, H. P. S.; OLIVEIRA, J. R. P.; DANTAS, J. L. L.; SANTOS, L. B.; OLIVEIRA, M. A.; SOUZA JÚNIOR, M. T.; SILVA, M. J.; ALMEIDA, O. A.; NICKEL, O.; MEDINA, V. M.; CORDEIRO, Z. J. M. **Mamão para exportação:** aspectos técnicos de produção. Brasília: Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria de Desenvolvimento Rural, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais/EMBRAPA – SPI, 1994. 52p. (Série Publicações Técnica FRUPEX, 9).

SCALOPPI, J. E.; DIAS, K. F. S. Relação entre a pressão de operação e a uniformidade de distribuição de água de aspersores rotativos por impacto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 26, 1996, Bauru. **Anais...** Bauru: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1996. CD Rom.

SEGINER, I., KOSTRINSKY, M. Wind sprinkler patterns and system design. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, New York, v.101, n.1R4, p.251-264, 1975.

SILVA, J. G. F. da. **Efeitos de diferentes lâminas e frequências de irrigação sobre o desenvolvimento e a produtividade do mamoeiro (*Carica papaya* L.).** Viçosa, MG: UFV, 1999. 90f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, J. G. F. da; COELHO, E. F. **Irrigação do Mamoeiro.** In: MARTINS, D. dos S., COSTA, A. de F. S. da. (eds.). A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção. Vitória, ES: INCAPER, 2003. p.163-197.