



# DIFERENTES ABORDAGENS SOBRE AGRICULTURA IRRIGADA NO BRASIL

Técnica e  
Cultura

Alysson Paolinelli  
Durval Dourado Neto  
Everardo Chartuni Mantovani

EDITORES

<b>CAPÍTULO 20</b>		
<b>20</b>	<b>Irrigação do cafeeiro</b>	<b>403</b>
	<i>André Luís Teixeira Fernandes e Eusímio Felisbino Fraga Júnior</i>	
	Resumo	403
20.1	Introdução	403
20.2	Cafeicultura irrigada	404
20.3	Investimentos na irrigação do cafeeiro	405
20.4	Sistemas de irrigação para o cafeeiro	409
20.5	Gerenciamento e manejo da irrigação	412
20.6	Fertirrigação do cafeeiro	418
20.7	Considerações finais	419
	Referências	420

<b>CAPÍTULO 21</b>		
<b>21</b>	<b>Irrigação de fruteiras tropicais (abacaxizeiro, bananeira, mamoeiro e mangueira)</b>	<b>429</b>
	<i>Eugênio Ferreira Coelho, Dionei Lima Santos e Welson Lima Simões</i>	
	Resumo	429
21.1	Introdução	429
21.2	Irrigação do abacaxizeiro ( <i>Ananas comosus</i> )	431
21.3	Irrigação da bananeira ( <i>Musa spp.</i> )	437
21.4	Irrigação do mamoeiro ( <i>Carica papaya</i> )	444
21.5	Irrigação da mangueira ( <i>Mangifera indica L.</i> )	449
21.6	Considerações finais	453
	Referências	454

<b>CAPÍTULO 22</b>		
<b>22</b>	<b>Irrigação de fruteiras subtropicais (citricultura e videira)</b>	<b>461</b>
	<i>Regina Célia de Matos Pires, Marco Antônio Fonseca Conceição, Maurício Antônio Coelho Filho</i>	
	Resumo	461
22.1	Introdução	461
22.2	Citricultura	462
22.3	Viticultura	466
22.4	Considerações finais	470
	Referências	471

# CAPÍTULO 21

## 21 IRRIGAÇÃO DE FRUTEIRAS TROPICAIS (ABACAXIZEIRO, BANANEIRA, MAMOEIRO E MANGUEIRA)

*Eugênio Ferreira Coelho, Dionei Lima Santos e Welson Lima Simões*

### Resumo

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo. Sua produção em 2019 foi de 44 milhões de toneladas, com valor bruto de R\$ 38 bilhões; a área cultivada nesse período foi de 2,5 milhões de hectares, gerando 5 milhões de empregos com uma resposta a exportação anual média de 650 milhões de dólares (KIST *et al.*, 2018). Desta forma, a atividade apresenta-se como grande potencial de geração de emprego e renda e melhoria da qualidade de vida para a sociedade brasileira. Ainda há que se ressaltar que a produção de frutas é, também, fator importante no setor agroindustrial do Brasil. O aquecimento global e suas consequências na instabilidade climática podem afetar severamente a produtividade das culturas devido ao aumento da temperatura do ar e da evapotranspiração, somado à escassez de recursos hídricos nas regiões agrícolas tropicais (EDENHOFER *et al.*, 2014). Com isso, todas as fruteiras de maior ou menor consumo de água, com maior ou menor sensibilidade à deficiência hídrica, poderão ser afetadas pelos períodos secos na produtividade e na receita dos produtores. Tal fato, aliado à busca de produtos de melhor qualidade, ou mesmo à obtenção da produção em épocas de menor oferta do produto no mercado, justificam o aumento contínuo da irrigação na fruticultura brasileira. Este cenário tem acarretado aumento expressivo da demanda de conhecimentos relacionados à irrigação de fruteiras. Propõem-se, assim, neste capítulo, apresentar os principais conhecimentos científicos e tecnológicos relativos à irrigação das fruteiras tropicais de maior expressão comercial no país.

### 21.1 Introdução

As oscilações das disponibilidades hídricas nos sistemas de produção de fruteiras proporcionadas pelas mudanças climáticas, bem como a elevada concorrência dos frutos nos mercados nacionais e internacionais tem levado os sistemas de cultivo a serem avaliados pelas suas eficiências de uso da água (EUA), relacionando-se a produção de biomassa ou produção comercial a quantidade total de água aplicada ou evapotranspirada. Assim, técnicas e estratégias para aumentar a EUA, contribuem para melhoria da sustentabilidade das fruteiras.

A irrigação não funciona isoladamente num sistema de produção, ela deve estar integrada aos outros processos agropecuários, tais como adubação, correção da acidez do solo, controle fitossanitário, dentre outros. É necessário, também, o conhecimento dos sistemas de irrigação e suas relações com a cultura, bem como o conhecimento das necessidades hídricas das fruteiras, de aspectos ecofisiológicos e de estratégias de manejo da água de irrigação.

Os métodos de superfície, de aspersão e de irrigação localizada podem ser usados na maioria das fruteiras, sendo o de superfície o menos recomendado pelas maiores perdas de água proporcionadas. A adequação dos sistemas de aspersão ou localizada é, portanto, um ponto importante para o sucesso do empreendimento.

O manejo da água de irrigação requer conhecer o momento da irrigação, ou o limite de redução da água disponível do solo sem prejuízo da produtividade (umidade

ou potencial de água críticos), o que é feito por meio de sensores de água e requer determinar a quantidade de água a se repor ao solo para suprir essa redução. Essa quantidade de água pode ser calculada diretamente, pela lâmina correspondente à redução da água disponível do solo; ou pela evaporação do solo e transpiração das plantas (evapotranspiração) correspondente a esse período de depleção. Outra forma de se avaliar essas reposições é pela evapotranspiração e pela redução da água disponível de forma conjunta, que é o balanço de água na zona radicular.

No manejo da água de irrigação, as sugestões das umidades críticas para diferentes solos muitas vezes não são adotadas, seja pela dificuldade de equipamentos de leituras de umidade ou potencial de água do solo, seja pelas imprecisões consequentes das curvas de retenção de água do solo, feitas com pequenas amostras de solo que, pela variabilidade do mesmo, muitas vezes expressam valores de umidade-tensão que não representam as condições de campo. Quando os produtores não desejam usar a umidade crítica como indicador do momento da irrigação, optam por umidades maiores ou tensões de água do solo menores que os valores críticos, ou optam por intervalos entre irrigações fixos. Nesse caso, a frequência de irrigação é dada pela razão entre a lâmina real necessária à cultura ou a capacidade real de água do solo - CRA (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006) e a evapotranspiração correspondente ao tempo no qual a evapotranspiração máxima ou de referência apresenta baixo coeficiente de variação em relação à média do período. O intervalo entre irrigações (turno de rega) pode ser obtido pela equação 1, em que  $U_{cc}$  é a umidade do solo na capacidade de campo,  $U_c$  a umidade crítica do solo,  $ET_c$  a evapotranspiração da cultura e  $z_r$  a profundidade efetiva do sistema radicular.

$$TR = \frac{U_{cc} - U_c}{10 \cdot ET_c} \cdot z_r \quad (1)$$

A definição de quando irrigar determinada fruteira com base na relação solo-água-planta depende do quanto de depleção ou redução da água do solo a cultura tolera sem redução de produtividade que afete a receita líquida esperada pelo produtor. A umidade ou potencial de água do solo correspondente ao limite superior da água disponível é tomada normalmente como equivalente àquela que deve ser atingida no solo após cada irrigação e que proporciona produtividade potencial às culturas.

O uso de métodos de manejo da água de irrigação com uso da evapotranspiração associada aos coeficientes de cultura e de localização (fração da área molhada) isoladamente ou em conjunto com a avaliação do estado hídrico do solo (balanço de água na zona radicular) são usados em todas as fruteiras. Os métodos ou estratégias que envolvem irrigação com *deficit* regulado (RDI) e o secamento parcial da zona radicular (PRD) têm apresentados resultados positivos para diversas fruteiras e constituem solução para mitigar as perdas de áreas plantadas ou perdas de produtividade em épocas de secas prolongadas, cada vez mais comuns atualmente, e em cenários futuros, devido às mudanças climáticas em curso.

A facilidade cada vez maior de acesso a novas tecnologias como de câmeras de alta resolução, de infravermelho ou próximo do infravermelho, adaptadas em drones ou em satélites, tem sido usada em monitoramento de culturas, inclusive fruteiras, com objetivo de determinar o estado hídrico das mesmas, a partir de imagens dos índices da vegetação NVDI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*) (BRITO *et al.*, 2015). Algumas fruteiras como abacaxizeiro e mamoeiro já possuem alguma informação, entretanto nem todas ainda foram estudadas quanto ao uso dessas imagens para fins de avaliação do estado hídrico das plantas. A tecnologia tende a ser avaliada e aprimorada para essa finalidade.

Esse capítulo objetiva apresentar as informações sobre a irrigação das fruteiras tropicais mais relevantes dentre as irrigadas no agronegócio, tendo o manejo da água de irrigação como foco, dada a necessidade de aumento da eficiência do seu uso para o presente e o futuro, da sustentabilidade dos recursos hídricos, não somente para a irrigação, como também para os demais setores da sociedade.

## 21.2 Irrigação do abacaxizeiro (*Ananas comosus*)

### 21.2.1 Produtividade e ciclo

O abacaxizeiro é considerado uma das quatro fruteiras mais plantadas no Brasil. Sua produtividade média tem variado de 24 a mais de 26 toneladas por hectare. As exportações têm trazido receitas na ordem de 700 mil a 2 milhões de dólares para fruta fresca e na ordem de 4 a 26 milhões de dólares para suco. O aquecimento global e suas consequências na instabilidade climática têm intensificado o aumento da frequência dos períodos secos, afetando negativamente a produtividade e a receita dos produtores, mesmo sendo o abacaxizeiro uma cultura de menor consumo de água.

O ciclo do abacaxizeiro pode variar de 12 a 24 meses (CARVALHO *et al.*, 2005), podendo chegar 30 meses (KIST *et al.*, 2011), conforme as condições ambientais e de temperatura (22-32°C). A irrigação favorece a antecipação da floração natural, bem como a colheita (ALMEIDA *et al.*, 2002). Assim, o cultivo do abacaxizeiro irrigado torna-se uma estratégia de mercado, pois o abacaxicultor pode fazer a indução floral da sua lavoura em períodos pré-estabelecidos, buscando sempre os períodos de entressafra em algumas regiões, ou com melhores preços. Além disso, os produtores de abacaxi irrigado devem evitar que a colheita ocorra na mesma época em que se dá a colheita do abacaxi cultivado sob sequeiro, que também apresenta uma boa qualidade e aceitação nos mercados consumidores do Brasil.

### 21.2.2 Sistemas de irrigação

Os sistemas de irrigação pressurizados são os mais utilizados nas áreas irrigadas com abacaxizeiro, desde aqueles do método da irrigação localizada bem como do método de aspersão. As indicações são de que os sistemas de aspersão são os mais recomendados para a cultura. As justificativas para essa afirmação estão embasadas na forma de calha das folhas que direcionam a água para o sistema radicular, em que as raízes adventícias respondem por mais de 50% do total das raízes da planta. Os sistemas de aspersão convencional e o mini autopropelido (Figura 1A) são muito utilizados na irrigação do abacaxizeiro, pelo menor custo comparado ao pivô central e aos sistemas de irrigação localizada. O pivô central com tubos de descida próximo da altura da planta e com controle de pressão nos aspersores é o que possui maior eficiência de irrigação em áreas irrigadas com abacaxizeiro. O sistema autopropelido e aspersão convencional possuem eficiência de aplicação da menor mediana entre 60 a 75% e 70-85%, respectivamente (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2006).

O sistema de irrigação localizada mais usado na irrigação do abacaxizeiro é o gotejamento, principalmente em plantios de maior adensamento, com o uso de fileiras duplas, tipo 0,90 m x 0,40 m x 0,40 m, ou espaçamentos próximos. Normalmente, utiliza-se uma linha lateral de gotejadores entre duas fileiras simples. Pode-se, também, trabalhar com uma linha lateral entre fileiras com espaçamento de até 0,50 m, no caso de solo com textura média a argilosa. A linha lateral deve possuir emissores espaçados de 0,30 m, com vazão entre 1,5 e 2,0 L h<sup>-1</sup>, sendo que quanto mais arenoso o solo, menor deve ser a vazão do emissor. O uso da cobertura sintética do solo (*mulching*) no

cultivo do abacaxizeiro sob gotejamento contribui para o aumento da eficiência de irrigação (90%) e da eficiência do uso de água das plantas, principalmente pela redução da evaporação do solo. Além disso, haverá uma redução nos custos com mão de obra de limpeza da área ou com aplicações herbicidas ao longo do ciclo produtivo do abacaxizeiro. Por outro lado, o uso da cobertura sintética apresenta a desvantagem do aumento do custo de produção e a dificuldade de reutilização dessa cobertura em sucessivos plantios.

O uso do gotejamento enterrado ou subsuperficial é uma alternativa que contribui significativamente no aumento da eficiência de irrigação e no uso de água pela cultura. As perdas por evaporação, que já são reduzidas no sistema por gotejamento quando comparado a outros sistemas de irrigação, tornam-se ainda menores com o sistema subsuperficial. O uso do sistema subsuperficial envolve linhas laterais de fita ou tubo gotejador com emissores no mesmo espaçamento do sistema por gotejamento superficial, com vazão abaixo de  $2,0 \text{ L h}^{-1}$ , instalados entre 0,10 e 0,20 m, dependendo do tipo de solo. A profundidade pode ser maior em solos argilosos e menor em solos arenosos, levando sempre em consideração a faixa de profundidade recomendada. É necessário ater para o fato de que pode ocorrer intrusão radicular nos emissores. As linhas de irrigação com emissores tipo *'in line'* ou embutidos já são vendidas com propriedades repelentes a raízes.

Na irrigação do abacaxizeiro por microaspersão, necessita-se de hastes (Figura 1B) maiores do que as normalmente utilizadas em outras culturas, pois os emissores devem ficar acima das plantas. Além disso, os microaspersores devem ser espaçados de forma que permita uma sobreposição dos jatos entre as linhas laterais para manter a uniformidade de distribuição das lâminas de água, o que vai depender do seu raio de alcance.

