Documentos

ISSN 1809-4996
Dezembro, 2007

166

Irrigação da Mangueira nas Condições Semi-áridas do Nordeste

Embrapa

ISSN 1809-4996
Dezembro, 2007

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

Documentos 166

Irrigação da Mangueira nas Condições Semi-áridas do Nordeste

Eugênio Ferreira Coelho
Maurício Antônio Coelho Filho
Alisson Jadavi Pereira da Silva

Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical
Cruz das Almas, BA
2007

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical
Rua Embrapa, s/n
Caixa Postal 007
CEP 44380-000, Cruz das Almas, Bahia
Fone: (75) 3621-8000
Fax: (75) 3621-8097
Home page: http://www.cnpmf.embrapa.br
E-mail: sac@cnpmf.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade
Presidente: Domingo Haroldo Reinhardt
Secretária: Cristina Maria Barbosa Cavalcante Bezerra Lima
Membros: Alberto Duarte Vilarinhos
Antonio Alberto Rocha Oliveira
Davi Theodoro Junghans
Luiz Francisco da Silva Souza
Marilene Fancelli
Maurício Antonio Coelho Filho
Ranulfo Corrêa Caldas
Vanderlei da Silva Santos

Supervisão editorial: Domingo Haroldo Reinhardt
Revisão de texto: Aldo Vilar Trindade
Ficha catalográfica: Sônia Maria Sobral Cordeiro
Editoração eletrônica: Saulus Santos da Silva

1ª edição
On line (2007)

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

Coelho, Eugênio Ferreira
Irrigação da Mangueira nas Condições Semi-áridas do Nordeste. [recurso eletrônico] / Eugênio Ferreira Coelho, Maurício Antônio Coelho Filho, Alisson Jadavi Pereira da Silva. - Dados eletrônicos. - Cruz das Almas : Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007. - (Documentos / Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, ISSN 1809-4996; 166).

Sistema requerido: Adobe Acrobat Reader.
Modo de acesso: Word Wide Web: <http://www.cnpmf.embrapa.br/publicações/documentos/documentos166.pdf>.
Título da página web acesso em 26. dez. 2007

1. Irrigação. 2. Fruticultura. I. Coelho, Eugênio Ferreira. II. Coelho Filho, Maurício Antônio. III. Silva, Alisson Jadavi Pereira da. IV. Série.

CDD 631.587 (21. ed.)

© Embrapa 2007

Autores

Eugênio Ferreira Coelho
Engº Agrº, PhD., Pesquisador, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Rua Embrapa, s/n, C. Postal 07 - 44.380-000, Cruz das Almas, BA, ecoelho@cnpmf.embrapa.br

Maurício Antônio Coelho Filho
Engº Agrº, DSc., Pesquisador, Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Rua Embrapa, s/n, C. Postal 07 - 44.380-000, Cruz das Almas, BA, mcoelho@cnpmf.embrapa.br

Alisson Jadavi Pereira da Silva
Engº Agrº, Estudante de Mestrado em Irrigação da Escola Superior de Agricultura Luis de Queiróz, Piracicaba, SP.

Apresentação

A fruticultura irrigada vem se expandindo como atividade agrícola no país e permite a introdução no mercado, de frutas de alta qualidade durante todo ano. Para se atingir este objeto há necessidade da aplicação de tecnologia, de forma correta.

Nas condições de semi-árido a fruticultura só é viável com o uso da irrigação, considerando-se todas as suas variantes, exigindo conhecimento técnico aprofundado para aplicação eficiente.

A experiência acumulada com a cultura da mangueira e com os diferentes sistemas de irrigação, tem permitido aos técnicos da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical e de instituições parceiras, como a ESALQ - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, desenvolverem orientações específicas que evoluem no tempo e agregam importante fator de produção para o sucesso da cultura.

Esta publicação traz informações de interesse e uso direto do produtor de manga, com base em resultados concretos da pesquisa, que permitirão melhor respaldo ao manejo da irrigação na cultura da mangueira.

José Carlos Nascimento
Chefe Geral

Sumário

Resumo **9**
Abstract **9**
Introdução **10**
Métodos de irrigação **11**
Necessidades hídricas **13**
Manejo da irrigação **20**
Cálculo da lâmina de água a aplicar por irrigação 20
Uso de sensores do estado da água do solo 24
Balanço de água na zona radicular 28
Uso da regulação do déficit de irrigação 30
Referências **31**

Irrigação da Mangueira nas Condições Semi-áridas do Nordeste[1]

Eugênio Ferreira Coelho
Maurício Antônio Coelho Filho
Alisson Jadavi Pereira da Silva

Resumo

A irrigação constitui uma tecnologia indispensável no processo de produção da mangueira tanto em regiões semi-áridas, como em regiões de déficit hídrico prolongado. Entretanto, tem sido adotada por produtores, muitas vezes despreparados, que, por falta de orientação, não praticam seu manejo adequado, com perdas na produção potencial da cultura e nos custos com água e energia. O efeito potencial da irrigação contribui para os dois pontos mais importantes de uma economia globalizada: promove o aumento da produtividade e melhora a qualidade do produto. Este trabalho procura atualizar os conhecimentos sobre irrigação da mangueira, em condições Semi-áridas. O trabalho faz abordagem sobre aspectos de interesse direto do produtor, tais como sistemas de irrigação, necessidades hídricas da cultura e manejo de irrigação.

Abstract

Irrigation is one of the most important technologies required for the production of mango either in semi arid regions or in places with long periods of soil water deficits. Many times, farmers are not prepared to deal with this technology and as a consequence, they spend more or less water and energy than they should. The potential effect of irrigation contributes

[1]Trabalho resultante do projeto CT-Hidro/CNPq 502989/2003-3

to two important points in a globalized economy: increase in yields and improvement in fruit quality. This work seeks for an updating of mango crop irrigation knowledge under semi-arid conditions. The work adresses aspects of direct interest of the farmers, such as irrigation systems, water needs, and irrigation management.