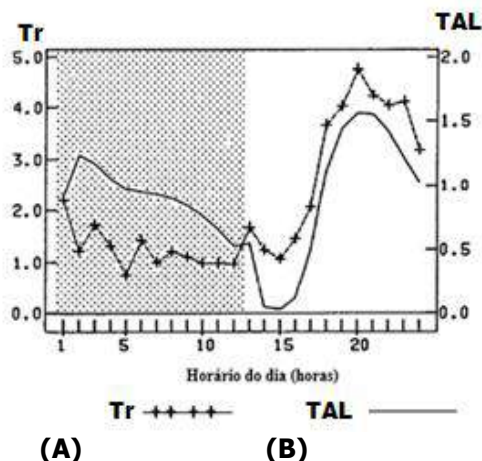


**Figura 1. (A) Mini autopropelido sendo utilizado na irrigação do abacaxizeiro, e (B) Haste de elevação do emissor em uma área irrigada de abacaxizeiro com sistema de microaspersão.**

### 21.2.3 Necessidades hídricas do abacaxizeiro

O abacaxizeiro é uma fruteira que utiliza o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM). A planta abre os estômatos durante a noite e absorve o  $\text{CO}_2$ , transformando-o em ácido málico; esse, então, é armazenado nos vacúolos durante a noite e, na presença da luz, é transportado para fora do vacúolo, voltando à forma de  $\text{CO}_2$ , sendo fixado pela RuBisco na fotossíntese. A elevação de sua concentração na folha acarreta

o fechamento dos estômatos durante o dia, até meado da tarde (CARR, 2012), conforme o comportamento da condutância estomática ou transpiração (Figura 2). Nesse período a transpiração é mínima, o que demonstra que o abacaxizeiro possui, naturalmente, uma elevada eficiência de uso de água. O abacaxizeiro também possui tecidos armazenadores de água, com potencial osmótico próximo de -1 MPa que permite perdas elevadas de água (CARR, 2012).



**Figura 2.** Transpiração ( $Tr$ ,  $\text{mL planta}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) e taxa assimilatória líquida ( $TAL$ ,  $\text{mmol planta}^{-1} \text{h}^{-1}$ ) das plantas de metabolismo CAM durante (A) a noite e (B) o dia (COTE *et al.*, 1992).

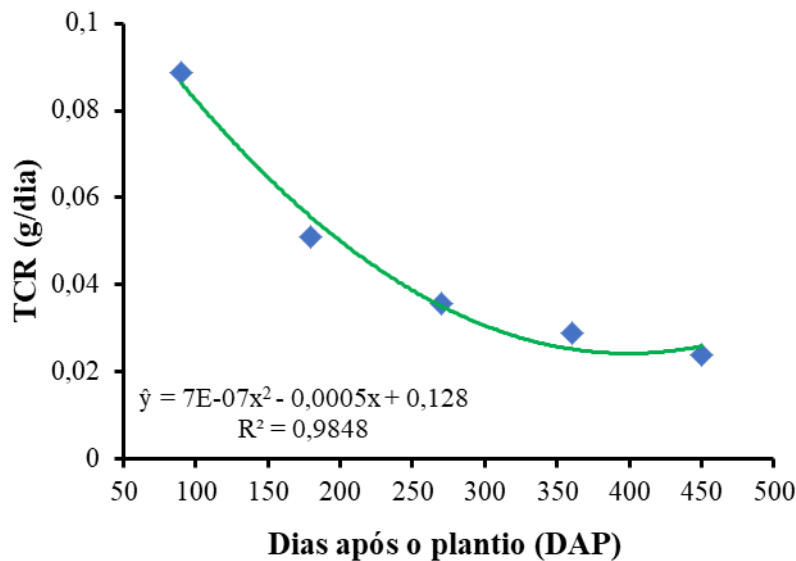
As plantas CAM absorvem água e transpiram na maior parte do tempo à noite. Entretanto, o uso da irrigação pode induzir o abacaxizeiro a se comportar como planta  $C_3$  de forma parcial, com predominância da fixação do  $\text{CO}_2$  durante o dia em quase todo o ciclo da cultura (SAN-JOSE *et al.*, 2007). Outra evidência dessa alteração do comportamento da cultura foi verificada em pesquisas conduzidas no Nordeste, onde a evapotranspiração foi mínima durante a noite e apresentou um comportamento crescente no turno da manhã e decrescente no turno da tarde (AZEVEDO *et al.*, 2007; SOUZA *et al.*, 2008). O comportamento do abacaxizeiro como planta CAM pode ser confirmado na literatura por trabalhos de avaliação de lâminas ou volumes de água na produtividade da cultura que não detectaram efeito das lâminas aplicadas no peso médio dos frutos ou na produtividade desses (FRANCO *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2009); ou com possibilidades de comportar-se como  $C_3$ , com resposta da produtividade ou peso médio dos frutos aos níveis de água aplicados (MELO *et al.*, 2006).

A necessidade hídrica do abacaxizeiro durante seu ciclo produtivo varia conforme as condições climáticas locais, sistema de irrigação utilizado, uso ou não de cobertura do solo e o cultivar plantado. Os cultivares de abacaxizeiro mais avaliados em estudos sobre as necessidades hídricas tem sido a "Pérola" e a "Smoth Cayene". O uso do *mulching* sintético reduz significativamente a evaporação, diminuindo assim a evapotranspiração e o coeficiente de cultura, principalmente nos primeiros meses, quando a evaporação prevalece na evapotranspiração. Da mesma forma, o sistema de irrigação por gotejamento tende a contribuir ainda mais na redução do uso de água na cultura.

O consumo de água na irrigação do abacaxizeiro durante o ciclo reflete basicamente na evapotranspiração da cultura, cujos valores sugeridos variam de 1,3 a 5,0  $\text{mm dia}^{-1}$  (HANAFI *et al.*, 2010); 2,9 a 4,2  $\text{mm dia}^{-1}$  (SANTANA *et al.*, 2013); 3,5 a 4,7  $\text{mm dia}^{-1}$  (AZEVEDO *et al.*, 2007), onde os maiores valores se referem aos primeiros cinco meses da cultura. As necessidades estão na faixa de 600 mm (EVANS *et al.*, 2002;

HEPTON, 2003). Há regiões com plantio do abacaxizeiro em condições de sequeiro, onde as precipitações são mais elevadas, com volumes acumulados de 1000 a 1500 mm/ano e chuvas bem distribuídas (CARVALHO, 1998; HUANG; LEE, 1969).

Na fase inicial do abacaxizeiro, correspondente aos dois primeiros meses após o plantio, as raízes das plantas ocupam pequenas profundidades do solo, onde a evaporação do solo ocorre com mais intensidade no perfil. Com isso, apesar das plantas não requererem maiores quantidades de água, é necessário irrigações com maior frequência para manter a camada mais superficial do solo com umidades próximas à capacidade de campo. Do segundo ao quinto mês, em condições em que o solo não se encontra coberto, a evaporação da água do solo ainda é predominante na evapotranspiração. A maior demanda de água pela cultura ocorre nessa fase (AZEVEDO *et al.*, 2007). Nos demais meses a cultura tende a cobrir toda a área, principalmente em cultivos mais adensados, e não ocorre diferença na demanda hídrica da cultura inclusive na fase de formação do fruto (AZEVEDO *et al.*, 2007; COMBRES, 1983), sendo que essa demanda é inferior à que ocorre até o quinto mês (AZEVEDO *et al.*, 2007). Na fase de colheita ocorre uma redução na demanda hídrica em relação às fases anteriores. Esse comportamento da cultura quanto à necessidade de água é confirmado pela taxa de crescimento relativo da cultura (Figura 3) onde a maior taxa de crescimento ocorre, em média, aos 90 dias após o plantio, a partir de quando reduz de forma constante até o período de floração (LIMA, 2021).



**Figura 3. Taxa de crescimento relativo (TCR, g dia<sup>-1</sup>) do abacaxizeiro (cultivar BRS Imperial) nas condições de Tabuleiros Costeiros da Bahia (LIMA, 2021).**

Em termos quantitativos, para efeito de cálculos da lâmina de água necessária pelas plantas, o coeficiente de cultura ( $k_c$ ) é o imprescindível. O coeficiente de cultura expressa às controvérsias quanto à necessidade de água do abacaxizeiro durante seu ciclo. O abacaxizeiro sendo uma cultura CAM, com baixa transpiração diária, induz a uma baixa evapotranspiração e, conseqüentemente, um baixo coeficiente de cultura. Em alguns trabalhos foram apresentados resultados que atestam a baixa evapotranspiração da cultura (SANTANA *et al.*, 2013; MELO *et al.*, 2006; ALLEN *et al.*, 1998), enquanto em outros (SANTANA *et al.*, 2013; AZEVEDO *et al.*, 2007; SOUZA; REINHARDT, 2007) os valores de  $k_c$  não condizem com baixa evapotranspiração, o que poderia levantar a questão do comportamento da cultura como planta C3, o que não foi mencionado nos trabalhos apresentados na Tabela 1.



**Tabela 1. Coeficientes de cultura para o abacaxizeiro em diferentes fases do ciclo da cultura por diferentes autores.**

<b>Autores</b>	<b>Fase vegetativa</b>	<b>Fase floração</b>	<b>Fase cresc. de frutos</b>	<b>Fase colheita</b>
Azevedo <i>et al.</i> (2007)	0,89±0,07	0,88±0,09	0,87±0,05	0,89±0,01
Souza e Reinhardt (2007)	0,40-0,60	1,00-1,20	1,00-1,20	0,40-0,60
Santana <i>et al.</i> (2013) <sup>1,2</sup>	0,60-0,73	0,62	0,90	0,90
Santana <i>et al.</i> (2013) <sup>1,3</sup>	0,57-0,66	0,56	0,71	0,71
Melo <i>et al.</i> (2006)	0,57	0,57	0,57	0,57
Allen <i>et al.</i> (1998) <sup>4</sup>	0,50	0,30	0,30	0,30
Allen <i>et al.</i> (1998) <sup>5</sup>	0,50	0,50	0,50	0,50

<sup>1</sup> Gotejamento. <sup>2</sup> Superficial. <sup>3</sup> Subsuperficial. <sup>4</sup> Com cobertura do solo. <sup>5</sup> Sem cobertura do solo.

### 21.2.4 Manejo da água de irrigação em abacaxizeiro

A definição do momento de irrigar a cultura do abacaxizeiro com base na relação solo-água-plantas considera a não influência dos níveis de água aplicados à cultura detectados nas pesquisas e o comportamento referente ao mecanismo ácido das crassuláceas, que permite uma redução maior do nível de água que maximiza a produtividade, em relação às demais culturas. A redução de 50% da água disponível do solo já mencionada (ALMEIDA *et al.*, 2002) pode ser usada, uma vez que a literatura não disponibiliza valores dessas reduções. A umidade crítica, nesse caso, como indicador do momento da irrigação dependerá do tipo de solo (Tabela 2).

**Tabela 2. Umidade crítica para o abacaxizeiro para solos de diferentes classes texturais.**

<b>Classificação textural</b>	<b>Umidade capacidade de campo (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>)</b>	<b>Umidade ponto de murcha (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>)</b>	<b>Umidade crítica (m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>)</b>
Arenosa	0,1700	0,0847	0,1310
Franco-arenosa	0,2094	0,0807	0,1451
Franco	0,3156	0,1033	0,2095
Franco-Argilo-Siltoso	0,3400	0,1900	0,2650
Argila	0,3600	0,2555	0,3050

O manejo da água de irrigação do abacaxizeiro irrigado por sistemas de aspersão convencional deve considerar um turno de rega fixo e, este, por sua vez, vai depender do tipo solo e da evapotranspiração média da cultura no período conforme sugerido na Tabela 3. Entretanto, o turno de rega pode ser diferente conforme o comportamento da cultura e o regime de umidade do solo, o que é verificado pelas leituras de umidade ou de potencial de água do solo.

O cálculo do tempo de irrigação ou a razão entre a lâmina total (mm) e a intensidade de precipitação do aspersor (mm h<sup>-1</sup>), deve considerar na lâmina real necessária (CRA) e a profundidade efetiva do sistema radicular de 0,15 m até 90 dias

após o plantio (DAP), 0,20 m de 90 a 180 DAP e 0,25 m no restante do ciclo, com base na avaliação de crescimento de raízes de Lima (2021). Se o manejo for com uso da reposição da evapotranspiração da cultura ou pelo balanço de água na zona radicular, deve-se considerar as profundidades do sistema radicular sugeridas.

**Tabela 3. Valores do intervalo em dias entre irrigações para o abacaxizeiro considerando diferentes evapotranspirações médias da cultura e tipos de solo.**

Textura do solo	Evapotranspiração da cultura (mm dia <sup>-1</sup> )				
	2	3	4	5	6
Arenoso	4	3	2	2	1
Franco-arenosa	6	4	3	3	2
Franco	11	7	5	4	4
Franco-argilo-siltoso	8	5	4	3	3
Argila	6	4	3	2	2

O manejo da água em sistemas de irrigação localizada também pode usar o turno de rega fixo, o que torna mais prático e operacional. Nesse caso, onde a área molhada pelos emissores é menor em relação à área molhada na aspersão o turno de rega deve variar de 1 dia (solos arenosos) a 3 dias (solos de textura argilosa) em plantios sem cobertura do solo. O uso de cobertura sintética do solo no gotejamento requer o uso de sensores de umidade ou de tensão de água para determinar o momento de irrigar bem como quantificar a lâmina a ser aplicada na irrigação. O abacaxizeiro reduz significativamente a evapotranspiração principalmente nos primeiros meses após o plantio, quando cultivado sob cobertura do solo. Nesse caso, toda a água que seria evaporada sem a cobertura permanece armazenada, reduzindo a taxa de secagem do solo. Espera-se manter o solo com umidades continuamente próximas do limite superior da água disponível (capacidade de campo), mas com a cobertura sintética do solo é preciso cautela para não manter o solo com excesso de umidade. O cálculo do tempo de irrigação, se feito com base na evapotranspiração, deve considerar o coeficiente de cultura de 0,3 (Tabela 1).

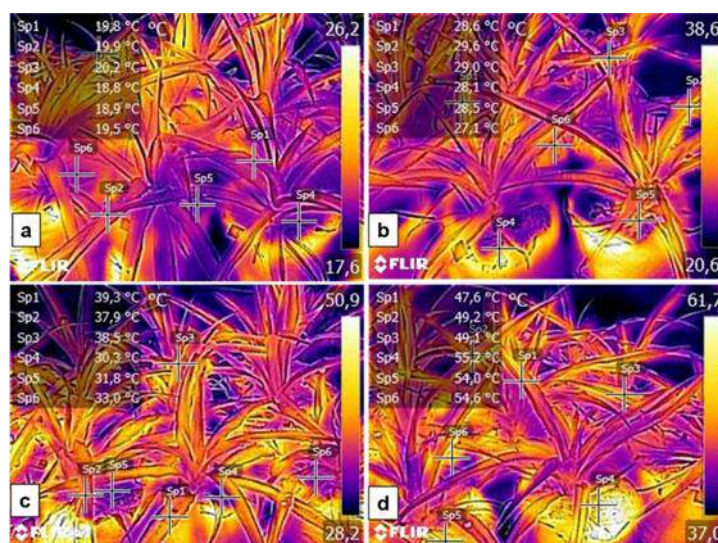
Qualquer sensor que seja usado para avaliação da umidade do solo (tensiômetro, blocos de resistência elétrica de matriz granular, sondas TDR, sondas de capacitância) deve ser colocado na posição de maior concentração de raízes e de maior incidência de absorção de água pelo sistema radicular. O sistema radicular do abacaxizeiro nas condições subúmidas sob irrigação por gotejamento em faixa contínua, com e sem cobertura sintética, possui 64 e 65% de raízes adventícias, entre 18 e 23% de raízes na camada de 0 a 0,10 m, entre 7 e 2% na camada de 0,20 a 0,30 m, e 9% na camada de 0,10 a 0,20 m tanto com, como sem cobertura do solo (LIMA, 2021). A instalação de sensores para determinação da água disponível no solo deve ser a 0,10 m de profundidade e 0,10 m entre a planta e o gotejador, no caso da linha lateral entre duas fileiras de plantas.

O abacaxizeiro, por ser planta CAM, tem elevada eficiência de uso de água (EUA), uma vez que a fotossíntese ocorre durante períodos diurnos de elevada temperatura e sob mínima transpiração. A eficiência de fixação de CO<sub>2</sub> pela transpiração em plantas CAM chega a três vezes a eficiência em plantas C<sub>4</sub> e a seis vezes a eficiência em plantas C<sub>3</sub> (BORLAND *et al.*, 2009). Os valores de EUA obtidos em pesquisas variam de 5,6 kg [frutas] m<sup>-3</sup> (AZEVEDO *et al.*, 2007) a 11 kg [frutas] m<sup>-3</sup> (SAN-JOSÉ *et al.*, 2007),

valores dentro ou próximo dos propostos por Doorembos e Kassam (1979), entre 5,0 a 10,0 kg de frutas  $m^{-3}$ .

### 21.2.5 Indicadores do estado hídrico no abacaxizeiro

O estado hídrico do abacaxizeiro irrigado pode ser expresso por meio de indicadores destrutivos (conteúdo relativo de água - CRA, da folha "D") e não destrutivo ("Normalized Difference Vegetation Index" - NDVI ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada; e "Stress Degree Day - SDD" ou Dia de Grau de Estresse). O Dia de Grau de Estresse (SDD) baseia-se nas diferenças de temperatura entre o dossel da cultura e o ambiente, considerando que sob condições de estresse hídrico, as plantas fecham os estômatos e diminuem a transpiração, aumentando, assim, a temperatura das folhas em relação à temperatura do ar (KIRKHAM, 2005). Na estação fria, o abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' cultivado com e sem irrigação, apresentou diferenças significativas do NDVI após 45 dias de restrição hídrica, enquanto que na estação quente, o CRA apresentou diferenças após uma semana do início da restrição hídrica (RÍOS *et al.*, 2020). Ainda nesse estudo, o SDD foi o índice mais sensível, uma vez que aumentou nas duas estações e apresentou diferenças significativas nas fases iniciais. Outra fonte de informação sobre o estado hídrico do abacaxizeiro são as imagens termais, conforme apresentado na Figura 4, em que após 75 dias de cultivo com e sem irrigação, a temperatura do dossel do abacaxizeiro medida às 12 horas durante a estação fria, em média, foi de 20°C para as plantas sob irrigação (Figura 4a) e 29 °C para as plantas cultivadas sem irrigação (Figura 4b). Durante a estação quente, a temperatura das plantas com irrigação foi de 38°C (Figura 4c) e sem irrigação foi de 48 °C (Figura 4d).



**Figura 4. Imagens térmicas de plantas de abacaxizeiro cultivadas sob irrigação (a) e sem irrigação (b) no final da estação fria; e plantas de abacaxizeiro cultivadas sob irrigação (c) e sem irrigação (d) no final da estação quente (RÍOS *et al.*, 2020).**

## 21.3 Irrigação da bananeira (*Musa spp.*)

### 21.3.1 Área e produção

A bananeira é segunda fruteira com maior área (450 a 490 mil hectares) e produção (entre 6,6 e 7,2 milhões de toneladas) do país, sendo a que apresenta o maior número de produtores envolvidos com a cultura. As regiões do Nordeste e Sudeste são as mais produtoras de banana, com maior expansão de área e produção nos polos de

fruticultura irrigada dessas regiões. As regiões Sul, Nordeste e Sudeste são as que mais exportam (KIST *et al.*, 2018). A bananeira, pelo fato de ser uma cultura exigente em água, induz aos produtores a preocupação de manter o solo com umidade elevada, o que implica em perdas, especialmente por percolação profunda. A irrigação dessa cultura deve, portanto, ser embasada nas suas particularidades, dentro das variações ambientais, e ser avaliada dentro do sistema de produção da mesma, considerando-se aspectos dos sistemas de irrigação, do espaçamento da cultura, dos seus tratamentos culturais e do controle fitossanitário.

### 21.3.2 Sistemas de irrigação para bananeira

O método da aspersão convencional promove uma irrigação em toda a área, isto é, mantém a área molhada em 100%. A zona radicular da bananeira que mais extrai água do solo se encontra no raio de 0,60 m da planta. Essa região do solo, até a profundidade de 0,40 a 0,50 m, é onde as raízes extraem em torno de 80% do total de água utilizada pela planta, não diferindo entre a aspersão convencional e a irrigação localizada (SANT'ANA *et al.*, 2012). A área molhada total do solo pela aspersão não aumenta significativamente a produtividade da bananeira, quando comparada aos sistemas de irrigação localizada. Entretanto, resulta em perda significativa de água no solo fora da zona mais ativa do sistema radicular. Na irrigação da bananeira por aspersão convencional, utiliza-se aspersores de baixa pressão e que devem ficar até 1 m acima do solo, com ângulo de inclinação no máximo de 9 graus.

A irrigação localizada exige um procedimento que deve ser feito no bananal, que é manter o alinhamento das fileiras de plantas, desde a fase vegetativa, mantendo todas as plantas filhas na mesma disposição, de forma que a mudança de posição da planta ativa seja a mesma em todas as touceiras. Esse procedimento assegura a uniformidade da aplicação de água na cultura. Os emissores de água que dão nome aos sistemas de irrigação localizada são os microaspersores, gotejadores, microjatos, microtubos, além de outros.

O gotejamento é mais adequado a solos de textura média a argilosa, sendo um sistema de maior eficiência que a microaspersão, com menor dispêndio de água. Em condições subúmidas ou úmidas, uma linha lateral por fileira de plantas é suficiente para garantir produtividades. No semiárido, no entanto, são necessárias duas linhas laterais de irrigação por fileira de plantas. Dois ou três gotejadores espaçados de 0,40 a 0,50 m entre si, por planta ao longo de uma linha lateral por fileira de plantas são suficientes para a cultura em condições úmidas e subúmidas. Em condições semiáridas deve-se usar quatro a seis gotejadores por planta nos mesmos espaçamentos distribuídos nas duas linhas laterais. O gotejamento, pela disposição dos emissores na região de concentração das raízes da bananeira, contribui para maior crescimento inicial das plantas em relação à microaspersão.

A microaspersão favorece a fase de produção da cultura, mais do que o gotejamento. As produtividades no sistema de gotejamento considerando duas linhas laterais por fileira de plantas com emissores distantes 0,40 a 0,50 m entre si podem ser equiparar às obtidas na microaspersão. Em pomares com espaçamentos entre plantas de 3,0 m x 2,0 m ou 3,0 m x 2,5 m, os microaspersores devem ter vazões entre 50 e 70 L/h, devido ao raio de ação do emissor ser entre 3,0 m e 3,5 m. Pode-se usar microaspersores de vazão entre 40 e 50 L/h ou até 60 L h<sup>-1</sup> para espaçamentos entre plantas mais adensados como 2,5 m x 2,0 m. Os microaspersores podem ser dispostos um para quatro plantas ou espaçados entre si na linha lateral de 3,5 a 4,5 m. Os sistemas de microaspersão, conforme a vazão do emissor e o espaçamento entre plantas favorecem melhores condições de umidade na zona radicular do que o

gotejamento. O gotejamento, quando sob uso de faixa contínua, com emissores dispostos ao longo de duas linhas laterais por fileira de plantas, contribuem para produzir tanto quanto ou mais que a microaspersão, a depender da vazão dos emissores (SANTANA JÚNIOR, 2012).

### 21.3.3 Necessidades hídricas da bananeira

As variedades de bananeiras mais cultivadas no Brasil são do grupo genômico AAA, subgrupo Cavendish, genótipos Grand, Naine, Nanica, Williams; do grupo AAB, subgrupo Pome, genótipos Prata, Prata Anã, Prata Gorutuba, Prata Catarina e subgrupo Maçã, Yangambi número 2, com a Maçã, BRS Tropical e a BRS Princesa, sendo todos os genótipos pouco tolerantes a estresses hídricos. São genótipos cujas raízes se concentram nas camadas mais próximas da superfície do solo, onde as perdas de água por evaporação são maiores, não suportando longos períodos sem água de chuva ou irrigação (RAVI *et al.*, 2013). Os tetraploides AAAB, por exemplo, 'BRS Platina', 'BRS Tropical' e 'BRS Princesa' expressam tolerância intermediária a estresse hídrico do solo (COELHO *et al.*, 2015).

Os cultivares de bananeira apresentam diferenças na resposta à aplicação de água, isto é, pode haver maior ou menor diferença entre a necessidade hídrica desses cultivares. Quanto à resposta a aplicação de água, levando em consideração a medida da taxa de variação da produtividade em função do volume de água aplicado, o cultivar Grande Naine do subgrupo Cavendish apresenta maior taxa ou responde mais a aplicação de água que os genótipos do subgrupo Pome. O cultivar BRS Princesa, híbrido de Yangambi, tipo maçã, apresenta baixa taxa de variação da produtividade em relação à aplicação de água (COELHO *et al.*, 2015).

A demanda de água da bananeira varia com o cultivar, com a fase fenológica dessa e com as condições meteorológicas que determinam a evapotranspiração máxima ou de referência (ET<sub>o</sub>). Um mesmo cultivar pode necessitar de um maior ou menor volume de água em seu ciclo, dependendo principalmente das condições meteorológicas e da cultura durante o ciclo. Quanto maior ou menor a evapotranspiração máxima ou de referência decorrente da radiação líquida, da temperatura relacionada à umidade relativa e da velocidade do vento, associada à resistência aerodinâmica do genótipo, vai haver uma necessidade maior ou menor de água, respectivamente, durante seu ciclo. Os genótipos de bananeira podem usar entre 600 mm a mais de 2000 mm de água, dependendo da ET<sub>o</sub> durante o ciclo e do comprimento desse (COELHO *et al.*, 2019; SILVA *et al.*, 2007; COELHO *et al.*, 2006; TEXEIRA *et al.*, 2002).

A bananeira apresenta três fases de distintas taxas de aumento de sua massa seca (ARAÚJO, 2008), que indiretamente reflete suas necessidades hídricas. Até o quarto ou sexto mês do plantio, quando apresenta diferentes comportamentos quanto à transpiração; do quinto ou sétimo mês, até 60 dias da emergência da inflorescência, quando a bananeira apresenta a maior área foliar total (TURNER; FORTESCUE; THOMAS, 2010); e a partir daí até o final do crescimento dos frutos. Na primeira fase, a demanda hídrica da cultura é menor que na segunda. O vigor e o crescimento das plantas na segunda fase dependem da primeira, quando o sistema radicular é limitado e a necessidade de aporte hídrico é elevado devido à predominância da evaporação do solo na evapotranspiração. Com isso, a primeira fase requer manutenção da umidade na camada de 0-0,25 m próxima à capacidade de campo.

Nos dois primeiros meses após o plantio, a irrigação por microaspersão requer maiores tempos de irrigação, comparado aos demais meses da primeira fase, devido à baixa uniformidade de distribuição local do microaspersor em relação ao sistema

radicular das plantas. A deficiência hídrica no quinto ou sexto mês, até próximo de 60 dias da emissão da inflorescência, influencia na taxa de emissão, no crescimento foliar, no período da iniciação floral, na floração, no número de pencas e na produção de cachos (TURNER; FORTESCUE; THOMAS, 2010; ROBINSON; GALÁN SAÚCO, 2010). A partir desse período que antecede a floração até o final de crescimento dos frutos, a necessidade hídrica aumenta em relação à fase anterior numa taxa constante, com ligeiro aumento nos 60 dias que antecedem o crescimento máximo dos frutos. O aumento da demanda hídrica após a emergência da inflorescência se deve, principalmente, ao crescimento dos frutos.

O manejo da água de irrigação da bananeira requer o uso de indicadores da necessidade hídrica de forma a quantificar o volume de água requerido. A evapotranspiração de um genótipo de bananeira requer o coeficiente médio dessa cultura, sendo esse um indicador da necessidade hídrica da bananeira durante seu ciclo. A literatura mostra diversos valores de coeficiente de cultura médios ( $K_{cm}$ ) para a bananeira: para a região do Polo Petrolina-Juazeiro os valores de  $K_{cm}$  ficaram entre 0,6 e 1,1 e entre 1,1 e 1,3 nos primeiro e segundo ciclo, respectivamente (TEIXEIRA *et al.*, 2002; BASSOI *et al.*, 2004). Nas condições da Chapada do Apodi, os valores de  $K_c$  no início ( $K_{cin}$ ), meio ( $K_{cmid}$ ) e final ( $K_{cfinal}$ ) do ciclo foram de 1,09; 1,21 e 0,71 respectivamente (COSTA, 2009). Mesmo fora do Brasil, os valores de  $K_c$  permaneceram nas mesmas faixas citadas, tanto para condições tropicais como subtropicais (CARR *et al.*, 2009). Esses diversos valores de  $K_{cm}$  indicam que os coeficientes sugeridos por Doorembos e Kassam (1994) são adequados para os genótipos mais cultivados dos subgrupos Cavendish e Pome (Tabela 4). O coeficiente de cultura dual, que envolve o coeficiente basal ( $K_{cb}$ ), considera a evapotranspiração com predominância da transpiração da planta, isto é, com a superfície do solo seca e o coeficiente de evaporação ( $K_e$ ). O  $K_e$  considera a evaporação predominante, imediatamente após a irrigação e, para efeito de aumento da eficiência de uso de água das plantas, é mais indicado (Tabela 5). Esses coeficientes demonstram as taxas de aumento da necessidade de água pela bananeira com estabilidade no máximo da necessidade na fase de crescimento de frutos.

**Tabela 4. Coeficientes de cultura médios ( $K_{cm}$ ) recomendados para a bananeira no primeiro ciclo de produção (DOOREMBOS; KASSAM, 1994).**

Meses após o plantio (Primeiro ciclo de produção)											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,40	0,40	0,45	0,50	0,60	0,70	0,85	1,00	1,10	1,10	0,90	0,80

A evapotranspiração ( $ET_c$ ) para a irrigação por aspersão considera apenas o  $K_{cm}$  conforme as Tabelas 4 e 5, entretanto na irrigação localizada, a  $ET_c$  deve ser corrigida em função da área efetivamente molhada, o que pode ser feito considerando a fração da área molhada (KELLER; BLIESNER, 1990) ou pelo coeficiente de localização ( $K_L$ ) (Tabela 6).