Introdução

A expansão da fruticultura no Brasil, especialmente na Região Nordeste, vem provocando uma crescente demanda por tecnologias nas áreas de manejo de solo, água, planta e nutrientes, voltadas para a irrigação. O potencial existente para a exploração da fruticultura faz desta atividade um ótimo negócio para o desenvolvimento da agricultura no Nordeste Brasileiro e consequentemente para a economia do país. Dentre as fruteiras cultivadas, a mangueira (*Mangifera indica* L.) desponta como uma frutífera de alto valor comercial.

A irrigação constitui uma tecnologia indispensável no cultivo da mangueira sob condições semi-áridas, e em outras regiões de déficit hídrico prolongado podendo promover o aumento da produtividade, melhorar a qualidade do produto e a competitividade numa economia globalizada. A irrigação também permite a aplicação de nutrientes via água. Esta prática proporciona uma absorção mais eficiente dos fertilizantes pelo sistema radicular, além de reduzir custos de mão-de-obra e evitar o movimento de máquinas na área.

A irrigação é um complemento tecnológico capaz de garantir a produção agrícola, entretanto envolve custos de instalação e manutenção, o que requer mais cuidado por parte do produtor tanto na manutenção como na forma de aplicar água às culturas. A aplicação indiscriminada de água, sem bases técnicas, leva a perdas desnecessárias de água e energia, o que aumenta a relação custo beneficio e ao mesmo tempo contribui para a degradação ambiental.

Neste contexto, o presente trabalho apresenta orientações técnicas sobre o manejo de irrigação na cultura da mangueira em condições do Semi-árido do Nordeste, com base em resultados recentes de pesquisa.

Métodos de irrigação

A escolha do método de irrigação está associada a vários aspectos, sendo os mais importantes, a disponibilidade de água, o clima, a textura e a topografia do solo, bem como a disponibilidade de mão-de-obra. Os métodos de irrigação por superfície (sulcos e bacias em nível) como também a aspersão subcopa fixa ou móvel, ou a irrigação localizada (gotejamento e microaspersão) podem ser usados na cultura da manga.

No semi-árido onde os recursos hídricos são escassos e a racionalidade no uso da água é imperativa, a eficiência da irrigação deve ser a máxima possível. Nesse caso, o método da irrigação por superfície deve ser o menos adotado. A irrigação por aspersão, além do maior consumo de energia, apresenta eficiência de aplicação entre 50 e 75%, o que indica perdas significativas de água (Allen, 1992). Nesse método, os valores baixos do coeficiente de uniformidade de Christiansen - CUC devem-se à interceptação do jato d'água pela copa das plantas e umedecimento das entrelinhas (100% de área molhada), favorecendo o desenvolvimento de plantas daninhas. Tais desvantagens se agravam na floração, quando os jatos podem causar redução no número de panículas e afugentar os insetos polinizadores (Silva et al., 1996). Por suas características e forma de aplicação de água às culturas, junto a área de concentração das raízes, em pequenas quantidades e em alta frequência, os sistemas de irrigação localizada (microaspersão e gotejamento) são os mais apropriados para a exploração da mangueira.

A microaspersão (Figura 1) tem sido o sistema de irrigação localizada mais empregado pois promove uma área molhada aparente na superfície do solo superior à gerada por um sistema de irrigação por gotejamento. Os microaspersores apresentam vazões entre 15 e 200 $L.h^{-1}$, operando com pressões na faixa de 80 a 350 kPa. Há diferentes tipos de microaspersores, com variados padrões de molhamento, desde um círculo completo de 360º aos setoriais, molhando apenas parte do círculo. Há também microaspersores com dispositivos que permitem aumentar o raio de ação durante o desenvolvimento da mangueira, onde se mantém um raio inferior

a 1 m nos primeiros dois anos e expande-se o mesmo a partir de então. Dependendo da posição da altura da copa da planta em relação a superfície do solo, os jatos emitidos pelo microaspersor podem ser interceptados pela copa reduzindo a uniformidade de distribuição do sistema.

Fig. 1. Manga irrigada por microaspersão.

O sistema de gotejamento é também de alta eficiência (70 a 95%) e de menor demanda de energia, embora o custo inicial seja alto. Para mangueiras com espaçamento de 8 m x 5 m, 8 a 10 gotejadores por planta resultam em percentagens de área molhada acima de 20% em solos não arenosos. Pode-se usar uma ou duas linhas laterais de gotejadores por fileira disposta em anel ao redor da planta com os gotejadores igualmente espaçados, ou uma ramificação por planta (Figura 2). Em solos de textura arenosa, sem gradientes texturais que retenham a infiltração no perfil, a microaspersão é aconselhável, entretanto, apesar da diferença de área molhada nos dois sistemas de irrigação localizada, não se pode generalizar a microaspersão como mais adequada a cultura da manga.

Fig. 2. Disposição da linha lateral de irrigação por gotejamento na mangueira.

Necessidades hídricas

A mangueira é uma cultura que necessita de água em todas as suas fases fenológicas. Entretanto, trabalhos de pesquisa têm mostrado que a irrigação não é desejável durante a diferenciação do broto floral e deve iniciar-se a partir da emergência da panícula (após a diferenciação do broto floral). O estresse hídrico do solo retarda o crescimento das gemas vegetativas e colabora no crescimento das gemas florais. O período de demanda hídrica, mais crítico para a manga, compreende de quatro a seis semanas após o estabelecimento dos frutos.