**Tabela 5. Coeficientes de cultura basal (Kcb) para dois ciclos de produção da bananeira (ALLEN *et al.*, 1998).**

Ano (ciclo)	Coeficientes de cultura basal (Kcb)		
	Fase inicial	Fase de crescimento máximo dos frutos	Fase de estabilização do crescimento dos frutos
1	0,15	1,05	0,9
2	0,6	1,10	1,05

**Tabela 6. Equações para determinação do coeficiente de ajuste (K<sub>L</sub>) da evapotranspiração.**

Equação	Fonte
Se $Ps \geq 0,65 \rightarrow K_L = 1,0$	Feres (1981)
Se $0,20 < Ps < 0,65 \rightarrow K_L = 1,09 Ps + 0,3$	
Se $Ps \leq 0,20 \rightarrow K_L = 1,94 Ps + 0,10$	
$K_L = 0,1\sqrt{Ps}$	Keller e Bliesner (1990)

Ps - fração de área molhada ou sombreada, prevalecendo o maior valor.

A evapotranspiração obtida com uso do coeficiente de cultura é o indicador mais em uso para quantificar a necessidade atual de água dos genótipos de bananeira e depende, principalmente, da condutância estomática que, por sua vez, é influenciada pela radiação líquida, pelo *deficit* de pressão de vapor e pela água disponível do solo. A ETc dessa forma integra o estado da planta e do solo na quantificação do volume de água necessário às plantas.

### 21.3.4 Manejo da água de irrigação

O manejo da água de irrigação da bananeira tem sido feito com (i) uso de métodos relativos à redução da disponibilidade de água do solo, com instrumentos de medição de umidade e de potencial da água do solo; (ii) com uso de dados para determinação da evapotranspiração da cultura, (iii) com uso dos dados do balanço de água na zona radicular, que envolve os dois métodos anteriores. Para a bananeira, apesar da disponibilização dessas ferramentas a determinação do estado hídrico das mesmas, com uso a partir de imagens dos índices da vegetação NVDI e SAVI (BRITO *et al.*, 2015), as informações estão ainda em fase inicial como, por exemplo, a determinação da condição hídrica das plantas pelas folhas mais novas (LEVANON *et al.*, 2015).

O uso de sensores de água no solo precisa da definição da umidade ou do potencial de água do solo referente à redução da água disponível do solo. No caso da bananeira, o limite para a redução é de 30% da água disponível, isto é, a umidade crítica é resultante da diferença da umidade na capacidade de campo é de 30% da água disponível. Essa umidade ou potencial deve ser obtida da curva característica de retenção de água do solo, mas na ausência dessa pode-se utilizar, a princípio, os valores apresentados na Tabela 7 fazendo ajustes posteriormente conforme o crescimento das plantas.

O produtor pode antecipar a irrigação ou diminuir a percentagem de redução da água disponível para 20 ou 25%. As informações das umidades ou potencial de água no solo críticos também são usados para definição da frequência de irrigação (Tabela 8) para os sistemas de aspersão convencional ou mini aspersão.

**Tabela 7. Umidade e tensão crítica de solos de diferentes classes texturais para a cultura da bananeira (COELHO *et al.*, 2012).**

Classificação Textural	Umidade CC <sup>1</sup> (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Umidade PMP <sup>2</sup> (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Umidade Crítica (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	Tensão Crítica (kPa)
Arenosa	0,1700	0,0847	0,1374	10
Areia Franca	0,1997	0,0549	0,1563	14
Franco-Arenosa	0,2094	0,0807	0,1708	16
Franco	0,3156	0,1033	0,2519	26
Franco-Argilo-arenosa	0,2355	0,0894	0,1917	19
Argilo-Arenosa	0,1639	0,1508	0,1599	14
Franco-Argilo-siltosa	0,2397	0,0743	0,1901	23
Argila	0,3560	0,2555	0,3111	49

<sup>1</sup> CC: Capacidade de campo. <sup>2</sup> PMP: Ponto de Murcha Permanente.

**Tabela 8. Valores do intervalo em dias entre irrigações por aspersão para a bananeira para diferentes evapotranspirações médias da cultura em diferentes tipos de solo.**

Textura do solo	Evapotranspiração potencial da cultura (ET <sub>c</sub> , mm dia <sup>-1</sup> )				
	2	3	4	5	6
Arenoso	7	4	3	3	2
Franco-arenosa	8	5	4	3	3
Franco	13	8	6	5	4
Argila	10	7	5	4	3

Em sistemas de irrigação localizada, a recomendação para regiões semiáridas é irrigação diária e com pulsos, ou intervalos menores que 24 horas para solos do tipo arenoso ou areia franca. Em solos de textura argilosa, a irrigação diária em condições semiáridas é mais adequada no gotejamento, para emissores de baixa vazão (entre 1,5 e 2,5 L h<sup>-1</sup>), podendo-se estender o intervalo entre irrigações para dois dias independente da vazão dos emissores. Em regiões úmidas e subúmidas, os intervalos entre irrigações para solos de textura média podem ser de até dois dias, e até três dias em solos de textura argilosa, exceto no verão, em condições máximas da evapotranspiração de referência (acima de 4 mm dia<sup>-1</sup>).

Na instalação dos sensores de água do solo para a bananeira, deve-se levar em consideração a região da zona radicular onde se encontra 80% do comprimento total do sistema em interseção com a zona efetiva de extração de água pelas raízes. A região da zona radicular da bananeira de modo geral encontra-se até 0,83 m de distância efetiva da touceira ou "família" e a profundidades variando de 0,33 a 0,60 m (COELHO *et al.*, 2008; CARR *et al.*, 2009; SANT'ANA *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2016). A extração de água pelas raízes se deve, entre outras razões, aos gradientes de potenciais totais de água ou de umidade entre o solo e as raízes. A localização desses gradientes apresenta variação temporal e espacial no perfil do solo, contudo, para fins de manejo da água de irrigação em campo, os limites onde 80% da extração total no perfil ocorre, encontra-se na profundidade de até 0,40 m, sob o sistema de gotejamento; e de 0,50 m até 0,60 m, sob sistema de microaspersão. A distância efetiva onde ocorre 80% da extração de água na zona radicular está em 0,70 m (COELHO *et al.*, 2008; SANTANA JÚNIOR *et al.*, 2020). Assim, o posicionamento de sensores de umidade ou potencial



mais adequado é na distância máxima da planta de 0,50 m para gotejamento e 0,60 m para microaspersão, e profundidades entre 0,20 m e 0,35 m nos dois sistemas de irrigação (COELHO *et al.*, 2016).

O uso do método de manejo de água com base na redução da água disponível do solo é de fácil uso, uma vez que for definido a umidade ou o potencial de água. A lâmina de água a ser repostada ao solo será a diferença do limite superior da disponibilidade da água do solo e a umidade crítica. O tempo de irrigação (h) para sistemas de aspersão convencional será dado pela razão da lâmina a ser repostada (mm) e a intensidade média de precipitação do aspersor ( $\text{mm h}^{-1}$ ). A lâmina de água para o sistema de irrigação localizada (mm) será calculada da mesma forma, apenas considerando a percentagem de área molhada (fração); o volume a ser aplicado deve considerar o produto da lâmina calculada (mm) com a área de ocupação da touceira de bananeira ( $\text{m}^2$ ). O tempo de irrigação (h) será a razão do volume de água em litros e a vazão por planta dos emissores ( $\text{L h}^{-1}$ ). O produtor obtendo os cálculos da lâmina de reposição para um valor fixo da umidade crítica conforme a curva de retenção de água do solo ou a Tabela 4, mas mantendo sempre esse critério, um cálculo apenas é necessário.

O manejo da água de irrigação feito apenas a partir da evapotranspiração do genótipo de bananeira é mais adequado para sistemas de maior eficiência de irrigação como a microaspersão e o gotejamento. O método assume que o que entra de irrigação considerando a precipitação efetiva, deve corresponder a lâmina ou volume de água de reposição da água evapotranspirada no período desde a última irrigação. As perdas por percolação e escoamento superficial são negligenciadas. O momento da irrigação pode ser definido pelo turno de rega fixo ou pelas leituras dos sensores de água do solo com base em uma umidade crítica.

O manejo pelo balanço de água do solo ou na zona radicular envolve o acompanhamento da umidade ou do potencial da água do solo e da evapotranspiração do genótipo desde o início da estação de irrigação, quando a umidade do solo deve estar no limite superior da disponibilidade de água ou na capacidade de campo. O momento da irrigação é levado em conta e a irrigação será função da evapotranspiração acumulada levando em consideração a precipitação efetiva no período.

O uso da técnica de regulação do *deficit* de irrigação (RDI) permite uma economia de água durante o ciclo da bananeira de até 25% da lâmina de irrigação. Na fase de crescimento vegetativo da cultura, pode-se reduzir até 21% da lâmina de irrigação. Na fase final de crescimento dos frutos de banana, quando os mesmos atingem o tamanho máximo para colheita, pode-se reduzir até 25% da lâmina de irrigação com garantia da produtividade potencial da cultura (COELHO *et al.*, 2019).

O manejo de água pela irrigação lateralmente alternada (secamento parcial das raízes) pode ser aplicado à cultura da bananeira tanto para os cultivares com maior eficiência de uso de água como a BRS Princesa e a Grande Naine, como também, para os cultivares tipo Prata. A redução de produtividade é um fator limitante nesse método, mas não excede 7%, 12% e 16% para os cultivares Grande Naine, BRS Princesa e Prata-Anã clone Gorutuba, respectivamente, no primeiro ciclo. As reduções de produtividade dos cultivares são menores nos ciclos subsequentes (COELHO *et al.*, 2019).

O manejo da água de irrigação, além de consistir na definição do momento de irrigar e da quantificação da irrigação, envolve também o horário da irrigação. O menor custo da energia dentro do horário de 21 horas e 30 minutos até as 6 horas leva os produtores a preferirem esse horário para irrigação. A bananeira mantém suas atividades de transpiração e fotossíntese do início até o final do dia. Os estômatos

permanecem fechados durante a noite, com interrupção da transpiração e da fotossíntese. Solos de textura arenosa com alta velocidade de infiltração, irrigados nas primeiras horas, ou seja, após as 21 horas e 30 minutos, perdem a maior parte da água aplicada por percolação durante a noite. Isso só não ocorrerá caso haja um gradiente textural na zona radicular ou abaixo dela, de forma que a camada inferior tenha uma condutividade hidráulica muito mais baixa que a da camada superior. Deve-se escolher horários de baixa intensidade de ventos, menor temperatura e alta umidade relativa do ar, o que ocorre nas primeiras horas da manhã, no final da tarde ou à noite. A cultura da bananeira apresenta uma taxa de elevação da transpiração constante a partir das primeiras horas de luz solar até próximo de 11 horas, mantendo seu valor máximo até o período entre 14 e 15 horas. A partir daí tende a reduzir a uma taxa quase constante até o início da noite (LU *et al.*, 2002).

## **21.4 Irrigação do mamoeiro (*Carica papaya*)**

### **21.4.1 Principais regiões produtoras**

As mudanças climáticas favorecem uma redução da disponibilidade hídrica (EDENHOFER *et al.*, 2014) das áreas produtoras de mamão do estado da Bahia, Ceará, Rio Grande do Norte e Espírito Santo, onde estão localizados os maiores polos de produção dessa fruta no Brasil (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2019). Levando em consideração os cenários futuros de mudanças climáticas, os maiores riscos para cultura do mamoeiro, nas principais regiões produtoras da Bahia, por exemplo, estariam relacionados aos aumentos térmicos, que poderiam atingir os limites máximos críticos para cultura e, principalmente, à elevação das demandas hídricas, tornando imprescindível o uso contínuo da irrigação para muitas localidades que atualmente a utilizam apenas de forma complementar (COELHO FILHO *et al.*, 2009).

O mamoeiro é considerado uma das plantas frutíferas com maior precocidade de produção (JIMÉNEZ *et al.*, 2014). A partir do terceiro ou quarto mês após o plantio, as fases de crescimento, floração e maturação dos frutos ocorrem simultaneamente. Assim, com base nesse intenso desenvolvimento, em regiões com precipitações anuais inferiores a 1.200 mm, ou até mesmo com volumes acumulados superiores a 1.500 mm, porém com distribuição irregular ao longo do ano, torna-se imprescindível o suprimento adequado e constante de água por meio da irrigação, para manutenção do potencial produtivo da cultura.

Tanto a produção como o crescimento do mamoeiro respondem positivamente ao incremento de lâminas de água aplicadas (MELO *et al.*, 2020, COELHO; SIMÕES, 2010; POSSE *et al.*, 2009; ALMEIDA *et al.*, 2004; SILVA *et al.*, 2001), embora a eficiência do uso da água possa ser reduzida em função das perdas de água no solo por percolação, principalmente em solos arenosos (MELO *et al.*, 2020).

### **21.4.2 Sistemas de irrigação**

Nos pomares de mamoeiro, o método de irrigação localizada e aspersão têm sido os mais utilizados. Dentre esses métodos, os sistemas de irrigação por microaspersão e gotejamento são os mais recomendados e adotados. No sistema por microaspersão, normalmente utiliza-se um emissor para duas ou quatro plantas de mamoeiro, desde que a uniformidade de distribuição de água pelos emissores seja superior a 85%.

Em pomares de mamoeiro, o sistema por gotejamento pode ser usado tanto enterrado quanto superficial. No sistema por gotejamento enterrado, a linha de

gotejadores deve ser enterrada de 0,20 a 0,30 m de profundidade, de forma que promova um bom desenvolvimento do sistema radicular. Além disso, recomenda-se o uso de gotejadores de fluxo turbulento com vazão igual ou menor que  $2 \text{ L h}^{-1}$ , e que o plantio do mamoeiro seja realizado no período chuvoso, com intuito de estabelecer para o período de *deficit* hídrico um sistema radicular capaz de utilizar a água disponível do volume molhado criado pelo emissor.

A configuração do gotejamento superficial pode ser com duas linhas laterais ou apenas uma linha lateral por fileira de plantas. Em pomares de mamoeiro localizados em regiões semiáridas, com solo de textura média argilosa, recomenda-se o sistema de gotejamento superficial com duas linhas laterais por fileira de plantas, com três gotejadores por linha lateral, sendo um gotejador central próximo da planta e os outros dois a 0,40 m desse. Já em pomares localizados em regiões úmidas ou subúmidas, normalmente, recomenda-se uma linha lateral por fileira de plantas com essas mesmas disposições dos emissores.