A mangueira na região semi-árida do Nordeste Brasileiro requer aproximadamente 1370 mm de água por ano (Silva et al., 1996), ou seja, 13.700 $m^3.ha^{-1}.ano^{-1}$. Tem-se verificado valores de demanda hídrica de 3,5 $mm.dia^{-1}$ a 6,1 $mm.dia^{-1}$ para mangueiras de seis anos de idade (Lopes,

1999). Também em condições semi-áridas da região de Itaberaba, Bahia, verificou-se valores de demanda hídrica diária variando de 2,9 mm dia^{-1} na floração a 5,7 mm dia^{-1} para a fase produtiva da mangueira cv. Tommy Atkins, com altura da planta de 2,70 m, diâmetro de copa de 3,40 m e área foliar média de 38,8 m^2.

Nas condições de Petrolina-PE, as demandas de água para as fases fenológicas de floração, queda de frutos, formação de frutos e maturação foram, respectivamente, 3,5; 3,8; 4,5 e 4,9 $mm.dia^{-1}$ (Silva, 2000).

A necessidade de água da mangueira pode ser determinada pela evapotranspiração da cultura, que resulta da evaporação da água do solo somada à transpiração das plantas. A determinação da evapotranspiração de uma cultura é feita com base na evapotranspiração potencial (ETo) da cultura de referência (grama batatais). O valor de ETo pode ser obtido de forma direta, por lisimetria, ou a partir de equações empíricas. Para fins práticos de irrigação, pode-se estimar a ETo por meio de equações ou tanques de evaporação. Uma equação simples é a de Hargreaves (Hargreaves & Samani, 1985), que requer a temperatura do ar e a radiação solar como dado meteorológico e é expressa da seguinte forma:

$$ETo = 0{,}0023 \cdot Ra \cdot [Ta + 17{,}8] \cdot [TD]^{0.5} \quad (1)$$

onde:

Ra = radiação solar extraterrestre;

Ta = temperatura média do ar (°C) sendo a média aritmética entre a temperatura máxima Tx e a temperatura mínima Tn do ar e

TD = diferença entre Tx e Tn, ou seja, TD é a amplitude térmica diária (°C). A unidade de ETo depende da unidade de Ra podendo ser $mm.dia^{-1}$.

O método do tanque classe A pode ser utilizado pelos produtores nas áreas irrigadas com resultados satisfatórios. Para se calcular a evapotranspiração de referência, pelo tanque Classe A, é necessário utilizar o coeficiente do tanque Kp (Tabela 1) que varia de acordo com a velocidade do vento, bordadura e a umidade relativa do ar. Assim, aplica-se a equação:

Tabela 1. Valores do coeficiente Kp em função dos dados meteorológicos da região e do meio em que está instalado, segundo Doorenbos e Pruitt (1977).

Vento (Km/dia)	Posição do Tanque R (m)*	Exposição A Tanque circundado por grama UR % (média)			Posição do Tanque R (m)*	Exposição B Tanque circundado por solo nu UR % (média)		
		Baixa <40	Média 40-70	Alta >70		Baixa <40	Média 40-70	Alta >70
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	0,70	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

*Distância radial do dossel vegetal ou do solo nu em torno do Tanque Classe A.

$$ETo = ECA \cdot Kp \quad (2)$$

em que:
ETo = evapotranspiração de referência (mm.dia^{-1}),
ECA = evaporação no Tanque Classe A (mm.dia^{-1}),
Kp = coeficiente do tanque.

A determinação da evapotranspiração da cultura é feita em função da ETo pelo uso do coeficiente de cultura:

$$ETc = ETo \cdot Kc \quad (3)$$

onde:
ETc = evapotranspiração da cultura (mm.dia^{-1});
ETo = evapotranspiração de referência (mm.dia^{-1});
Kc = coeficiente de cultivo.

O Kc é função do tipo de cultura, do seu estádio de desenvolvimento, da velocidade do vento, da umidade relativa e do teor de água do solo (Doorenbos & Kassam, 1984; Allen, 1992). A Tabela 2 apresenta sugestões de Kc adaptado de Silva (2000).

Tabela 2. Valores de Kc para a mangueira em condições semi-áridas.

Ano 1	Ano 2	Ano 3	Fase vegetativa	Acima de três anos Dias a partir do início da floração			
				40 dias	90 dias	120 a 145 dias	Acima de 145 dias
0,40	0,45	0,50	0,65	0,80	0,95	1,00	0,80

A ETc pode ser determinada das formas mencionadas e na ausência de dados suficientes, pode-se partir dos valores das Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Valores de ETc em função da amplitude térmica (AT) e temperatura média diária para diferentes períodos do ano e fases fenológicas da mangueira, com idade inferior a 3 anos e na vida produtiva (fase vegetativa, 40 dias após a indução (DAÍ), 90 DAÍ, 120-145 DAÍ e de 145 DAI à colheita) para regiões de latitude 10°.

		14 - 18°C						18 - 22°C					
Período	A.T (°C)	< 3 anos	F.veget.	40 DAI	90 DAI	120-145DAI	>145DAI	< 3 anos	F.veget.	40 DAI	90 DAI	120-145DAI	>145DAI
	5 a 6	1,36	1,76	2,17	2,58	2,71	2,17	1,52	1,97	2,43	2,88	3,03	2,43
set-mai	7 a 8	1,59	2,06	2,54	3,01	3,17	2,54	1,81	2,35	2,90	3,44	3,62	2,90
	9 a 10	1,78	2,32	2,85	3,39	3,57	2,85	1,99	2,59	3,19	3,78	3,98	3,19
	5 a 6	1,13	1,47	1,81	2,15	2,27	1,81	1,27	1,65	2,03	2,41	2,53	2,03
jun-jul	7 a 8	1,33	1,72	2,12	2,52	2,65	2,12	1,48	1,92	2,37	2,81	2,96	2,37
	9 a 10	1,49	1,94	2,39	2,83	2,98	2,39	1,67	2,17	2,67	3,17	3,34	2,67
	5 a 6	1,20	1,55	1,91	2,27	2,39	1,91	1,33	1,73	2,13	2,53	2,66	2,13
abr-mai	7 a 8	1,40	1,81	2,23	2,65	2,79	2,23	1,56	2,03	2,49	2,96	3,12	2,49
	9 a 10	1,57	2,04	2,51	2,98	3,13	2,51	1,75	2,28	2,81	3,33	3,51	2,81
		22 - 26°C						26 - 30°C					
Período	A.T (°C)	< 3 anos	F.veget.	40 DAI	90 DAI	120-145DAI	>145DAI	< 3 anos	F.veget.	40 DAI	90 DAI	120-145DAI	>145DAI
	5 a 6	1,67	2,18	2,68	3,18	3,35	2,68	1,84	2,39	2,94	3,49	3,67	2,94
set-mai	7 a 8	1,96	2,55	3,14	3,73	3,92	3,14	2,23	2,90	3,57	4,24	4,47	3,57
	9 a 10	2,20	2,86	3,53	4,19	4,41	3,53	2,41	3,14	3,86	4,59	4,83	3,86
	5 a 6	1,40	1,83	2,25	2,67	2,81	2,25	1,54	2,00	2,46	2,92	3,08	2,46
jun-jul	7 a 8	1,64	2,13	2,62	3,11	3,28	2,62	1,80	2,33	2,87	3,41	3,59	2,87
	9 a 10	1,84	2,39	2,95	3,50	3,68	2,95	2,02	2,62	3,23	3,83	4,03	3,23
	5 a 6	1,48	1,92	2,36	2,80	2,95	2,36	1,62	2,10	2,59	3,07	3,23	2,59
abr-mai	7 a 8	1,73	2,24	2,76	3,28	3,45	2,76	1,89	2,45	3,02	3,59	3,78	3,02
	9 a 10	1,95	2,53	3,11	3,70	3,89	3,11	2,13	2,77	3,41	4,05	4,26	3,41

Tabela 4. Valores de ETc em função da amplitude térmica (AT) e temperatura média diária para diferentes períodos do ano e fases fenológicas da mangueira, com idade inferior a 3 anos e na vida produtiva (fase vegetativa, 40 dias após a indução (DAI), 90 DAI, 120-145 DAI e de 145 DAI à colheita) para regiões de latitude 20°.

		14 - 18°C						18 - 22°C					
Período	A.T (°C)	< 3 anos	F.veget.	40 DAI	90 DAI	120-145DAI	>145DAI	< 3 anos	F.veget.	40 DAI	90 DAI	120-145DAI	>145DAI
Nov-Fev	5 a 6	1,50	1,95	2,40	2,85	3,00	2,40	1,68	2,18	2,69	3,19	3,36	2,69
	7 a 8	1,76	2,28	2,81	3,34	3,51	2,81	1,96	2,54	3,13	3,19	3,91	3,13
	9 a 10	1,97	2,56	3,16	3,75	3,95	3,16	2,21	2,87	3,53	3,72	4,42	3,53
Mar-Abr	5 a 6	1,23	1,60	1,97	2,34	2,46	1,97	1,37	1,78	2,19	4,20	2,74	2,19
	7 a 8	1,44	1,87	2,30	2,73	2,88	2,30	1,60	2,09	2,57	2,60	3,21	2,57
	9 a 10	1,62	2,10	2,59	3,07	3,23	2,59	1,80	2,35	2,89	3,05	3,61	2,89
Mai-Ago	5 a 6	0,95	1,23	1,51	1,80	1,89	1,51	1,06	1,38	1,70	3,43	2,12	1,70
	7 a 8	1,11	1,45	1,78	2,11	2,23	1,78	1,24	1,61	1,98	2,01	2,48	1,98
	9 a 10	1,25	1,63	2,00	2,38	2,50	2,00	1,40	1,81	2,23	2,36	2,79	2,23
Set-Out	5 a 6	1,31	1,70	2,09	2,49	2,62	2,09	1,47	1,91	2,35	2,65	2,93	2,35
	7 a 8	1,53	1,99	2,45	2,91	3,07	2,45	1,71	2,23	2,74	2,79	3,43	2,74
	9 a 10	1,73	2,24	2,76	3,28	3,45	2,76	1,93	2,50	3,08	3,25	3,85	3,08

Continua...

Tabela 4. Continuação.

		22 - 26°C						26 - 30°C					
Período	A.T (°C)	< 3 anos	F.veget.	40 DAI	90 DAI	120-145DAI	>145DAI	< 3 anos	F.veget.	40 DAI	90 DAI	120-145DAI	>145DAI
	5 a 6	1,85	2,41	2,97	3,52	3,71	2,97	2,03	2,64	3,24	3,85	4,05	3,24
Nov-Fev	**7 a 8**	2,17	2,82	3,48	4,13	4,35	3,48	2,39	3,10	3,82	4,54	4,78	3,82
	9 a 10	2,44	3,17	3,90	4,63	4,88	3,90	2,70	3,51	4,32	5,13	5,40	4,32
	5 a 6	1,52	1,98	2,43	2,89	3,04	2,43	1,66	2,16	2,65	3,15	3,32	2,65
Mar-Abr	**7 a 8**	1,77	2,30	2,83	3,36	3,54	2,83	1,94	2,52	3,10	3,68	3,88	3,10
	9 a 10	2,00	2,59	3,19	3,79	3,99	3,19	2,18	2,83	3,49	4,14	4,36	3,49
	5 a 6	1,18	1,54	1,89	2,24	2,36	1,89	1,29	1,68	2,07	2,46	2,59	2,07
Mai-Ago	**7 a 8**	1,37	1,78	2,19	2,60	2,74	2,19	1,51	1,96	2,41	2,86	3,01	2,41
	9 a 10	1,55	2,01	2,47	2,94	3,09	2,47	1,69	2,20	2,71	3,21	3,38	2,71
	5 a 6	1,62	2,10	2,59	3,07	3,23	2,59	1,77	2,30	2,83	3,36	3,54	2,83
Set-Out	**7 a 8**	1,90	2,47	3,04	3,61	3,80	3,04	2,08	2,71	3,33	3,96	4,17	3,33
	9 a 10	2,13	2,77	3,41	4,05	4,27	3,41	2,34	3,04	3,74	4,44	4,68	3,74