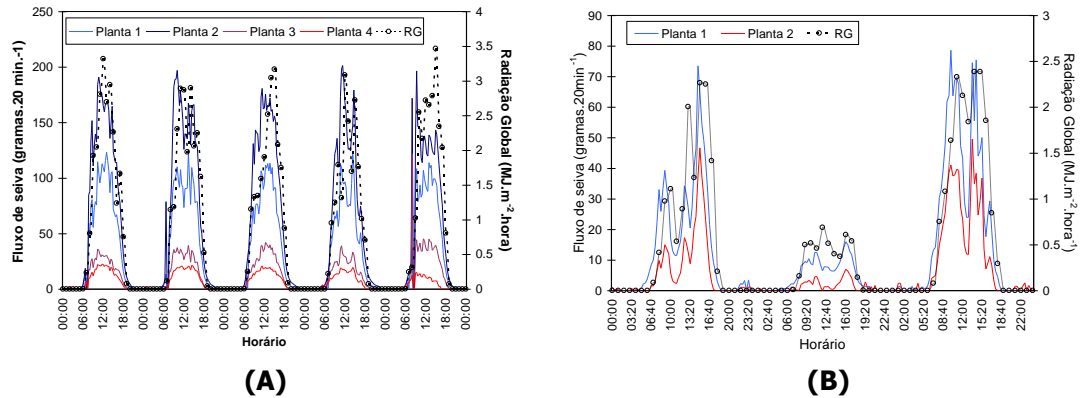
Dentre os sistemas de irrigação por aspersão, os sistemas do tipo pivô central e autopropelido são os mais utilizados em áreas produtoras de mamão. Nesses sistemas, os jatos de água são direcionados sobre o mamoeiro, o que contribui para o aumento da queda das flores devido ao impacto do jato. A irrigação por aspersão, em períodos e em horários do dia de maior temperatura, reduz a temperatura foliar e o *deficit* de pressão de vapor folha-ar (DPVfolha-ar) por manter os estômatos abertos, favorecendo assim a manutenção da taxa fotossintética líquida, o que reflete na produtividade do mamoeiro (REIS; CAMPOSTRINI, 2011). Apesar dos benefícios da irrigação por aspersão nas relações fisiológicas, a aplicação de água sobre as folhas do mamoeiro pode propiciar o surgimento de pragas e doenças, devido à formação de condições microclimáticas (temperatura e umidade relativa do ar) favoráveis (REIS *et al.*, 2013).

#### 21.4.3 Necessidades hídricas do mamoeiro

O mamoeiro é exigente em água, no entanto não tolera excesso de umidade no solo. A necessidade hídrica do mamoeiro varia de acordo com as condições climáticas locais, com a fase do desenvolvimento vegetativo/reprodutivo da planta e com a variedade cultivada.

Em cultivos de mamoeiro (espaçamento 3,0 x 1,7 m) submetidos a uma baixa demanda evapotranspiratória, com plantas na fase inicial de crescimento e floração até os sete meses do plantio ou plantas no início da fase de floração/produção, o consumo de água pode variar de 2 a 4 mm d<sup>-1</sup>. Essa recomendação também é válida para áreas litorâneas (MONTENEGRO *et al.*, 2004). Já nos cultivos submetidos à elevada demanda da evapotranspiração, ou seja, alta temperatura e baixa umidade do ar (região semiárida da Bahia e do Norte de Minas Gerais), com plantas na fase produtiva (acima dos sete meses após o transplantio), o consumo de água da cultura (espaçamento 3,0 x 1,7m) pode variar de 5,0 a 6,5 mm dia<sup>-1</sup>. Em pomares com plantas adultas entre o 9º e o 12º mês após o transplantio e na fase de produção, a demanda máxima diária de água é de 30 a 35 L planta<sup>-1</sup> (COELHO *et al.*, 2011).

Por ser uma planta herbácea e com elevada condutividade hidráulica, o fluxo de seiva e a transpiração do mamoeiro acompanham a dinâmica das variações da radiação solar global ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ ) ao longo do dia (COELHO FILHO *et al.*, 2006). Em dias sem nuvens e com elevada disponibilidade energética, a transpiração do mamoeiro alcança valores elevados (Figura 5a). Já em dias chuvosos ou nublados e com baixa disponibilidade energética, a transpiração do mamoeiro reduz drasticamente a valores próximos de zero em razão da ocorrência de chuva próxima às 12 horas (Figura 5b).



**Figura 5. Transpiração máxima de plantas de mamoeiro 'Tainung número 1' em dias sem nuvens e com elevada disponibilidade energética (A) em dias chuvosos e com baixa disponibilidade energética (B) (COELHO FILHO *et al.*, 2006).**

O *deficit* hídrico no solo contribui mais para a redução da taxa fotossintética nos dias sem nuvens do que em dias nublados, principalmente devido ao comportamento dos estômatos (REIS; CAMPOSTRINI, 2008). Geralmente, a condutância estomática do mamoeiro sofre reduções significativas quando a tensão de água no solo atinge valores entre -50 a -60 kPa. No caso do mamoeiro com 6 meses de idade, Marler e Mickelbart (1998) verificaram uma redução da taxa fotossintética em 50%, quando a tensão de água no solo passou de -20 para -68 kPa.

#### 21.4.4 Manejo de água de irrigação

O manejo da irrigação do mamoeiro pode ser realizado via solo ou via clima, ou por meio de informações de ambos simultaneamente. No manejo via solo, a umidade/tensão de água no solo é mensurada por meio de sensores (Tensiômetros, Watermarks, Sondas TDR, entre outros) para definir o momento de irrigar ou a quantidade de água a repor ao solo e à planta. A umidade ou tensão de água do solo até a qual a planta é capaz de extrair água de forma a suprir os gradientes de potenciais na rota raiz-planta-atmosfera, ou a umidade/potencial crítico varia com o tipo de solo. Assumindo que essa umidade/potencial de água ocorre quando a água disponível reduz em 30% a partir do seu limite superior (capacidade de campo), pode-se estabelecer os mesmos limites máximos de redução da disponibilidade de água para diferentes texturas do solo usados para a bananeira (Tabela do tópico da bananeira).

Os intervalos entre irrigações para o uso do sistema de aspersão podem ser os mesmos usados para a bananeira. O produtor, entretanto, pode estabelecer a umidade e potencial crítico de forma mais precisa com dados físicos e a curva de retenção de umidade do solo após amostragem e análise em laboratório. O intervalo entre irrigações para o sistema de gotejamento e microaspersão segue os mesmos sugeridos para a bananeira.

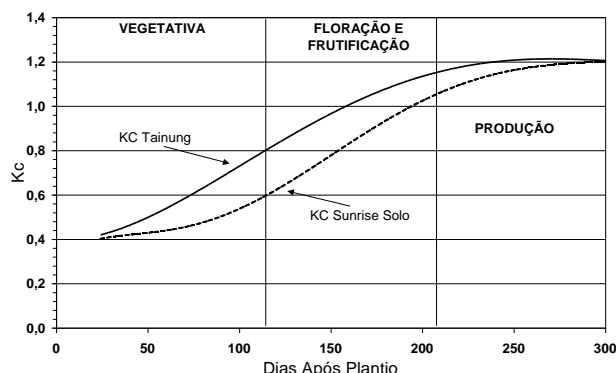
Os sensores desempenham um papel fundamental no manejo da água de irrigação, mas desde que localizados de forma que possam atender a necessidade da planta. A região da zona radicular mais adequada para o sistema de gotejamento em fileira simples com três emissores por planta espaçados de 0,40 m entre si é na direção da fileira de plantas a no máximo 0,65 m da planta e a profundidades entre 0,20 e 0,45 m. No sistema de gotejamento com duas linhas laterais e gotejadores de 4 L h<sup>-1</sup>, a profundidade de instalação é até 0,35 m, uma vez que o mesmo volume é dividido nas duas linhas laterais com menor tempo de irrigação e portanto, menor profundidade do

volume molhado. A instalação dos sensores na microaspersão com uma linha lateral entre duas fileiras de plantas é mais adequada considerando a direção planta-microaspersor na distância de 0,55 m da planta na profundidade entre 0,20 m e 0,40 m. (SANTOS, 2020; COELHO; SIMÕES, 2015; COELHO *et al.*, 2005). Essas recomendações consideram de forma segura a região de instalação dos sensores, mesmo considerando a variabilidade das zonas de extração de água, no entanto a zona de maior atividade no sistema radicular é observada até 0,40 m da planta e a profundidades próximas de 0,30 m.

#### 21.4.5 Manejo via clima e balanço de água na zona radicular

No manejo de água de irrigação no mamoeiro, o cálculo da evapotranspiração requer o coeficiente da cultura. Nas condições litorâneas do Norte do Estado do Rio de Janeiro e do Estado do Espírito Santo (clima tropical úmido, com inverno seco e chuvas máximas no verão) esses coeficientes para o mamoeiro Híbrido UENF/CALIMAN01 variam linearmente de 0,63 no transplântio até 1,05 a 206 dias após o transplântio (DAT). Além disso, após esse período, a variação do Kc relaciona-se inversamente com o diâmetro de copa do mamoeiro, reduzindo-se ao valor médio mínimo de 0,81, aos 300 DAT (POSSE *et al.*, 2008). Nas condições dos Tabuleiros costeiros do recôncavo da Bahia (clima tropical quente e úmido), para o cultivar Sunrise Solo, os coeficientes que resultam em maiores produtividades e eficiência no uso da água são de 0,31, 0,42, 0,52 e 0,84 para 0-30 dias após o plantio (DAP), 31-60 DAP, 61-120 DAP e acima de 120 DAP, respectivamente (COELHO *et al.*, 2010). Esses coeficientes para cultivar Tainung número 1 são de 0,38; 0,51; 0,64 e 1,02 para 0-30 DAP, 31-60 DAP, 61-120 DAP e acima de 120 DAP, respectivamente (COELHO; SIMÕES, 2010).

Levando em consideração as áreas foliares do mamoeiro 'Tainung 1' e 'Sunrise Solo', Coelho Filho *et al.* (2006) obtiveram, as curvas de coeficiente de cultura conforme apresentado na Figura 2. O coeficiente de cultivo máximo (1,20) ocorre a 270 dias após o plantio para o cultivar Sunrise Solo e a 225 dias após o plantio para o cultivar Tainung número 1, quando para essas dois cultivares a área foliar média atinge o valor máximo (Figura 6).



**Figura 6. Coeficientes de cultura (Kc) para os cultivares Tainung nº 1 e Sunrise Solo ao longo do tempo, obtidos como função da área foliar (COELHO FILHO *et al.*, 2006).**

Os coeficientes de cultura para o mamoeiro Sunrise nas condições do norte do Estado do Ceará variam de 0,64; 1,16 e 1,19 para os estádios fenológicos de crescimento vegetativo, floração frutificação e floração frutificação e maturação, respectivamente (MONTENEGRO *et al.*, 2004). De modo geral, o valor máximo do coeficiente de cultivo do mamoeiro deve ser mantido até pelo menos 370 dias após o plantio, quando pode ocorrer reduções da área foliar total das plantas e da própria

produção do mamoeiro de até 35% para cultivar Tainung 1 e de até 50% para o cultivar Sunrise Solo. Nessas situações, será necessário fazer ajustes do coeficiente cultivo para a nova condição, como sugerido por Posse *et al.* (2008).

Em pomares de mamoeiro irrigado por gotejamento ou microaspersão, o KI pode ser considerado de 0,65 até o terceiro mês do plantio; 0,75 no quarto; 0,85 do quinto ao sexto mês e 1,00 a partir do sétimo ou adotar a metodologia proposta por Ferreres (1987).

Vale ressaltar que independente do manejo via solo ou via clima, para que não ocorra redução de produtividade do mamoeiro devido à disponibilidade hídrica do solo, recomenda-se que a água disponível no solo permaneça ao longo do ciclo produtivo superior ou igual a 70%, ou seja, um fator de disponibilidade (f) de redução da disponibilidade de 0,30 (SANTOS, 2020).

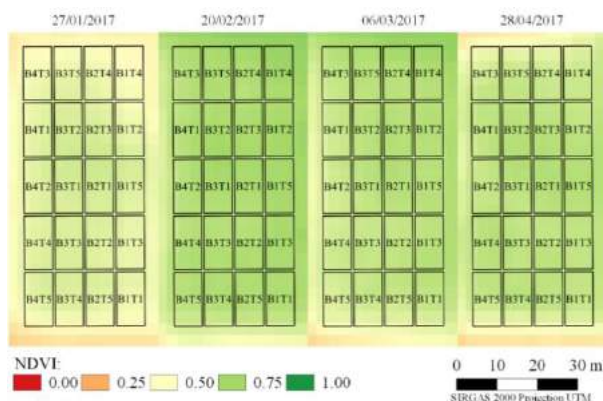
#### 21.4.6 Uso de técnicas de manejo de irrigação com *deficit* hídrico

Dentre as técnicas de manejo de irrigação com *deficit* hídrico, a técnica PRD "Partial Root-zone Drying" ou secamento parcial da zona radicular vem sendo apontada como uma estratégia viável e promissora para o aumento da eficiência do uso de água em áreas irrigadas de mamoeiro. O mamoeiro 'Tainung 1' cultivado em condições semiáridas sob PRD com frequência de alternância do lado irrigado de 7 dias e redução de 35% lâmina de irrigação pode aumentar a eficiência do uso de água em 23,2% e gerar uma economia de água de 43,3 litros para cada quilograma de fruto produzido, quando comparada com as plantas submetidas a irrigação plena, ou seja, sem redução da lâmina de irrigação (SANTOS *et al.*, 2021). A técnica PRD não compromete as qualidades químicas dos frutos, isto é, o pH, a acidez titulável (AT), o teor de sólidos solúveis (SS) e a relação SS/AT dos frutos do mamoeiro.

O mamoeiro 'Golden' cultivado sob PRD, com frequência de alternância do lado irrigado de 14 dias associada a uma redução de 30% da lâmina de irrigação, na primeira colheita, o uso da técnica PRD permitiu um ganho de 6,5 kg de frutos por planta e uma redução na pegada hídrica (L de água utilizado por cada kg de fruto colhido) de 47,6% (LIMA *et al.*, 2015). A pegada hídrica com uso da técnica foi de 119 L de água por 1 kg de fruto produzido, enquanto sem a irrigação com *deficit* com uso do PRD, a pegada hídrica foi de 227 L de água por quilo de fruto.

#### 21.4.7 Uso de imagens termais

Apesar dos poucos trabalhos científicos realizados em áreas irrigadas de mamoeiro, as ferramentas do sensoriamento remoto vêm sendo apontada como promissoras na identificação do vigor vegetativo da cultura e os períodos de maior estresse térmico associado ao aumento do *deficit* de pressão de vapor do ar. Por exemplo, por meio do NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) ou Índice de Vegetação por Diferença Normalizada foi possível identificar dois cenários em relação ao vigor vegetativo do mamoeiro irrigado (Figura 7) nas condições do projeto Formoso, em Bom Jesus da Lapa - BA (SANTOS *et al.*, 2021). Um cenário de elevada temperatura e *deficit* de pressão de vapor do ar (3,4 kPa), com maior estresse térmico (imagem: 27/01/2017), conseqüentemente, maior taxa de abscisão das folhas basais correspondeu a menores valores do NDVI. Em contraste, outro cenário nas imagens de 20/02/2017, 06/03/2017 e 28/04/2017, de um período com *deficit* de pressão de vapor do ar mais ameno (2,5 kPa), que favoreceu a uma menor taxa de abscisão das folhas basais correspondeu a maiores valores de NDVI (Figura 7).