DAI: Dias após a Indução

Há uma tendência de uso da transpiração para determinar a quantidade de água a aplicar em mangueira em condições de irrigação localizada, principalmente em gotejamento. O uso prático da transpiração passou a ser possível com os estudos de fluxo de seiva principalmente pelos métodos do balanço de calor, pulso de calor e dissipação térmica. Coelho Filho et al. (2004) relacionaram a transpiração à área foliar de lima ácida e à evapotranspiração potencial obtendo equações de estimativa da transpiração de fácil uso. Oliveira et al. (2005) usando metodologia semelhante obtiveram relação linear entre a transpiração (T), a ETo e área foliar (AF):

$$T = 0{,}44.ETo.AF \quad (4)$$

em que:
T é dado em $L.dia^{-1}$ por planta,
ETo em $mm.\ dia^{-1}$ e
AF em m^2.

Manejo da irrigação

Os métodos para determinação do momento da irrigação e do quanto de água aplicar são em geral das seguintes naturezas: (i) medidas no solo, (ii) balanço de água na zona radicular e (iii) instrumentos de evaporação.

Cálculo da lâmina de água a aplicar por irrigação

A lâmina real necessária (LRN) ou lâmina liquida a ser reposta ao solo desde a ultima irrigação pode ser calculada com base na água efetivamente utilizada pela cultura, isto é pela ETc acumulada desde a ultima irrigação. No caso da irrigação localizada, a ETc consiste na ETc obtida pelas equações 3 ou 4 corrigidas, uma vez que a evaporação da água do solo ocorre em uma menor área comparada a condição de aspersão. Com a redução da área molhada significativamente, principalmente no caso do gotejamento, a transpiração da cultura passa a ser o componente principal da ETc. O fator de correção (Kr) da ETc das equações 3 ou 4 depende da percentagem de sombreamento da mangueira (Ps) tomada como sendo a razão entre a projeção da copa da árvore no solo ao meio-dia e a área ocupada pela planta, conforme a Tabela 5. A LRN é determinada pela equação:

$$LRN = Kr \cdot (ETc - Pe) \quad (5)$$

onde:
LRN é dada em mm e
Pe é a precipitação efetiva (mm).

Tabela 5. Percentagem de sombreamento (Ps) e coeficiente de correção (Kr) da ETc para a mangueira em função de diferentes diâmetros de copa e espaçamentos de plantas.

Espaçamento das plantas (m x m)	Diâmetro de copa (m)	Sombreamento (%)	Kr (Fereres, 1981)
4 x 7,5	2	10	0,49
4 x 7,5	3	24	0,56
4 x 7,5	4	42	0,76
4 x 7,5	5	65	1,00
4 x 7,5	6	94	1,00
5 x 8	2	8	0,46
5 x 8	3	18	0,65
5 x 8	4	31	0,64
5 x 8	5	49	0,83
5 x 8	6	71	1,00
10 x 10	2	3	0,36
10 x 10	3	7	0,44
10 x 10	4	13	0,55
10 x 10	5	20	0,52
10 x 10	6	28	0,61

A lâmina liquida ou LRN pode ser calculada considerando apenas atributos físico-hídricos do solo. No caso, deve-se usar a equação:

$$LRN = (AD.Z_R.f).Pw.0,01 \quad (6)$$

em que:
AD – Disponibilidade de água do solo ($cm^3.cm^{-3}$);
Z_R – profundidade efetiva do sistema radicular (mm);
f – redução permissível na disponibilidade de água do solo;
Pw– percentagem da área molhada gerada pelo sistema de irrigação. No caso da irrigação localizada, Pw pode ser dado conforme o tipo de solo, numero de emissores e sistemas de irrigação (Tabela 6 e 7).

$$AD = \theta_{cc} - \theta_{pm} \quad (7)$$

AD – disponibilidade de água do solo ($cm^3.cm^{-3}$);

θ_{cc} – teor de água do solo à capacidade de campo ou limite superior de disponibilidade de água do solo ($cm^3.cm^{-3}$);

θ_{pm} – teor de água do solo referente ao ponto de murcha permanente ou limite inferior de disponibilidade de água do solo ($cm^3.cm^{-3}$).

Tabela 6. Percentagem de área molhada (Pw) para sistema de irrigação por gotejamento.

Tipo de solo	Espaçamento Entre fileiras (m)	Espaçamento Entre plantas (m)	Numero de emissores/planta	Pw (%)
Arenoso	10	10	6	3
	10	10	8	4
	10	10	10	5
	8	5	6	7
	8	5	8	10
	8	5	10	12
	7	4,5	6	9
	7	4,5	8	12
	7	4,5	10	15
Siltoso	10	10	6	7
	10	10	8	10
	10	10	10	12
	8	5	6	18
	8	5	8	24
	8	5	10	30
	7	4,5	6	23
	7	4,5	8	30
	7	4,5	10	38
Argiloso	10	10	6	11
	10	10	8	14
	10	10	10	18
	8	5	6	27
	8	5	8	36
	8	5	10	45
	7	4,5	6	34
	7	4,5	8	46
	7	4,5	10	57

Tabela 7. Percentagem de área molhada (Pw) para sistema de irrigação por microaspersão, com um emissor por planta.

Tipo de solo	Espaçamento Entre fileiras (m)	Espaçamento Entre plantas (m)	Raio de ação do emissor (m)	Pw (%)
Arenoso	10	10	1,5	10
	10	10	2,0	16
	10	10	2,5	24
	10	10	3,0	34
	8	5	1,5	25
	8	5	2,0	41
	8	5	2,5	61
	8	5	3,0	85
	7	4,5	1,5	31
	7	4,5	2,0	52
	7	4,5	2,5	77
	7	4,5	3,0	100
Siltoso	10	10	1,5	12
	10	10	2,0	19
	10	10	2,5	27
	10	10	3,0	38
	8	5	1,5	29
	8	5	2,0	47
	8	5	2,5	69
	8	5	3,0	94
	7	4,5	1,5	37
	7	4,5	2,0	60
	7	4,5	2,5	87
	7	4,5	3,0	100
Argiloso	10	10	1,5	13
	10	10	2,0	20
	10	10	2,5	29
	10	10	3,0	40
	8	5	1,5	32
	8	5	2,0	50
	8	5	2,5	73
	8	5	3,0	99
	7	4,5	1,5	40
	7	4,5	2,0	64
	7	4,5	2,5	32
	7	4,5	3,0	100

A lâmina total ou bruta a ser aplicada para garantir à cultura a lâmina real que ela necessita é dada pela equação:

$$LTN = \frac{LRN}{E_a} \quad (8)$$

em que:
LTN – Lâmina total necessária (mm);
Ea - eficiência de aplicação.

A profundidade efetiva do sistema radicular da mangueira adulta para efeito de cálculo pode ser considerada até 0,80m, valor que abrange pelo menos 80% das raízes, bem como representa a profundidade de maior atividade do sistema radicular (Coelho et al., 2001). No caso da mangueira nos primeiros quatro anos, pode-se considerar valores de Z_R a partir de 0,40 m.

O fator de reposição *f* corresponde à variação máxima permitida da disponibilidade total de água no solo, sem afetar significativamente o desenvolvimento da cultura em qualquer uma de suas fases fenológicas. O valor de *f* a ser adotado depende da importância econômica da cultura, estádio fenológico (vegetativo, floração, frutificação), profundidade e distribuição das raízes e sensibilidade ao estresse. De acordo com Azzouz et al. (1977), recomenda-se uma redução máxima na disponibilidade total de água no solo (*f*) de 33% durante o período crítico (floração à colheita) e 66% da disponibilidade total de água no restante do ano.

Uso de sensores do estado da água do solo

Os sensores de água do solo medem de forma indireta o conteúdo de umidade do solo, ou a umidade do solo. Os mais comuns tem sido os medidores do potencial de água do solo, tais como tensiômetros, blocos de resistência elétrica e medidores de umidade tais como a sonda de nêutrons, reflectômetros que funcionam usando o princípio da reflectometria no domínio do tempo (TDR) e o princípio da reflectometria no domínio da frequência (FDR). A nível de produtor, os medidores de potencial de água no solo continuam os mais usados, sendo o tensiômetro o mais comum.

Medida do potencial matricial da água do solo

Informação sobre o estado energético da água no solo pode auxiliar o agricultor a decidir quando irrigar. Dos componentes do estado energético, o potencial matricial é o mais importante em manejo da irrigação. Nesse caso, utiliza-se o tensiômetro de mercúrio, o tensímetro ou o tensiômetro a vácuo, este também chamado de vacuômetro. Os tensiômetros de mercúrio são muito comuns e mais baratos. Os tensímetros são práticos e precisos, porém de custo mais elevado.

O tensiômetro indica o potencial matricial da água do solo ψ_m (negativo) a uma dada profundidade em função do seu conteúdo de umidade. Conhecendo-se a redução permissível na disponibilidade de água do solo, pode-se determinar umidades para diferentes tipos de solos, abaixo das quais há necessidade de irrigar, sendo essas consideradas umidades críticas. Cada umidade crítica corresponde a uma tensão de água no solo crítica ou um potencial matricial crítico ψ_{mc}. Assim, os valores de ψ_{mc} capazes de garantir adequado desenvolvimento e produtividade da cultura dependerão do tipo de solo. Uma vez conhecido o ψ_{mc}, procede-se a irrigação toda vez que a altura H da coluna de mercúrio, no caso do tensiômetro de mercúrio, for igual a um valor Hc previamente calculado. A expressão que fornece o valor de Hc é:

$$Hc = \frac{10{,}33 \cdot \psi_{mc} + h_1 + h_2}{12{,}6} \qquad (9)$$

onde:

Hc é expresso em cm,

h_1 = altura do nível de mercúrio na cuba em relação à superfície do solo (cm);

h_2 = profundidade de instalação do tensiômetro no solo (cm).

O valor de ψ_{mc} deve ser positivo e expresso em kPa. Assim, à medida que H se aproxima de Hc, devido ao secamento do solo, aproxima-se o momento de irrigar. Não se deve permitir que H se distancie muito de Hc para irrigar.

O tensímetro (Figura 3) permite leituras rápidas e seguras do potencial matricial do solo. Um mostrador digital é conectado a um pequeno cilindro-guia contendo uma agulha que pode ou não ser fechada com um orifício

lateral próximo da ponta. Quando a agulha é inserida no "cap" de borracha que veda o tensímetro na sua parte superior, a pressão negativa dentro do tensimetro sensibiliza o sensor cujo valor em centibar (cbar) ou milibar (mbar) é mostrado no visor digital. A tensão na cápsula (Tc) em cbar é dada pela equação:

$$Tc = L + 0{,}001Z \qquad (10)$$

em que:
L é a leitura do tensimetro em cbar e
z a distância em cm entre a posição de inserção da agulha dentro do tensiometro e a cápsula porosa.