**Figura 7. Imagens de NDVI provenientes da constelação PlanetScope durante o período de condução do experimento com mamoeiro irrigado em Bom Jesus da Lapa, Bahia, Brasil.**

## 21.5 Irrigação da mangaueira (*Mangifera indica* L.)

### 21.5.1 Regiões de cultivo

A manga (*Mangifera indica* L.) se destaca como uma das frutas mais populares e comercializadas no mundo, sendo o Brasil o sétimo maior produtor mundial (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2010) e um dos principais exportadores. Segundo Mouco (2015), o cultivo da mangaueira no Brasil iniciou-se com os plantios de forma extensiva, utilizando-se variedades locais e empregando poucas tecnologias. Posteriormente, com a elevação do nível tecnológico, incluindo o uso da irrigação, da capacidade de indução floral e do aparecimento de variedades melhoradas, houve uma expansão da área cultivada com manga, iniciando-se no Estado de São Paulo, com posterior difusão para o restante do País, principalmente nos polos de agricultura irrigada do Nordeste, como no Submédio do Vale do São Francisco (Bahia e Pernambuco), nos Vales do Jaguaribe, Açu-Mossoró, Parnaíba e Platô de Neópolis, nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí e Sergipe, respectivamente.

Em 2017, a manga foi a fruta mais exportada pelo país, sendo a Região Nordeste responsável por 71,78% do total nacional, sendo 80% do volume do Nordeste proveniente do Vale do Submédio São Francisco (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2017; KIST *et al.*, 2018). Entretanto, embora as condições climáticas dessa região proporcionem excelentes possibilidades de cultivo, como melhoria na coloração dos frutos e redução dos seus níveis de doenças (MOUCO, 2015), a precipitação pluviométrica do semiárido brasileiro é escassa e mal distribuída, não atendendo à demanda hídrica das culturas, o que torna indispensável o uso da irrigação.

O cultivo de manga na Região Nordeste é diferenciado do das demais regiões do país, pelas suas características climatológicas como, intensa radiação solar, altas temperaturas e baixa umidade relativa do ar, que contribuem para elevar a evapotranspiração na maioria dos polos de fruticultura da região.

### 21.5.2 Sistemas de irrigação

Os sistemas de irrigação, de sulco e aspersão, em virtude das suas baixas eficiências, quando comparados com à irrigação localizada (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2008), não são recomendados para a mangaueira. O uso do sistema de aspersão para o cultivo da mangaueira destaca, ainda, como agravante o umedecimento das entrelinhas, que favorece o desenvolvimento de plantas daninhas, aumenta as

perdas de água por evaporação e a interceptação do jato d'água pela copa das plantas, no período de floração, podendo causar redução do número de panículas e afugentar os insetos polinizadores (PINTO *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 1996).

Atualmente, os sistemas de microaspersão e gotejamento são os mais utilizados pelos produtores para o cultivo irrigado da mangueira, uma vez que os mesmos geram uma eficiência de aplicação entre 70 e 95% e apresentam uma menor demanda de energia. A microaspersão deve ter preferência para solos de textura arenosa e sem gradientes texturais em relação ao gotejamento, entretanto pode ser usada em todos os tipos de solo, ao passo que o gotejamento é mais adequado em solos de textura média a argilosa.

A disposição dos emissores nas áreas de cultivo também pode interferir na eficiência de aplicação e na redistribuição da água no solo, mesmo quando se mantém o mesmo tempo de irrigação e volume de água aplicado (SIMÕES *et al.*, 2017). O gotejamento deve ser usado com duas linhas laterais por fileira de plantas (SIMÕES *et al.*, 2020; PINTO *et al.*, 2011). Simões *et al.* (2020a), verificou maior produtividade da mangueira cultivares Palmer e Keitt sob gotejamento com duas linhas laterais em relação a produtividade desses cultivares com uma linha lateral de gotejamento em faixa contínua em formato de anel ao redor da planta. O gotejamento com duas linhas laterais por fileira de plantas interfere positivamente na atividade fotossintética, na condutância estomática, na produtividade e no número e na firmeza dos frutos (SIMÕES *et al.*, 2020a).

No uso da microaspersão em mangueiras, é comum a instalação de um microaspersor a 0,30 m da planta. Nesse caso, o volume molhado, ou parte desse, fica sob a copa da planta, cujo sombreamento reduz a evaporação de água do solo. A vazão do microaspersor instalado dessa forma não precisa ser acima da faixa de 45-55 L h<sup>-1</sup>, uma vez que vazões maiores acarretam raios de alcance da água acima de 2,50 m, onde o sistema radicular tem menor relevância quanto ao comprimento e densidade de raízes (COELHO *et al.*, 2001; KOTUR *et al.*, 1997), inclusive, de absorção de água e nutrientes para a planta. Outra forma de uso da microaspersão na mangueira é instalando os microaspersores entre plantas ao longo da fileira. Simões *et al.* (2020b) observaram maior produtividade da mangueira (cultivar Kent) com os microaspersores nessa condição, comparada à instalação dos mesmos junto das plantas. Nesse caso, a vazão dos emissores deve ser suficiente para formar uma faixa molhada contínua, o que requer uma sobreposição dos raios de alcance dos seus jatos. O espaçamento entre plantas, nesse caso, não deve exceder a 5,0 m.

### 21.5.3 Necessidades hídricas da mangueira

Apesar da mangueira ser considerada uma planta tolerante à seca, mesmo com o uso de um sistema de irrigação adequado, estudos têm demonstrado que a baixa disponibilidade hídrica no solo, decorrente do manejo incorreto da irrigação, pode afetar eventos fisiológicos, como o crescimento da parte aérea e do sistema radicular, a produtividade e a qualidade dos frutos (PRAKASH *et al.*, 2015). A deficiência hídrica no solo retarda o crescimento das gemas vegetativas e colabora para o crescimento das gemas florais.

A fase de crescimento de frutos é a fase de maior demanda hídrica do ciclo produtivo, onde a ocorrência de deficiências hídricas pode afetar seriamente a produção. A fase da planta mais crítica à falta de água compreende o intervalo entre a 4ª e a 6ª semana após o estabelecimento dos frutos, quando um período de 30 dias sem irrigação



é suficiente para reduzir o tamanho dos frutos em 20% em comparação com a cultura sob irrigação (SCHAFFER *et al.*, 1994).

Na região semiárida do Nordeste Brasileiro a mangueira requer aproximadamente 1370 mm de água por ano (SILVA *et al.*, 1996), ou seja, 13.700 m<sup>3</sup>.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. A evapotranspiração obtida com o balanço de energia (razão de Bowen) de mangueiras de 6 anos de idade na região do submédio São Francisco no período de julho a dezembro de 1998 subestimou a evapotranspiração da cultura (3,4 mm dia<sup>-1</sup> a 6,1 mm.dia<sup>-1</sup>) comparada a obtida com o balanço hídrico (3,6 mm dia<sup>-1</sup> a 10,1 mm dia<sup>-1</sup>) (LOPES, 1999). A demanda hídrica da mangueira pela evapotranspiração nas fases de floração, queda de frutos, crescimento de frutos e maturação nas condições do polo Juazeiro-Petrolina são na ordem de 3,5; 3,8; 4,5 e 4,9 mm dia<sup>-1</sup>, respectivamente (SILVA, 2000).

A evapotranspiração potencial da cultura de manga (ETc) é o indicador quantitativo da necessidade hídrica da cultura. São poucos os valores de Kc disponíveis aos produtores, o que pode reduzir a eficiência do cultivo, quando são utilizados os dados já existentes para as novas variedades implantadas na região.

Na região de Petrolina (PE), os valores de Kc da mangueira (cv. Tommy Atkins), aos 18 anos de idade irrigadas por microaspersão, com um emissor por planta, com molhamento de 70% da superfície do solo, em dois ciclos de cultivo (2003-2004 e 2004-2005) foram: (i) na fase fenológica de repouso 0,7; na de crescimento vegetativo 0,8; na de maturação dos ramos, indução floral e início da floração 1,0; na correspondente ao fim da floração até o crescimento do fruto 0,9; na de maturação 0,8 e na de colheita 0,6 (TEXEIRA *et al.*, 2008). Outra recomendação de Kc para a mangueira em condições semiáridas é: 0,40 para o primeiro ano do plantio; 0,45 para o segundo ano; 0,50 para o terceiro ano. A partir do quarto ano. Os valores de Kc são: 0,65 na fase vegetativa; 0,80 nos 40 dias a partir do início da floração (DIF); 0,95 no período de 41 a 120 DIF; 1,00 entre 121 e 145 DIF e 0,80 até a colheita (SILVA, 2000). Simões *et al.* (2021) com base variações da ETc determinada usando Kc recomendados por Texeira *et al.* (2008) obtiveram valores de Kc de (i) na fase fenológica de repouso 0,57; na de crescimento vegetativo 0,66; na de maturação dos ramos, indução floral e início da floração 0,82; na correspondente ao fim da floração até o crescimento do fruto 0,66; na de maturação 0,8 e na de colheita 0,49 com produtividades de 36,4 t ha<sup>-1</sup> e 31 t ha<sup>-1</sup> em dois ciclos.

#### 21.5.4 Manejo da irrigação

O manejo da água sob irrigação localizada com reposição da lâmina para elevar a umidade a 100% da disponibilidade de água do solo na zona radicular efetiva da mangueira, quando feito a partir do estado da água do solo, pode considerar o turno de rega fixo ou variável, conforme a umidade ou potencial de água crítico definido pela curva de retenção de água associado à depleção ou à redução da disponibilidade de água de 50% (SOARES; COSTA, 1995), ou de 33% entre o início da floração e a colheita, e de 66% no restante do ciclo (AZZOUZ *et al.*, 1977). Em condições semiáridas, se o intervalo entre irrigações for fixo, deve ser diário em solos de textura média e em solos argilosos com gotejadores de baixa vazão em faixa contínua; deve ser diária e ou com pulsos em solos arenosos. Nos solos argilosos, com gotejadores de vazões de 4 Lh<sup>-1</sup> ou acima, espaçados até 1,0 m em irrigação tipo ponto fonte o intervalo entre irrigação pode ser maior que um dia. O cálculo da lâmina de irrigação para determinar a lâmina de reposição da água no solo desde a última irrigação pela lâmina, referente à depleção ou à redução de 33 a 66% da água disponível do solo, requer a profundidade efetiva da zona radicular que, para plantas adultas pode ser considerada 0,60 m. Entretanto os cálculos podem resultar em volumes elevados de água, mesmo com menores

percentagem de área molhada, o que ocorre para espaçamentos mais largos. Dessa forma, a aplicação mais coerente é para cultivos adensados.

O uso da evapotranspiração para quantificar a lâmina de água para repor ao solo pode ser usada por si só ou associada à redução da água disponível do solo de 33 a 66% (SOARES; COSTA, 1995; AZZOUZ *et al.*, 1977) pelo balanço de água na zona radicular. O cálculo da evapotranspiração considera além da evapotranspiração máxima ou de referência e o coeficiente de cultura a percentagem da área molhada ou o coeficiente de localização,  $K_r$  (Tabela 9).

**Tabela 9. Percentagem de sombreamento ( $P_s$ ) e coeficiente de correção ( $K_r$ ) da ETC para a mangueira em função de diferentes diâmetros de copa e espaçamentos de plantas (COELHO *et al.*, 2005).**

Espaçamento das plantas (m x m)	Diâmetro de copa (m)	Sombreamento (%)	$K_r$ (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

O objetivo do balanço é acompanhar diariamente a variação do conteúdo de umidade do solo, partindo do solo na capacidade de campo e contabilizando a evapotranspiração e a percolação. A avaliação é diária sendo que todos os componentes da equação do balanço devem também ser diários, ou seja, o mangicultor deve ter à mão os valores diários de ETC, percolação,  $I$ , e precipitação efetiva. O produtor pode optar por um balanço mais simples onde despreza na equação do balanço a percolação e a variação de umidade ou a redução da água disponível e vai considerar a ETC subtraída da precipitação efetiva como a lâmina de irrigação.

A mensuração da redução da água disponível do solo é feita pelos sensores de umidade (reflectômetria no domínio do tempo - TDR e da frequência - FDR), ou com instrumentos que medem por meio indireto, com a leitura do potencial da água no solo (tensiômetros e blocos de resistência). A instalação desses sensores em relação à planta da mangueira adulta para a irrigação localizada (microaspersão e gotejamento), de forma a representar a condição hídrica do solo no limite superior de sua disponibilidade (capacidade de campo) e na umidade ou potencial crítico para a planta, deve ser feita entre 0,20 e 1,0 m do tronco e a profundidades entre 0,20 e 0,6 m (COELHO *et al.*, 2007).

Uma das formas utilizada pelo produtor para melhorar a eficiência do cultivo irrigado da mangueira, é ofertar suas safras em períodos de maior viabilidade econômica. Neste sentido, para induzir a floração da mangueira, além da aplicação de

reguladores vegetais e manejos de poda e adubação, utiliza-se irrigação com *deficit* hídrico, que mantém a árvore em repouso e evita a emissão de fluxos vegetativos, diminuindo os níveis de giberelinas levando, conseqüentemente, à maturação dos ramos (RAMÍREZ; DAVENPORT, 2010). Além de economizar água, o *deficit* hídrico pode manter ou até mesmo aumentar o rendimento das culturas, assim como, melhorar a qualidade dos frutos (LIU *et al.*, 2016).

O *deficit* hídrico deve iniciar em aproximadamente 60 dias após aplicação do indutor de floração PBZ (Paclobutrazol), podendo o efeito desejado ocorrer entre 30 e 70 dias a depender da característica climática da região. A irrigação deve ser reiniciada gradualmente até atingir seu ponto máximo, quando sintomas de brotação floral forem observados em 60% das plantas (MOUCO, 2004). A água não deve ser totalmente suspensa na fase de indução floral, uma vez que a planta deve continuar fotossintetizando e acumulando reservas, sendo que sua suspensão total torna propícia a ocorrência de surtos vegetativos no caso de chuva (ALBUQUERQUE *et al.*, 2002; MOUCO, 2004).

### 21.5.5 Irrigação com *deficit*

O *deficit* hídrico aplicado em fases fenológicas isoladas da mangueira, além de economizar água, pode manter ou até mesmo aumentar o rendimento das culturas, assim como melhorar a qualidade dos frutos (LIU *et al.*, 2016). A fase da floração ao pagamento de frutos é a mais sensível a estresses hídricos do solo pela mangueira, cultivar Palmer (COELHO *et al.*, 2012), pelo cultivar Tommy Atkins (SANTOS *et al.*, 2013; COELHO FILHO; COELHO, 2005). A redução da lâmina de irrigação em até 25% durante a fase de crescimento dos frutos aumenta a eficiência de uso da água e não afeta a produtividade da mangueira, cultivar Palmer ou Tommy Atkins (COELHO *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2016), entretanto, pode ocorrer perda de produção de até 16% (COELHO FILHO; COELHO, 2005).

O método do secamento parcial da zona radicular, que pode ser usado em fases ou em todo o ciclo da cultura com reduções da aplicação de água em até 50%, se adapta bem à cultura da mangueira. O uso de uma frequência de alternância dos lados irrigados da fileira de plantas de 7 ou 14 dias para a Mangueira cultivada Palmer com aplicação de 50% do volume da água de irrigação calculada resulta em produtividades semelhantes às com a irrigação com volume total calculado nas condições semiáridas do Norte de Minas, com o manejo feito a partir do pagamento de frutos (TEXEIRA *et al.*, 2008). A frequência de alternância de 7 ou 14 dias com aplicação de 50% da lâmina calculada no ciclo também resultam em produtividades semelhantes estatisticamente à produtividade com aplicação da lâmina total de irrigação calculada nas condições da Chapada Diamantina, Bahia (COELHO *et al.*, 2018).

### 21.6 Considerações finais

A irrigação deve estar integrada aos outros processos agropecuários, tais como adubação, correção da acidez do solo, controle fitossanitário, manejo fitotécnico e, principalmente, a conservação da água no solo. Os sistemas de irrigação já foram bem definidos para as fruteiras, mas suas relações com as mesmas quanto à adequação de fatores como vazão, espaçamento e quantidade de emissores, apesar das recomendações existentes, ainda não são de conhecimento de quem vende ou quem compra, principalmente a nível de pequeno e médios agricultores.

Atualmente existem técnicas de manejo de água de irrigação que se sustentam nas teorias da necessidade de reposição de água com base no estado hídrico do solo e

na evapotranspiração das fruteiras tropicais. São técnicas que utilizam de coeficientes das culturas específicos para cultivares e equipamentos para determinação da evapotranspiração ou para avaliação da umidade do solo de forma contínua e automática.

A necessidade de aumentar a eficiência de uso da água tem demandado técnicas que conservem a produtividade potencial das fruteiras com redução do dispêndio atual de água nessas fruteiras. Nesse contexto, tecnologias vêm sendo agregadas para quantificação das demandas de água pelas fruteiras tropicais com o uso de imagens termais de alta resolução, o que consiste em importantes ferramentas para os produtores bem como para as políticas públicas de monitoramento da produção em larga escala.

## Referências

- ALBUQUERQUE, J.A.S.; MEDINA, V.D.; MOUCO, M.A.D.; GENU, P.J.C.; PINTO, A.C.Q. **A cultura da mangueira**. Embrapa (informações tecnológicas). Brasília. p.259-276, 2002.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION of the United Nations, **Irrigation and Drainage Paper**, 56, Rome, Italy. 1998.
- ALMEIDA, F.T. de; BERNARDO, S.; SOUSA, E.F.; SÉRGIO, L. D.; MARIN, S.L.D.; GRIPPA, S. Análise econômica baseada em funções de resposta da produtividade versus lâminas de água para o mamoeiro no Norte Fluminense. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.24, n.3, p.675-683, Dec. 2004.
- ALMEIDA, O.A.; SOUZA, L.F.S.; REINHARDT, D.H.; CALDAS, R.C. Influência da irrigação no ciclo do abacaxizeiro cv. Pérola em área de Tabuleiro Costeiro da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, n.2, p.431-435, 2002.
- ARAUJO, J.P.C. de. **Crescimento e marcha de absorção de nutrientes de bananeira (Musa sp. AAA), 'Grande Naine' no primeiro ciclo de produção**. 2008. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- AZEVEDO, P.V.; SOUZA, C.B.; SILVA, B.B.; SILVA, V.P.R. Water requirements of pineapple crop grown in a tropical environment. **Agricultural Water Management**, v.88, p.201-208, 2007.
- 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, n. 3, p59-66, 1977.
- BASSOI, L.H.; TEIXEIRA, A.H.C.; FILHO, J.M.P.L.; MOURA E SILVA, J.A.; GOMES DA SILVA, E.E.; RAMOS, C.M.C.; SEDIYAMA, G.C. Guidelines for scheduling of banana crop in Sao Francisco Valley, Brazil. II - Water consumption, crop coefficient, and physiological behaviour. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.26, p.464-467, 2004.
- BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8. Ed. Viçosa: UFV- Imprensa Universitária, 625p., 2008.
- BORLAND, A.M.; GRIFFITHS, H.; HARTWELL, J.; SMITH, J.A.C. Exploiting the potential of plants with crassulacean acid metabolism for bioenergy production on marginal lands. **Journal of Experimental Botany**, v.60, n.10. p.2879-2806, 2009.
- BRITO, R.R.; FILGUEIRAS, R.; SANTOS, J.E.V.; LEDA, V.C.; ANDRADE JUNIOR, A.S.; ZIMBACK, R.C. Índices de vegetação SAVI, NDVI e temperatura de brilho na caracterização da cobertura vegetativa do Distrito de Irrigação dos Tabuleiros Litorâneos do Piauí - DITALPI In: XVII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO - SBSR, João Pessoa-PB, INPE, **Anais**, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015.

- CARR, M.K.V. The water relations and irrigation requirements of banana (*Musa* spp.). **Experimental Agriculture**, v.45, p.333-371, 2009.
- CARR, M.K.V. The water relations and irrigation requirements of pineapple (*Ananas comosus* var. *comosus*): a review. **Experimental Agriculture**, v.48, p.1-14, 2012.
- CARVALHO, A.M. **Irrigação no abacaxizeiro**. Informe Agropecuário. Belo Horizonte, v.19, n.195, p.58-61. 1998.
- CARVALHO, S.L.C.; NEVES, C.S.V.J.; BÜRKLE, R.; MARUR, C.J. Épocas de indução floral e soma térmica do período do florescimento à colheita de abacaxi 'Smooth Cayenne'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n.3, p.430-433, 2005.
- COELHO, E.F.; COELHO FILHO, M.A.; OLIVEIRA, S.L. Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso de água. Socioeconomia, **Bahia Agrícola**, v.7, n.1, 2005.
- COELHO, E.F.; COELHO FILHO, M.A.; SILVA, A.J.P. **Irrigação da mangaueira em condições semiáridas do Nordeste**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 2007 (Documentos/Embrapa Mandioca e Fruticultura, ISSN 1809-4996; 166).
- COELHO, E.F.; FONSECA, N.; CARVALHO, G.C. Manejo de água de irrigação em mangaueira e aceroleira sob cultivo orgânico com uso do secamento parcial do sistema radicular. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. **Comunicado técnico**, 168, 8p., 2018.
- COELHO, E.F.; LEDO, C.A.S.; SILVA, S.O. Produtividade da bananeira 'Prata-Anã' e 'grande Naine' no terceiro ciclo sob irrigação por microaspersão em tabuleiros costeiros da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.28, n.3, p.435-438, 2006.
- COELHO, E.F.; LIMA, D.M.; FARIAS, M.A.; CALDAS, R.C. Crescimento do mamoeiro cultivar Tainung número 1 sob diferentes regimes de irrigação. In: XII CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 2002, Uberlândia. A inserção da agricultura irrigada no ciclo hidrológico com: segurança alimentar, revitalização hídrica e sustentabilidade ambiental, v.1, 2002.
- COELHO, E.F.; OLIVEIRA, A.M.G.; SILVA, J.G.F.; COELHO FILHO, M.A.; CRUZ, J.L. Irrigação e fertirrigação na cultura do mamão. In: SOUZA, V.F.; MAROUELLI, W.A.; COELHO, E.F.; PINTO, J.M.; COELHO FILHO, M.A. (Org.). **Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças**. Brasília, p.442-472, 2011.
- COELHO, E.F.; OLIVEIRA, F.C.; ARAÚJO, E.C.E.; VASCONCELOS, L.F.L.; LIMA, D.M. Distribuição do sistema radicular da mangaueira sob irrigação localizada em solo arenoso de tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.2, p.250-256, 2001.
- COELHO, E.F.; SANTOS, M.R.; ALMEIDA, F.P.; DONATO, S.L.; REIS, J.B.R.S. Técnicas de manejo de água de irrigação para reduzir a demanda de água em bananeira. Cruz das Almas: Embrapa CNPMF. **Circular Técnica**, n.128, 14p. 2019.
- COELHO, E.F.; SANTOS, M.R.; COELHO FILHO, M.A. Distribuição de raízes de mamoeiro sob diferentes sistemas de irrigação localizada em Latossolo de Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.27, p.175-178, 2005.
- COELHO, E.F.; SANTOS, M.R.; DONATO, S.L.R.; CRUZ, J.L.; OLIVEIRA, P.M.; CASTRICINI, A. Soil-water-plant relationship and fruit yield under partial root-zone drying irrigation on banana crop. **Scientia Agricola**, v.76, p.362-367, 2019.
- COELHO, E.F.; SILVA, A.J.P. Irrigação da bananeira. In: SILVA, S.O.; FERREIRA, C.F. (Org.). **O Agronegócio da Banana**. 1. Ed. Brasília: Embrapa, v.1, p.443-470, 2016.
- COELHO, E.F.; SILVA, A.J.P.; DONATO, S.L.R.; SANTANA JÚNIOR, E.B.; OLIVEIRA, P.M. Sistemas de irrigação localizada e manejo de água em bananeira. **Informe Agropecuário**, 36: p.62-73, 2015.

COELHO, E.F.; SILVA, A.J.P.; MAROUELLI, W.A.; COSTA, S.F. Manejo da água de irrigação. In: COELHO, E.F. (Org.). **Irrigação da bananeira**. 1. Ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, v.1, p.196-278, 2012.

COELHO, E.F.; SIMÕES, W.L. Onde Posicionar Sensores de Umidade e de Tensão de Água do Solo Próximo da Planta para um Manejo mais Eficiente da Água de Irrigação. Cruz das Almas, BA: Embrapa mandioca e Fruticultura. **Circular técnica**. 6p. 2015.

COELHO, E.F.; SIMÕES, W.L. Produtividade do mamoeiro, cultivar Tainung nº1, sob diferentes manejos de irrigação nos tabuleiros costeiros do Nordeste. **Magistra**, v.22, p.35-40, 2010.

COELHO, E.F.; SIMÕES, W.L.; CARVALHO, J.E.B. Distribuição de raízes e extração de água do solo em fruteiras tropicais. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 80 p., 2008.

COELHO, E.F.; SIMÕES, W.L.; LIMA, D.M. Crescimento e produtividade do mamoeiro cultivar Sunrise solo sob irrigação nos tabuleiros costeiros da Bahia. **Magistra**, v.22, p.96-102, 2010.

COELHO FILHO, M.A.; COELHO, E.F. Uso da regulação do *deficit* de irrigação e produtividade de mangueira Tommy Atkins em condições semiáridas. In: SIMPOSIO INTERNACIONAL DE USO DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA AGRICULTURA IRRIGADA, 2005, Teresina.

**Anais...** Teresina: ABID, 2005.1 CD-ROM.

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

COELHO FILHO, M.A.; CRUZ, J.L.; COELHO, E.F.; SILVA, T.S.M.; MARIN, F.R. Aptidão agroclimática do estado da Bahia para o cultivo do mamoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2009, Belo Horizonte. **Resumos...** Mudanças Climáticas, Recursos Hídricos e Energia para uma Agricultura Sustentável, 2009.

COMBRES, J.C. Bilan énemktiaue et hidriaue de l'ananas, utilisation ootimale des wtentiaiiités climaiiaue; ' compte-rendu d'activités. **Auqu& ddou**: IRFA, p.108, 1983.

COSTA, S.C. **Níveis de irrigação e doses de potássio aplicados por gotejamento na cultura da bananeira para a região da Chapada do Apodi-CE**. Viçosa: UFV, 132p., 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 2009.

COTE, F.X.; FOLLIO, M.; ANDRE, M. Photosynthetic crassulacean acid metabolism in pineapple in pineapple: diel rhythm of CO<sub>2</sub> fixation, water use, and effect of water stress. In: I INTERNATIONAL PINEAPPLE SYMPOSIUM, 1, p.334, 1992.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. Efeito da água no rendimento das culturas. Campina Grande: UFPB, FAO. **Irrigação e Drenagem**, 33, 306p., 1994

EDENHOFER, O.; PICHES-MADRUGA, R.; SOKONA, Y.; FARAHANI, E.; KADNER, S.; SEYBOTH, K.; ADLER, A.; BAUM, I.; BRUNNER, S.; EICKEMEIER, P.; KRIEMANN, B.; SAVOLAINEN, J.; SCHLÖMER, S.; VON STECHOW, C.; ZWICKEL, T.; MINX J.C. (Ed.). **Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change**. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2014.

ESPINDULA NETO, D.; MANTOVANI, E.C.; SILVA, J.G.F.; ZAMBOLIM, L.; SILVEIRA, S.F.R.; BERNARDO, S. Resposta do mamoeiro a diferentes lâminas de irrigação. In: Papaya Brasil. **Anais**, p.411-414. 2007.

EVANS, D.O.; SANFORD, W.G.; BARTHOLOMEW, D. P. Growing pineapple. In: BARHOLOMEW, D.P.; ROHRBACH, K.G.; EVANS, D.O. (Ed.). **Pineapple Cultivation in Hawaii**, 4-8, Manoa: HI: Fruits and Nuts 7, Cooperative Extension Service, University of Hawaii. 2002.

FERERES, E. Papel de la fisiologia vegetal em la microirrigación: recomendaciones para el manejo mejorado. In: SEMINARIO LATINOAMERICANO DE MICROIRRIGACIÓN, 4., 1981, Barquisimeto, Venezuela. **Anais....** Barquisimeto: IICA, p.1-23., 1981.

- FONSECA, N.; COELHO, E.F.; VIEIRA, R.S. *Deficit* hídrico na indução do florescimento e do aumento da produtividade da mangaueira 'Uba' em cultivo orgânico na região da Chapada Diamantina, Bahia. **Comunicado Técnico**, 165 Março de 2018. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 10 jan. 2019.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. 2010. FAO. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: 23 set. 2010.
- FRANCO, L.R.L.; MAIA, V.M.; LOPES, O.P.; FRANCO, W.T.N.; DOS SANTOS, S.R. Crescimento, produção e qualidade do abacaxizeiro 'pérola' sob diferentes lâminas de irrigação. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.27, n.2, p.132-140, 2014.
- HANAFI, M.M.; SHAHIDULLAH, S.M.; NIAZUDDIN, M.; AZIZ, Z.A.; MOHAMMUD, C.H. Crop water requirement at different growing stages of pineapple in BRIS soil. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, v.8, n.2, p.914-918, 2010.
- HEPTON, A. Cultural system. Chapter 6. In: BARTHOLOMEW, R.E.P.; ROHRBACH, K.G. (Ed.). **The Pineapple, botany, production and Uses**. Wallingford, UK: CAB International. p.69-107. 2003.
- HUANG, C.C.; LEE, C. Effect of irrigation on pineapple. **Taiwan Agricultural Q.**, v.5, n.1, p.50-58, 1969.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sidra**: Produção Agrícola Municipal. IBGE. Brasília, DF, Brasil. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 18 set. 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário. **Banco de dados agregados**. IBGE. Disponível em: <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>. Acesso em: 10 dez. 2017.
- JIMÉNEZ, V.M.; MORA-NEWCOMER, E.; GUTIÉRREZ-SOTO, M. Biology of the Papaya Plant R. In: MING, R.; MOORE, P.H. (Ed.). **Genetics and genomics of papaya, plant genetics and genomics: crops and models 10**, Springer Science Business Media, New York, 2014.
- KELLER, J.; BLIESNER, R.D. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: VanNostrand Reinhold, 652 p., 1990.
- KIRKHAM, M.B. **Principles of soil and plant water relations**. New Yor: Elsevier Academic Press., 500 p., 2005.
- KIST, B.B.; CARVALHO, C.; TREICHEL, M.; SANTOS, C.E. **Anuário Brasileiro da Fruticultura**. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 90p., 2018.
- KIST, H.G.K.; RAMOS, J.D.; SANTOS, V.A.; RUFINI, J.C.M. Fenologia e escalonamento da produção do abacaxizeiro 'Smooth Cayenne' no Cerrado de Mato Grosso. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, v.46, n.9, p.992-997, 2011.
- KOTUR, S.C.; IYENGAR, B.R.; SHIVANANDA, T.N. Distribution of root activity in young 'Alphonso' mango (*Mangifera indica*) trees as influenced by season and growth. **Indian Journal of Agricultural Sciences**. v.67, n.3, p.113-116, 1997.
- LEVANON, S.; MARKOVICH, O.; GOZLAN, I.; ORTAL BAKHSHIAN, O.; ZVIRIN, A.; HONEN, Y., KIMMEL, R. Abiotic Stress Prediction from RGB-T Images of Banana Plantlets. arXiv, p.11597, 2011.
- LIMA, L.W.F. **Relações hídricas do abacaxizeiro cultivar Imperial**. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, 2021.
- LIMA, R.S.N.; FIGUEIREDO, F.A.M.M.; MARTINS, A.O.; DEUS, B.C.S.; FERRAZ, T.M.; GOMES, M.M.A.; SOUSA, E.F.; GLENN, D.M.; CAMPOSTRINI, E. Partial rootzone drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) effects on stomatal conductance, growth, photosynthetic capacity, and water-use efficiency of papaya. **Scientia Horticulturae**, v.183, p.13-22, 2015.
- LIU, X.; LI, F.; ZHANG, Y.; YANG, Q. Effects of deficit irrigation on yield and nutritional quality of Arabica coffee (*Coffea arabica*) under different N rates in dry and hot region of southwest China. **Agricultural Water Management**, [S.L], v.172, p.1-8, jul. 2016.

- LOPES, P.M.O. **Evapotranspiração da mangueira na região do submédio São Francisco**. 104p., 1999. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, UFPB, Campina Grande, 1999.
- LU, P.; WOO, K.C.; LIU, Z.T. Estimation of whole-plant transpiration of bananas using sap flow measurements. **Journal of Experimental Botany**, v.3, p.1771-1779, 2002.
- MARLER, T.E.; MICKELBART, M.V. Drought, leaf gas exchange, and chlorophyll fluorescence of field grown papaya. **Journal for the American Society for Horticultural Science**, v.123, p.714-718, 1998.
- MELO, A.S.; NETTO, A.O.A.; NETO, J.D.; BRITO, M.E.B.; VIÉGAS, P.R.A.; MAGALHÃES, L.T.S.; FERNANDES, P.D. Desenvolvimento vegetativo, rendimento da fruta e otimização do abacaxizeiro cv. 'pérola' em diferentes níveis de irrigação. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.1, p.93-98, 2006.
- MELO, D.M.; COELHO, E.F.; PEREIRA, B.L.S.; LIMA, L.W.F.; BARROS, D.L. Irrigation of papaya in a sandy loam soil in the semiarid of Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.15, n.1, e6193, 2020.
- MONTENEGRO, A.A.T.; BEZERRA, F.M.L.; LIMA, R.N. Evapotranspiração e coeficientes de cultura do mamoeiro para a região litorânea do Ceará. **Engenharia Agrícola**, v.24, p.464-472, 2004.
- MOUCO, M.A.C. (Ed.). Cultivo da mangueira. 3. ed. Petrolina: **Embrapa Semiárido**, 2015. (Embrapa Semiárido. Sistemas de Produção, 2). Disponível em: [https://www.spo.cnptia.embrapa.br/listasptema?p\\_p\\_id=listaspportemaportlet\\_WAR\\_sistemasdeproducao6\\_1ga1ceportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=normal&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column- &p\\_p\\_col\\_count=1&p\\_r\\_p\\_619796851\\_temaId=2106&listaspportemaportlet\\_WAR\\_si7](https://www.spo.cnptia.embrapa.br/listasptema?p_p_id=listaspportemaportlet_WAR_sistemasdeproducao6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column- &p_p_col_count=1&p_r_p_619796851_temaId=2106&listaspportemaportlet_WAR_si7). Acesso em: 16 mar. 2021.
- MOUCO, M.A.C. Indução floral da mangueira. Petrolina, PE: **Embrapa Semiárido**, 9p., 2004.
- PINTO, J.M.; SILVA, D.J.; COELHO, E.F. Irrigação e fertirrigação na cultura da manga. In: SOUSA, V.F.; MAROUELLI, W.A.; COELHO, E.F.; PINTO, J.M.; COELHO FILHO, M.A. (Ed.). Irrigação e fertirrigação em fruteiras e hortaliças. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, cap.16, p.473-497, 2011.
- POSSE, R.P.; BERNARDO, S.; SOUSA, E.F.; GOTTARDO, R.D. Evapotranspiração e coeficiente de cultura do mamoeiro. **Engenharia Agrícola**, v.28, p.681-690, 2008.
- POSSE, R.P.; BERNARDO, S.; SOUSA, E.F.; PEREIRA, M.G.; MONNERAT, P.H.; GOTTARDO, R.D. Relação entre a produtividade do mamoeiro e o *deficit* hídrico (ky) na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.13, n.2, p.158-164, Apr. 2009.
- PRAKASH, K.; VIJAYAKUMAR, R.M.; BALAMOHAN, T.N.; SUNDHAR SINGH, S.D. Effect of drip irrigation regimes and fertigation levels on yield and quality of mango cultivar 'alphonso' under ultra high-density planting. **Acta horticulturae**, v.1066, p.147-150, 2015.
- RAMÍREZ, F.; DAVENPORT, T.L. Mango (*Mangifera indica* L.) flowering physiology. **Scientia Horticulturae**, Kidlington, v.126, p.65-72, 2010.
- RAVI, I.; UMA, S.; VAGANAN, M.M.; MUSTAFFA, M.M. Phenotyping bananas for drought resistance. **Frontiers in Physiology**, v.4, p.1-15, 2013.
- REIS, F.O.; CAMPOSTRINI E. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica potencial em mamoeiro do grupo 'Formosa' cultivado em condição de campo. **Bragantia**, p.815-822, 2008.
- REIS, F.O.; CAMPOSTRINI, E. Microaspersão de água sobre a copa: um estudo relacionado às trocas gasosas e à eficiência fotoquímica em plantas de mamoeiro. **Revista Brasileira Agrocência**, v.17, p.284-295, 2011.
- REIS, J.B.R.S.; COELHO, E.F.; OLIVEIRA, P.M.; COSTA, E.L.; CARVALHO, G.C. Irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.34, n.275, p.48-57, jul./ago. 2013.



- RÍOS, V.M.; HERRERA, M.D.G.; SUGITA, N.H.; LUACES, P.A. Water status response of pineapple using destructive and non-destructive indicators and their relations in two contrasting seasons. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, p.1-10, 2020.
- ROBINSON, J.C.; GALAN SAUCO, V. **Bananas and plantains**. 2. Ed. Cambridge: CAB, 311p., 2010. (Crop production science in horticulturae series, 19).
- SAN-JOSÉ, J.; MONTES, R.; NIKONOVA, N. Diurnal patterns of carbon dioxide, water vapour and energy fluxes in pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr. cv. Red Spanish) field using eddy covariance. **Photosynthetica**, v.45, p.370-384, 2007.
- SANT'ANA, J.A.V.; COELHO, E.F.; FARIA, M.A.; SILVA, E.L.; DONATO, S.L.R. Distribuição de raízes de bananeira 'Prata-Anã' no segundo ciclo de produção sob três sistemas de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, p.124-133, 2012.
- SANTANA JUNIOR, E.B. **Caracterização solo-água, distribuição radicular e eficiência de uso de água pela cultura da bananeira sob diferentes configurações de irrigação localizada**. 103p., 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2012.
- SANTANA JR, E.B; COELHO, E.F.; CRUZ, J.L.; REIS, J.B.R.S.; MELO, D.M. de; PEREIRA, B.L.S. Trickle irrigation systems affect spatial distribution of roots of banana crop. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.24, p.326-332, 2020.
- SANTANA, M.J.; SOUZA, O.P.; CAMARGOS, A.E.V.; ANDRADE, J.P.R. Coeficientes de cultura do abacaxizeiro nas condições edafoclimáticas de Uberaba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.6, p.602-607, 2013.
- SANTOS, D.L. **Técnica do secamento parcial do sistema radicular para o mamoeiro no semiárido**. 106p., 2020. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2020.
- SANTOS, D.L.; COELHO, E.F.; CUNHA, F.F.; DONATO, S.L.R.; BERNADO, W.P.; RODRIGUES, W.P.; CAMPOSTRINI, E. Partial root-zone drying in field-grown papaya: Gas exchange, yield, and water use efficiency. **Agricultural Water Management**, v.243, p.1-11, 2021.
- SANTOS, M.R.; DONATO, S.L.R.; COELHO, E.F.; JUNIOR, P.R.F.C.; CASTRO, I.N. Irrigation deficit strategies on physiological and productive parameters of 'Tommy Atkins' mango. **Revista Caatinga**, Mossoró, v.29, n.1, p.173-182, 2016.
- SANTOS, M.R.; LOURENCO, L.L.; DONATO, S.L.R.; SILVA, B.L.; CASTRO, I.N.; COELHO FILHO, M.A. Root system distribution and vegetative characteristics of Prata type bananas under different irrigation strategies. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, p.3806-3815, 2016.
- SILVA, A.J.P.; COELHO, E.F. Evapotranspiração da bananeira sob dois sistemas de irrigação por microaspersão com base no balanço hídrico do solo. In: XXXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, **Anais...**, 2007.
- SILVA, E.M.; PINTO, A.C.Q.; AZEVEDO, J.A. **Manejo da irrigação e fertirrigação na cultura da mangueira**. Planaltina: Embrapa-CPAC, 77p., 1996. (Embrapa-CPAC Documentos, 61).
- SILVA, V.P.R. **Estimativa das necessidades hídricas da mangueira**. 129p. 2000. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2000.
- SILVA, J.G.F.; FERREIRA, P.A.; COSTA, L.C.; MELENDES, R.R.V.; CECOM, P.R. Efeitos de diferentes lâminas e frequências de irrigação sobre a produtividade do mamoeiro (*Carica papaya* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.23, n.3, p.597-601, 2001.
- SILVA, V.P.R. **Estimativa das necessidades hídricas da mangueira**. 129p., 2000. Tese (Doutorado) - Universidade Federal da Paraíba. UFPB, Campina Grande, 2000.
- SIMOES, W.L.; ANDRADE, V.P.; MOUCO, M.A.; SILVA, J.S. Produção e qualidade da mangueira 'kent' (*mangifera indica* l.) submetida a diferentes lâminas de irrigação no semiárido nordestino. RAMA - **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v.14, p.1-11, 2021.

SIMOES, W.L.; ANDRADE, V.P.; MOUCO, M.A.; SILVA, J.S.; SILVA, W.O. Production and post-harvest of 'kent' Mango under different irrigation systems. **Engenharia na Agricultura**, v.28, p.397-404, 2020b.

SIMÕES, W.L.; COELHO, E.F.; MARTINEZ, M.A.; COELHO FILHO, M.A.; COSTAS, E.L.; GOMES, V.H.F. Produtividade e características físico-químicas dos frutos da lima ácida Tahiti sob diferentes disposições de microaspersores. **Water Resources and Irrigation Management**, 6: p.107-114, 2017.

SIMÕES, W.L.; FERREIRA, P.P.B.; MOUCO, M.D.C.; GUIMARÃES, M.; SILVA, J.A.B. da. Produção e respostas fisiológicas da mangueira cv. Keitt sob diferentes sistemas de irrigação no Submédio do São Francisco. **Irriga**, v.23, n.1, p.34-43, 2018.

SIMÕES, W.L.; MOUCO, M.A.C.; ANDRADE, V.P.M.; BEZERRA, P.P.; COELHO, E.F. Fruit yield and quality of Palmer mango trees under different irrigation systems. **Comunicata Scientiae**, v.11, p.e3254-e3254, 2020a.

SOARES, J.M.; COSTA, F.F. Irrigação. In: MARQUES, M.E.P.; MENEZES, E.A. (Ed.). **Informações técnicas sobre a cultura da manga no semi-árido brasileiro**. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Petrolina: Embrapa-CPATSA, p.41-80, 1995.

SOUZA, L.F.S.; REINHARDT, D.H. Pineapple. Chapter 10. In: JOHNSTON A.E. (Ed.). **Tropical fruits of Brazil, Horgen, Switzerland**: International Potash Institute (IPI, Bulletin 18), p.179-201 2007.

TEIXEIRA, A.H.C.; BASSOI, L.H.; COSTA, W.P.L.B.; SILVA, J.A.M.S.; SILVA, E.E.G. Consumo hídrico da bananeira no Vale do São Francisco estimado pelo método da razão de Bowen. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.10, n.1, p.4550, 2002.

TEIXEIRA, A.H.C.; BASTIAANSEN, W.G.M.; MOURA, M.S.B.; SOARES, J.M.; AHMAD, M.D.; BOS, M.G. Energy and water balance measurements for water productivity analysis in irrigated mango trees, Northeast Brazil. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.148, n.10, p.1524-1537. 2008.

TURNER, D.W.; FORTESCUE, J.A.; THOMAS, D.S. Bananas and crop physiology. In: DAMATTA, F. (Ed.). **Ecophysiology of tropical tree crops**. New York: Nova Science Publishers, p.7-36. 2010.

WANG, J.; ZHANG, Y.; GONG, S.; XU, D.; JUAN, S.; ZHAO, Y. Evapotranspiration, crop coefficient and yield for drip-irrigated winter wheat with straw mulching in North China Plain. **Field Crops Research**, [S.L], v.217, p.218-228, 2018.