Quando se usa o tensímetro ou o tensiômetro com manômetro (vacuômetro), compara-se o valor de ψ_m do visor digital ou do manômetro com o valor crítico ψ_{mc} da cultura. A decisão de irrigar será quando a tensão lida for igual ou maior que a tensão crítica.

Fig. 3. Tensímetro digital para determinação do potencial matricial da água do solo.

Como regra geral, deve-se instalar os sensores na região de maior atividade do sistema radicular, ou numa região do sistema radicular representativa do cenário geral de extração de água. As posições mais adequadas de instalação de sensores de água do solo para a irrigação localizada (microaspersão e gotejamento) devem situar-se entre 0 e 1,0 m do tronco e a profundidades entre 0 e 0,6 m. No caso da irrigação por aspersão subcopa, recomenda-se a instalação dos sensores à distância da planta entre 0,9m e 2,6m, e a profundidades iguais ou inferiores a 0,6 m (Soares & Costa, 1995). Cada bateria de tensiômetros deve ser composta de dois instrumentos, cujas profundidades de instalação variam conforme a profundidade do sistema radicular. O número de posições para instalação de tensiômetros depende da variabilidade espacial do solo, sendo necessária pelo menos uma bateria para cada mancha de solo da área.

No manejo da irrigação, de posse da tensão crítica deve-se obedecer os seguintes passos:

1- Inicialmente elevar a umidade do solo à capacidade de campo, procedendo uma irrigação que resulte em valores de tensão de água no solo variando de 6 a 10 kPa, para o solo arenoso; 20 kPa para os tipos Franco arenoso e Franco e 33 kPa para o solo Franco argiloso.

2- Monitorar diariamente a tensão de água do solo no tensiômetro, observando quando a mesma se aproxima da tensão crítica, definida pela curva de retenção de água local.

3- Definido o momento de irrigar, pela tensão crítica, calcular a necessidade real de água pela equação $LRN = (AD.Z_R.f).Pw.0,01$, em que AD será dado pela equação 8 e Pw pelas Tabelas 6 e 7.

4- Calcular a lâmina total necessária pela equação 8.

5- Determinar o volume de água em litros por planta a ser aplicado pela equação:

$$V = LTN \cdot Ep \cdot Ef \quad (11)$$

em que:
LTN é dado em mm,
Ep é o espaçamento entre plantas em m e
Ef o espaçamento entre fileiras em m.

6- Determinar o tempo de irrigação pela equação:

$$t_i = \frac{V}{n_e \cdot q_e} \quad (12)$$

em que:
t_i é dado em horas,
n_e é o numero de emissores por planta e
q_e a vazão por emissor em Lh^{-1}.

O uso do método do tensiometro ou de qualquer outro sensor de tensão de água no solo requer o conhecimento da curva de retenção de água do solo, que permitirá, juntamente com os dados da cultura a execução dos passos acima.

Balanço de água na zona radicular

Esse método baseia-se na contabilização diária da variação do armazenamento de água no solo (ΔA) até uma profundidade *z*, através do controle sobre a entrada e a saída de água. Os principais componentes de entrada no sistema são a precipitação efetiva, a irrigação e a ascensão capilar. A ascensão capilar ocorre quando o lençol freático está próximo do volume de solo sob controle. Os componentes de saída do balanço são a evapotranspiração, a percolação profunda e o escoamento superficial.

Para fins de manejo da irrigação de um pomar de mangueiras, o balanço hídrico num volume de solo controlado pode ser escrito como se segue:

$$D_i = D_{i-j} + ET_{cL} + Dr - I - Pe \quad (13)$$

onde:
D_i = déficit atual de água no perfil do solo na profundidade *z* até o dia *i* (mm);

D_{i-j} = déficit de água no perfil do solo até o dia *(i-j)*, sendo j o numero de dias desde a ultima irrigação;
ET_{cL} = evapotranspiração da cultura (mm) corrigida para a condição da irrigação localizada,
Dr = drenagem (mm) além da profundidade *z*,
I = lâmina líquida de irrigação (mm) e
Pe = precipitação efetiva (mm) no período considerado.

O objetivo do balanço hídrico é acompanhar a variação do conteúdo de umidade do solo, partindo do solo na capacidade de campo numa frequência diária ou condizente com a frequência de irrigação apropriado ao sistema de irrigação localizada, isto é, de 1 a 3 dias.

Assim, com base na equação 13, decide-se irrigar de acordo com as seguintes condições:

(1) Se Di $>^{3}$ LRN, então irrigar;

(2) Se Di $<$ LRN, então não irrigar

onde LRN é dado pela equação 6, que representa o déficit máximo permissível na zona radicular. Se a irrigação não ocorre no momento certo, D_i vai se tornando maior que LRN e as plantas passarão a sofrer deficiência hídrica com todas as consequências no crescimento, desenvolvimento e produção de frutos.

Na equação 13, I representa uma lâmina de irrigação que pode ser aplicada após a ultima irrigação. A drenagem profunda ocorre e na maioria das vezes não se tem controle sobre esse componente. Para fins práticos, no entanto, considera-se desprezível a drenagem da água após uma irrigação, assumindo-se alta eficiência de aplicação. Após uma chuva (P), num dia *i* qualquer, usa-se o seguinte critério:

(3) Se $P > D_i$ então $Pe = D_i$ e $Dr = P - D_i$

(4) Se $P \leq D_i$ então $Pe = P$ e $Dr = 0$

Na equação 13 do balanço hídrico não aparece a contribuição da ascensão capilar e do escoamento superficial. Esses dois componentes podem ser desprezados na prática.

O método do balanço hídrico pode ser empregado independentemente do método de irrigação usado para irrigar o pomar.

O volume de água a ser aplicado por planta será dado pela equação:

$$V = \frac{Di}{E_a} \cdot E_p \cdot E_f \qquad (14)$$

em que:
V é dados em litros.

O tempo de irrigação será dado pela equação:

$$t_i = \frac{V}{n_e q_e} \qquad (15)$$

sendo:
o tempo em horas,
n_e é o numero de emissores por planta e
q_e a vazão por emissor em Lh^{-1}.

Uso da regulação do déficit de irrigação

O uso excessivo de água na irrigação tem reduzido os ganhos econômicos dos produtores, devido aos aumentos de custos com energia de bombeamento, sem efetivamente aumentar a produtividade do pomar, principalmente porque a mangueira é uma planta que tem características fisiológicas de adaptação ao déficit hídrico, relacionada a eficiente capacidade em regular a perda de água através dos estômatos e da capacidade de se ajustar osmoticamente, mantendo a turgescência e de níveis mais elevados de potenciais de água na folha quando sob deficiência hídrica (Schaffer et al, 1994). A habilidade em resistir a períodos prolongados de estresse hídrico torna a mangueira uma planta com baixa necessidade hídrica durante o ano produtivo, quando comparada a outras culturas. A regulação do déficit de irrigação (RDI) é manejo de irrigação

utilizado em fruteiras, aplicado durante a fase de crescimento de frutos, onde se observa que é possível a redução de gastos de água e energia sem grandes prejuízos na qualidade e produtividade de pomares (Goodwin & Boland, 2004). A mangueira no Semi-árido apresenta um período de crescimento de frutos que pode ser dividido em três fases: a fase I do início de floração até o pegamento dos completo dos frutos, que acontece ao redor de 65 dias após o início de floração (DAF), a fase II que compreende a expansão do fruto, ocorrendo até aproximadamente 95 DAF e a Fase III, do final de crescimento até a maturação fisiológica do fruto que ocorre ao redor dos 120 DAF.

Trabalho conduzido por Coelho Filho et al. (2005) aplicando diferentes níveis de redução da lâmina calculada na mangueira nas três fases, mostrou que fase I não é adequada para redução da irrigação. A fase menos sensível é a fase III. Nas fases II e III pode-se reduzir os níveis de irrigação em até 20% da lâmina calculada pelos métodos convencionais com perdas próximas de 16% na produtividade.

Referências

ALLEN, R.G. **Irrigation engineering**: course lecture notes. Department of Agricultural Engineering, Utah State University, Logan, Utah. 1992. 297 p.

AZZOUZ, S.; EL-NOKRASHY, M.A.; DAHSHAN, I.M. Effect of frequency of irrigation on tree production and fruit quality of mango. **Agricultural Research Review**, v.55, nº 3, p59-66, 1977.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, F. C.; ARAÚJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L. F. L.; LIMA, D. M. Distribuição do sistema radicular da mangueira sob irrigação localizada em solo arenoso de tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 250-256, ago. 2001.

COELHO FILHO, M. A.; OLIVEIRA, Greice Ximena Santos; PEREIRA, Franciaco Adriano de Carvalho; COELHO, Eugênio Ferreira; CASTRO NETO, Manuel Teixeira de. Relações entre transpiração máxima, evapotranspiração de referência e área foliar em quatro variedades de mangueira. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2005, Campinas. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia.

COELHO FILHO, M. A.; ANGELOCCI, Luiz Roberto; CAMPECHE, L. F. S. M.; ROJAS, Juan S D; FOLEGATTI, M. V. Relações entre transpiração máxima, área foliar e evapotranspiração de referência em pomar jovem de lima ácida ´Tahiti´(Citrus latifolia Tan.). Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 12, n. 2, 2004.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução de Gheyi, H.R., Sousa, A.A.; Damasceno, F.A.V.; Medeiros, J.F. Campina grande, UFPB, 1984. 306p. (Estudos FAO Irrigação e Drenagem, 33)

GOODWIN, I; BOLAND, M. Scheduling deficit irrigation of fruit trees for optimizing water use efficiency. (Documento da FAO, 2004)

HARGREAVES, G.H.; SAMANI, Z.A. Estimating potential evapotranspiration. Technical note, **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, ASCE, v.108, p.225-230 1985

LOPES, P. M O. **Evapotranspiração da mangueira na região do submédio São Francisco**. Dissertação de Mestrado – UFPB, Campina Grande, PB. 104 p. 1999.

OLIVEIRA, Greice Ximena Santos; COELHO FILHO, M. A.; PEREIRA, Francisco Adriano de Carvalho; CASTRO NETO, Manuel Teixeira de; COELHO, Eugênio Ferreira. Relações entre transpiração máxima, evapotranspiração de referência e área foliar em quatro variedades de mangueira. In: XV Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2005, Teresina, 2005.

SCHAFFER, B; WHILEY, A.W.; CRANE, J.H. Mango. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN, P.C. (Ed). **Handbook of environmental physiology of fruit crops volume II**: sub-tropical and tropical crops. Boca Raton: CRC Press, 1994. cap.8, p.165-197.

SILVA, V.P.R. Estimativa das necessidades hídricas da mangueira. UFPB-Campina Grande, 2000. 129p. (tese de doutorado).

SILVA, E.M.; PINTO, A.C.Q.; AZEVEDO, J.A. **Manejo da irrigação e fertirrigação na cultura da mangueira**. EMBRAPA-Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. 77 pp. 1996. (EMBRAPA-CPAC, Documentos 61).

SOARES, J.M.; COSTA, F.F. Irrigação. In: EMBRAPA, **Informações técnicas sobre a cultura da manga no semi-árido brasileiro**. Brasilia:EMBRAPA SPI. p.41-80. 1995.

Embrapa

Mandioca e Fruticultura Tropical

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento