

**CARLOS ELIZIO COTRIM**

**OTIMIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA EM POMARES  
DE MANGA NO SEMI-ÁRIDO BAIANO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2009**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

C845o  
2009

Cotrim, Carlos Elizio, 1961-

Otimização da irrigação localizada em pomares de manga no semi-árido baiano / Carlos Elizio Cotrim – Viçosa, MG, 2009.

xi, 164f.: il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Márcio Mota Ramos.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 139-148

1. Irrigação agrícola. 2. Manga – Irrigação. 3. Água de irrigação – Uso. 4. Balanço hídrico. 5. Evapotranspiração. 6. Irrigação por gotejamento. 7. Irrigação por aspersores. 8. Reflectometria no domínio do tempo. 9. Água de irrigação – Dispersão. 10. Manga – Crescimento  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

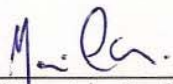
CDD 22.ed. 631.587

**CARLOS ELIZIO COTRIM**

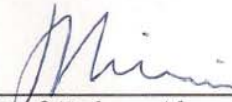
**OTIMIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO LOCALIZADA EM POMARES  
DE MANGA NO SEMI-ÁRIDO BAIANO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.


APROVADA: 29 de maio de 2009.



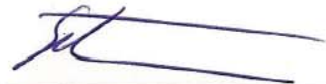
Dr. Maurício Antônio Coelho Filho



Prof. Rubens Alves de Oliveira



Prof. Flávio Alencar D'Araújo Couto



Prof. Everardo Chartuni Mantovani



Prof. Márcio Mota Ramos  
(Orientador)

*À minha esposa Noélia.*

*Aos nossos filhos Ana Carla e Tarcísio.*

*Aos meus irmãos.*

*Aos meus pais, Abel Elísio da Silva e*

*Ana Rita Cotrim, in memoriam.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e oportunidade concedidas.

À minha esposa, aos meus filhos, aos meus irmãos, cunhados e sobrinhos pelo carinho, incentivo e apoio.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), por meio do Departamento de Engenharia Agrícola pela oportunidade de realização do curso.

Ao Prof. Márcio Mota Ramos, pela orientação, apoio e estímulo dispensados no decorrer do curso.

Ao Dr. Eugênio Ferreira Coelho, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, pela oportunidade da parceria, pelo apoio e orientação dispensados como co-orientador deste trabalho.

Ao Prof. Paulo Roberto Cecon pela orientação e pelas valiosas sugestões apresentadas como co-orientador e componente da banca de qualificação.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia Baiano, Campus de Guanambi, na pessoa do Diretor, Prof. Ariomar Rodrigues dos Santos, por possibilitar o ingresso no curso e pelo apoio na condução do experimento; a todos os seus professores e funcionários pela presteza no atendimento, pela convivência e amizade.

Aos Professores Rubens Alves de Oliveira e Flávio Alencar D'Araújo Couto, membros das bancas de qualificação e examinadora, pelas valiosas observações e sugestões apresentadas nas duas oportunidades.

Ao Prof. Everardo Chartuni Mantovani, membro da banca examinadora, pelas valiosas sugestões e observações apresentadas.

Ao Dr. Maurício Antônio Coelho Filho, pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, membro da banca examinadora, também pela parceria, orientação, apoio e pelas sugestões apresentadas.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. Gilberto Chohaku Sedyama pelo estímulo, pelas sugestões e observações apresentadas durante a qualificação.

Aos Professores Paulo Afonso Ferreira, Antônio Teixeira de Matos e Adílio Flauzino de Lacerda Filho, pelas sugestões apresentadas durante a defesa do projeto de pesquisa.

Ao Prof. João Abel da Silva, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus de Guanambi, pela colaboração na condução do trabalho experimental.

Ao Prof. Sérgio Luiz Rodrigues Donato, pela companhia e colaboração como colega em Viçosa e pelo apoio institucional, na condução dos trabalhos de campo, como DDE do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus de Guanambi.

Ao Mestre Lucas Melo Vellame, pela boa vontade demonstrada na orientação sobre a montagem dos sensores de dissipação térmica e do lisímetro de pesagem durante calibração dos mesmos, em Cruz das Almas.

Ao Engenheiro Agrônomo Tibério Martins, da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, pela assessoria na montagem dos sensores de dissipação térmica nos troncos das mangueiras e na conexão dos mesmos ao multiplexador e “datalogger”.

À Professora Aureluci Alves Aquino, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus de Guanambi, pela colaboração na determinação dos sólidos solúveis totais dos frutos.

Ao Prof. Alessandro de Magalhães Arantes, pelo apoio nas atividades de campo, como CGPP do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus de Guanambi.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura Tropical (Embrapa) pela parceria, viabilização de equipamentos, laboratórios, e pessoal que auxiliaram na montagem do experimento; ao grupo de pesquisa de Irrigação e Fertirrigação (Tacísio, Vinicius, Márcio, Hare, Allisson, Zinho e Antônio).

Ao Engenheiro Raimundo Eudes Alves Camelo, da Codevasf, pelo apoio e colaboração na cessão de dados meteorológicos da Estação de Ceraíma.

Ao Engenheiro Agrícola e amigo Osmani do Prado Pimentel, em Petrolina, pela doação de parte do material empregado na montagem do sistema de irrigação por gotejamento utilizado no experimento.

A todos os funcionários e professores do DEA pela presteza, pela convivência e pelos valiosos conhecimentos transmitidos durante o curso.

Ao Servidor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus de Guanambi, Luiz Rogério Silva e aos auxiliares, Srs. Antônio Meira, Zé de Adelício e Zé do Tó, pelo apoio no manejo e colheita da cultura da manga.

## BIOGRAFIA

CARLOS ELIZIO COTRIM, filho de Abel Elísio da Silva e de Ana Rita Cotrim, nasceu no município de Pindaí, Bahia, em 22 de setembro de 1961.

Realizou estudos de primeiro grau no Colégio Estadual Governador Luiz Viana Filho em Guanambi, BA, entre 1975 e 1977. Concluiu os estudos do segundo grau no Colégio Universitário, da UFV, em Viçosa, MG, em novembro de 1980.

Em dezembro de 1984 graduou-se em Engenharia Agrícola, pela Universidade Federal de Viçosa, onde também concluiu o curso de Mestrado em Engenharia Agrícola, na área de concentração em Irrigação e Drenagem, em dezembro de 1987.

Em setembro de 1986 retornou a Guanambi, onde trabalhou, por oito anos com planejamento e projetos, assistência técnica e extensão rural, em Empresas Particulares.

Foi professor efetivo, vinculado à Secretaria de Educação do Estado da Bahia, entre 1991 e 1995, atuando nas disciplinas de Matemática e Física de 1º. e 2º. Grau do Colégio Estadual Governador Luiz Viana Filho, em Guanambi, BA.

Em janeiro de 1995, ingressou como professor efetivo da Escola Agrotécnica Federal Antônio José Teixeira (Atual Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano) em Guanambi, BA, onde leciona a disciplina Irrigação e Drenagem e atua no auxílio à experimentação e pesquisa aplicada a banana e manga, através de convênios com a Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical.

Concluiu o curso de graduação em Formação de Professores de Disciplinas Especializadas, licenciatura plena, na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, em 1997, e de pós-graduação “Latu sensu” em Uso Racional dos Recursos Naturais e Seus Reflexos no Meio Ambiente, em 2002, na UFV.

Em agosto de 2005 ingressou no Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, em nível de doutorado, na área de concentração em Irrigação e Drenagem, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, submetendo-se à defesa de Tese em maio de 2009.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	5
2.1. Considerações sobre a cultura da manga.....	5
2.1.1. Histórico e situação atual.....	5
2.1.2. A cultivar Tommy Atkins.....	7
2.1.3. Distribuição radicular.....	7
2.2. Os recursos hídricos e a irrigação.....	9
2.3. Indicadores do estado hídrico do solo e da planta.....	11
2.3.1. Indicadores do estado hídrico do solo.....	12
2.3.2. Indicadores do estado hídrico da planta.....	14
2.4. Manejo de irrigação com <i>déficit</i> regulado (RDI).....	16
2.5. Estimativa da evapotranspiração.....	18
2.6. Balanço de água no solo.....	21
2.7. Fluxo de seiva.....	23
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1. Localização e caracterização da área experimental.....	27
3.2. Instalação e condução do experimento.....	32
3.3. Umidade do solo.....	38
3.3.1. Calibração do equipamento de TDR.....	38
3.3.2. Balanço de água no solo.....	41
3.3.3. Uso de tensiômetros.....	45
3.4. Avaliações fisiológicas.....	46
3.4.1. Transpiração da mangueira.....	46
3.4.2. Potencial hídrico do ramo.....	53
3.5. Produtividade e características avaliadas do fruto.....	55
3.6. Eficiência do sistema com RDI.....	56
3.6.1. Eficiência de irrigação.....	56

3.6.2.	Eficiência de uso da água (EUA).....	56
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
4.1.	Caracterização do ambiente (clima e solo) durante o trabalho.....	57
4.2.	Calibração do equipamento de TDR.....	59
4.3	Distribuição de água no solo.....	61
4.3.1.	Tensiômetros.....	61
4.3.2.	Umidade do solo .....	64
4.4.	Evapotranspiração.....	70
4.4.1.	Irrigação por gotejamento.....	74
4.4.2.	Irrigação por microaspersão.....	75
4.5.	Calibração dos sensores de dissipação térmica ( <i>Granier</i> ).....	77
4.6.	Fluxo de seiva.....	81
4.6.1.	Irrigação por gotejamento.....	83
4.6.2.	Irrigação por microaspersão.....	92
4.6.3.	Fluxo de seiva e absorção de água pela planta .....	102
4.7.	Potencial hídrico do ramo.....	105
4.7.1.	Irrigação por gotejamento.....	108
4.7.2.	Irrigação por microaspersão.....	112
4.8.	Parâmetros biométricos.....	117
4.8.1.	Produtividade.....	117
4.8.2.	Crescimento do fruto.....	126
4.9.	Qualidade do fruto.....	131
4.9.1.	Qualidade física.....	131
4.9.2.	Qualidade química.....	133
4.10.	Eficiência de irrigação.....	135
5.	CONCLUSÕES.....	138
6.	REFERÊNCIAS.....	139
7.	ANEXOS.....	149

## RESUMO

COTRIM, Carlos Elízio, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2009.  
**Otimização da irrigação localizada em pomares de manga no semi-árido baiano.** Orientador: Márcio Mota Ramos. Co-orientadores: Eugênio Ferreira Coelho e Paulo Roberto Cecon.

O objetivo neste trabalho foi avaliar a utilização da irrigação com *déficit* regulado (RDI) como alternativa de manejo da irrigação em pomar de manga visando a otimização da eficiência de uso da água (EUA), no semi-árido, e determinar a transpiração da cultura e a EUA para cada manejo de irrigação testado. A pesquisa foi desenvolvida em um pomar de manga ‘Tommy Atkins’ com 9 anos de idade, espaçadas de 8 x 8 m sob microaspersão e de 8 x 4 m sob gotejamento, localizado em Guanambi, sudoeste da Bahia, durante dois ciclos produtivos da cultura. No primeiro, entre 18/07 a 07/11/2006, foram acompanhados o manejo da irrigação com *déficit* regulado e a produtividade da cultura, e no segundo, entre 20/06 e 11/10/2007, além destes parâmetros mediu-se também o teor de água do solo, o potencial matricial do solo ( $\psi_m$ ), o potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem}$ ) e o fluxo de seiva na planta (FSp). Os *déficits* foram aplicados nas fases I, II e III de crescimento do fruto, que corresponderam respectivamente a 60, 31 e 20 dias em 2006 e a 51, 31 e 31 dias em 2007. No ano de 2006 o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em parcelas constituídas por uma planta de manga, com 10 tratamentos e cinco repetições, sob gotejamento, e com 10 tratamentos e três repetições, sob microaspersão. Em 2007 os tratamentos foram reduzidos para 8 e o delineamento e repetições foram mantidos. Em 2006 os tratamentos consistiram no controle (T0) e na aplicação da irrigação com *déficit* regulado com 40 (T1, T2 e T3), 60 (T4, T5 e T6) e 80% da ETc (T7, T8 e T9) nas fases I, II e III de desenvolvimento do fruto. Em 2007, foram mantidas o controle com irrigação de 100% da ETc em todas as fases (T2) e os tratamentos sob RDI com 60% da ETc (T3, T4 e T5), foram acrescentados os tratamentos sem irrigação (T1) e sob RDI com 30% da ETc (T6, T7 e T8) nas fases I, II e III. O  $\psi_m$  foi determinado através de tensiômetros, com leituras semanais, antes e depois do evento de irrigação e o  $\Psi_{stem}$  foi determinado semanalmente utilizando-se uma câmara de pressão de Scholander. O teor de água do solo foi determinado em vários pontos de dois planos verticais

perpendiculares entre si por meio da reflectometria no domínio do tempo (TDR). O primeiro, de 1,0 x 1,0 m, em malha de 0,25 x 0,25 m, partindo do tronco em direção transversal às linhas de plantio e o segundo, de 0,75 x 0,75 m, na mesma malha, partindo do tronco em direção longitudinal à linha de plantio. As leituras, obtidas das sondas, foram executadas e armazenadas a cada 15 minutos, durante uma semana por fase, por um conjunto TDR/‘datalogger’. Foram acompanhados sempre 2 tratamentos ao mesmo tempo, sendo, T2 e T3 na fase I, T2 e T4 na fase II e T2 e T5 na fase III, com e sem cobertura da área sombreada pela planta. A partir do balanço de água no solo com base nos teores de água encontrados foi estimada a evapotranspiração da cultura (ETc). O fluxo de seiva na planta (FSp) foi estimado através do método da sonda de dissipação térmica a partir da diferença de temperatura entre as sondas de 16 sensores, instalados em 16 mangueiras, registradas a cada 15 minutos em um conjunto ‘datalogger’/‘multiplexador’. Ao final de cada ciclo produtivo os frutos foram coletados, avaliados quanto a qualidade, quantificados e pesados, para o cálculo da EUA. Em todos os tratamentos com RDI, o  $\psi_m$  se manteve entre 0 e -11 kPa, não caracterizando situação de *déficit* hídrico. Apenas no tratamento T1, o  $\psi_m$  variou entre -30 e -75 kPa, caracterizando ligeiro *déficit* hídrico. O  $\Psi_{stem}$  variou entre -0,83 e -1,53 MPa, no tratamento T2, entre -1,33 e -1,83 MPa, no T1 e entre -0,83 e -1,70 MPa nos tratamentos com RDI. Os tratamentos T1, T7 e T8 foram estatisticamente diferentes dos demais, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) mostrando que as diferenças no manejo da irrigação com RDI foram constatadas através deste parâmetro ( $\Psi_{stem}$ ). A ETc estimada através do balanço hídrico do solo variou entre 2,14 e 4,18 mm dia<sup>-1</sup> no tratamento T2, enquanto a absorção de água pela planta variou entre 2,11 e 3,51 mm dia<sup>-1</sup>. Para os tratamentos T3, T4 e T5 os valores de ETc estimados ficaram entre 1,19 e 2,43 mm dia<sup>-1</sup> e os de absorção de água pela planta entre 0,90 e 1,83 mm dia<sup>-1</sup>. O FSp estimado variou entre 0,76 e 1,42 L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, no tratamento T2, entre 0,39 e 0,79 L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> no T1 e foi em média de 0,82 L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, nos tratamentos T3, T4 e T5, e de 0,71 L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, em T6, T7 e T8. A produtividade da mangueira bem como a EUA calculada não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ), nos dois anos avaliados. Os resultados mostram a possibilidade de redução dos níveis de irrigação aplicados atualmente, sem prejuízos de qualidade dos frutos ou de significativas perdas de produtividades do pomar, a partir da aplicação de *déficits* controlados na irrigação das fases de crescimento de fruto.

## ABSTRACT

COTRIM, Carlos Elízio, D. Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2009.  
**Optimization of the located irrigation in mango orchards in semi-arid baiano.** Adviser: Márcio Mota Ramos. Co-Advisers: Eugênio Ferreira Coelho and Paulo Roberto Cecon.

The objective of this work was evaluate the use of the regulated deficit irrigation (RDI) as an alternative of irrigation management in mango orchard in order to optimize water use efficiency (WUE), in semi-arid, and to determine the crop transpiration and WUE for each irrigation management tested. The research was developed in a 9 years old 'Tommy Atkins' mango crop orchard of 8 x 8 m spacing under microsprinkler and of 8 x 4 meters under drip, located in Guanambi, southwest of the Bahia, during two productive crop cycles. In the first one, between 07/18 and 11/07/2006, the regulated deficit irrigation management and the crop productivity had been monitored, and in the second one, during the period of 06/20 and 10/11/2007, besides these parameters, also soil water content, soil water potential ( $\psi_m$ ), stem water potential ( $\Psi_{stem}$ ) and plant sap flow (SFp) were measured. Deficits had been applied in phases I, II and III of fruit growth, that corresponded respectively 60, 31 and 20 days in 2006 and the 51, 31 and 31 days in 2007. In 2006 an entirely random experimental design was used, in plots consisted of a mango plant, with 10 treatments and five replications, under trickle, and with 10 treatments and three repetitions, under microsprinkler. In 2007 treatments were reduced to 8 and the design and replications were kept. In 2006 the treatments consisted in control (T0) and in application of the regulated deficit irrigation (RDI) with 40 (T1, T2 and T3), 60 (T4, T5 and T6) e 80% of the Etc (T7, T8 and T9) in the phases I, II and III of fruit development. In 2007 the control with irrigation of 100% of the ETC in all phases (T2) and treatments under RDI with 60% of the Etc (T3, T4 and T5) were kept. Treatments without irrigation (T1) and under RDI with 30% of the Etc (T6, T7 and T8) in the phases I, II and III were increased.  $\Psi_m$  was determined by using tensiometers, with weekly readings, before and after the event of irrigation and the  $\Psi_{stem}$  was determined weekly using a pressure chamber of Scholander. The soil water content was determined in several locations of two vertical plans perpendicular each other through the time domain reflectometria (TDR). The first one, of 1.0 m x 1,0 m, with a grid of

0.25 x 0.25 m, with the origin in the trunk and transversal direction to plant row and the second one, of 0.75 m x 0.75 m, with the same grid, with the origin in the trunk and longitudinal direction to plant row. The readings, obtained by probes were stored each 15 minutes during one week per phase, by a TDR/‘datalogger’ set. Two treatments always were monitored simultaneously, where T2 and T3 in phase I, T2 and T4 in phase II and T2 and T5 in phase III, with and without covering the shaded area around plants. Crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>) was estimated by the soil water balance using soil water content data. The sap flow in the plant (SF<sub>p</sub>) was estimated through the heat dissipation probe method from the difference of temperature among the probes of 16 sensors that were installed in 16 plants. The difference of temperature was registered every 15 minutes in a ‘datalogger’/‘multiplexer’ set. At the end of each productive cycle, fruits were harvested and evaluated according to quality. They were also quantified and weighed, for the calculation of WUE. In all treatments with RDI,  $\psi_m$  remained between 0 and -11 kPa, not characterizing water deficit condition.  $\psi_m$  varied between -30 and -75 kPa, characterizing short water deficit only for treatment T1. The  $\Psi_{stem}$  varied between -0.83 and -1.53 MPa for T2, between -1.33 and -1.83 MPa for T1 and between -0.83 and -1.70 MPa for the treatments with RDI. The treatments T1, T7 and T8 were statistical different from the others by the test of Tukey ( $p < 0.05$ ) that showed that the differences in the RDI management was evidenced by this parameter ( $\Psi_{stem}$ ). The estimated ET<sub>c</sub> by the soil water balance varied between 2.14 and 4.18 mm day<sup>-1</sup> for the T2 treatment, while plant water absorption varied between 2.11 and 3.47 mm day<sup>-1</sup>. For treatments T3, T4 and T5 the estimated ET<sub>c</sub> values remained between 1.19 and 2.43 mm day<sup>-1</sup> and the plant water absorption ones remained between 0.90 and 1.83 mm day<sup>-1</sup>. The estimated FSp varied between 0.76 and 1.42 L m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> for T2, between 0.39 and 0.79 L m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> for T1 and was in average about 0.82 L m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> for treatments T3, T4 and T5, and about 0.71 L m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> for T6, T7 and T8. The mango productivity as well as the WUE calculated had not showed significant difference among treatments, by test of Tukey ( $p < 0.05$ ) in the two evaluated years. The results show the possibility of reduction of the levels of irrigation applied currently, by application of controlled deficits in the irrigation during the phases of fruit growth without providing damages in fruit quality or significant losses of mango orchard yield.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa o terceiro lugar entre os principais produtores mundiais de frutas, ficando atrás apenas da China e da Índia, com uma produção de aproximadamente 39 milhões de toneladas. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF) a fruticultura brasileira fechou o ano de 2007 com um novo recorde de vendas para o mercado externo, com exportação de mais de 918 mil toneladas de frutas frescas. Este desempenho correspondeu a um crescimento de 14,12% em volume e de 34,67% em valor em relação a 2006, de acordo com cálculos do setor. Os principais destinos foram os Países Baixos, Reino Unido, Estados Unidos, Espanha, Portugal, Itália, Alemanha e Argentina.

Entretanto, a importância econômica da fruticultura para as diversas regiões do Brasil não pode ser medida apenas pelos dados estatísticos. Este segmento se situa entre os principais geradores de renda, de emprego e de desenvolvimento rural. Os excelentes índices de produtividade e os resultados comerciais alcançados nas últimas safras são fatores que demonstram a vitalidade desse setor que veio para ficar e para se desenvolver. Hoje podemos enumerar mais de 30 grandes pólos produtores de frutas, centrando uma atenção especializada em mais de 50 municípios espalhados de norte a sul do País (ANUÁRIO 2005).

O Semi-Árido Brasileiro é um dos maiores e mais populosos do mundo. Estende-se por 970 mil quilômetros quadrados, abrangendo cerca de 58% da Região Nordeste, o que corresponde a 86,5% da sua área, ficando 11% em Minas Gerais e 2,5% no Espírito Santo. Vivem nesta região mais de 20 milhões de pessoas, sendo em torno de 8 milhões em área rural. O total de chuvas anuais no semi-árido, dependendo da localidade, fica entre 450 e 800 mm. Nos anos mais secos chove pelo menos 200 milímetros.

A fruticultura, antes concentrada nas Regiões Sul e Sudeste, ampliou significativamente suas fronteiras no Nordeste, onde as condições de alta luminosidade, baixa umidade relativa e elevada temperatura, no semi-árido, são muito mais favoráveis. Nesta região a implantação de novas áreas e o conseqüente crescimento da fruticultura tem constituído importante alternativa para gerar maior número de empregos e melhorar a renda da população.

Grande parte das áreas potencialmente irrigáveis do Estado da Bahia está concentrada basicamente no semi-árido. O Plano Estadual de Irrigação, elaborado pela

Secretaria de Agricultura do Estado, identificou áreas que permitem a implantação de 170 projetos de irrigação em 20 pólos, numa área de 640.000 hectares. Atualmente a fruticultura movimenta o maior montante de recursos sendo que existem vários projetos de irrigação em dez pólos de fruticultura predominantes.

As duas principais regiões produtoras de frutas da Bahia são o Vale do São Francisco e o Extremo Sul, além de outras áreas emergentes espalhadas por todo Estado, constituindo-se em centros de produção, beneficiamento e comercialização de frutas e de seus derivados. O Vale do São Francisco, maior região de irrigação do Estado da Bahia, compreende os pólos de irrigação de Paulo Afonso, Juazeiro, Baixio de Irecê, Platô de Irecê, Ceraíma/Estreito, Casa Nova, Cerrado I, Rio Corrente, Rio Grande e Cerrado II. O Extremo Sul compreende os pólos de irrigação de Teixeira de Freitas e Eunápolis. As áreas emergentes englobam os pólos de irrigação de Jequié, Livramento de Nossa Senhora, Alto Paraguaçu, Médio Paraguaçu, Médio Itapicuru, Tucano e Vaza Barris (GUERREIRO, 2002).

A região semi-árida do Nordeste potencialmente irrigável constitui-se em uma fronteira agrícola de elevada importância que se torna viável exclusivamente com o uso da irrigação, principalmente quando se trata de fruticultura. A intensificação da prática da irrigação configura uma posição estratégica de grande alcance para aumentar a oferta de produtos destinados ao mercado interno, consolidar a afirmação comercial do Brasil no mercado internacional altamente competitivo e melhorar os níveis de produção, produtividade, renda e emprego no meio rural, no entanto ela exerce um grande impacto sobre os escassos recursos hídricos.

A eficiência média de irrigação em nível nacional está estimada em 60%, significando que para cada milímetro de água aplicado em um hectare irrigado, 6.000 litros são utilizados pelas culturas, que transpiram 97% do total consumido, representando, portanto, um retorno de mais de 5.820 litros para a atmosfera, na forma de vapor ou de água pura. Os 4.000 litros restantes, que não chegaram a ser absorvidos pelas culturas, tendem a evaporar da superfície do solo ou percolar através do perfil do mesmo e abastecer os lençóis subterrâneos, podendo ou não retornar ao mesmo curso d'água de onde foi retirado. A elevação desta eficiência em apenas 5% significaria que um volume de 500 litros por dia para cada milímetro de lâmina demandada pela cultura por hectare irrigado deixaria de ser retirado da fonte de água. Portanto a economia no consumo de água na agricultura irrigada só pode ser viabilizada com o aumento da eficiência do uso da água na irrigação.

A otimização da eficiência de uso da água de forma a contribuir para a sustentabilidade dos recursos hídricos na irrigação pode ser trabalhada de duas formas, com base nas curvas de respostas físicas da produtividade e na eficiência de uso da água (EUA), onde a eficiência de uso da água é tomada pela razão entre a produtividade e a lâmina aplicada durante o ciclo ou entre a produtividade e a evapotranspiração da cultura (ETc). No caso, o aumento da EUA pode ser feito atuando-se no numerador da razão, aumentando a produtividade para a mesma quantidade de água aplicada/evapotranspirada ou reduzindo o denominador da razão, isto é, reduzindo a lâmina aplicável/evapotranspiração de forma a não reduzir significativamente o numerador ou a produtividade. Nesta segunda alternativa, implicaria a manutenção de uma alta eficiência do sistema de irrigação elevando a eficiência de uso da água pela redução da lâmina real necessária durante as fases de crescimento e desenvolvimento consideradas não críticas para as plantas, sem comprometimento significativo da produtividade potencial esperada. A primeira alternativa tem sido largamente explorada na pesquisa, embora haja ainda perguntas a serem respondidas. Dentro destes contextos alguns resultados de pesquisa têm sido disponibilizados para os usuários (COELHO e BORGES, 2002; MARTINS *et al.*, 1998; SOUZA, 2000; COELHO *et al.*, 2001c; BERTONHA *et al.*, 1999). Estes resultados visam dar ao usuário curvas de respostas de uso de água com ênfase em maximização da produtividade, o que implica em aplicação de água para manutenção contínua do solo próximo da capacidade de campo.

Nas condições semi-áridas, onde a água é escassa, a segunda alternativa ganha importância e deve ser explorada, principalmente para fruteiras, que tem ciclos mais longos, durante um ano e apresentam vários ciclos durante a vida das plantas.

Pesquisas visando a economia de água têm sido desenvolvidas em espécies frutíferas, algumas inseridas no que é chamado de Irrigação com *Déficit* Regulado (RDI), que consiste no manejo da irrigação com *déficits* em estádios de desenvolvimento da cultura cujo crescimento e qualidade do fruto tem baixa sensibilidade ao estresse hídrico, realizando uma irrigação sem *déficit* nos outros períodos do desenvolvimento da cultura; obtendo assim uma redução no volume de água aplicado na irrigação, sem redução de produtividade e da qualidade dos frutos. É necessário, para isto, de um bom conhecimento dos estádios no qual a deficiência de água poderá provocar perdas consideráveis de produtividade e qualidade. A técnica RDI teve aparentemente a sua origem na Austrália e foi inicialmente concebida para controlar o vigor vegetativo em pomares de elevada densidade, durante a fase de

desenvolvimento vegetativo rápido, mediante a aplicação de uma irrigação deficitária (PAÇO, 2003). Nesse tipo de trabalho é importante saber qual deve ser a redução de transpiração para se obter produtividade e qualidade do produto compatíveis, e em que fase do ciclo fenológico da cultura os *déficits* poderão ser promovidos.

Diante do exposto, considerando-se sistemas de irrigação por microaspersão e gotejamento instalados em um pomar de manga cultivar Tommy Atkins, objetivou-se com o presente trabalho:

- Testar alternativas de manejo de irrigação, com foco em projetos instalados no semi-árido, que promovam aumento na eficiência de uso da água pela cultura da manga (*Mangifera indica L.*) através da redução da lâmina total aplicada, em fases fenológicas da cultura menos sensíveis ao *déficit* hídrico;
- Determinar, para as condições semi-áridas, a transpiração da cultura da manga;
- Determinar a eficiência de uso de água para cada manejo de irrigação testado.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Considerações sobre a cultura da manga

#### 2.1.1. Histórico e situação atual

A manga (*Mangifera indica* L.) que é uma fruta nativa da Ásia, mais precisamente da Índia, sudeste asiático e das ilhas circunvizinhas, foi introduzida no Brasil por volta de 1700, na Bahia. Ela é, hoje, uma das mais importantes frutas tropicais que compõem a dieta alimentar dos brasileiros com um consumo médio per capita da ordem de 1,2 kg ano<sup>-1</sup>. No entanto, em algumas capitais, como São Paulo, o consumo de manga alcança 2,5 kg per capita por ano. A comercialização da manga no mercado interno brasileiro centraliza-se em uma única variedade, a norte-americana Tommy Atkins, representando 79% da área plantada no Brasil. Variedade muito produtiva, daí ser eleita pelos produtores para seus plantios, tem casca de coloração vermelha, porém apresenta-se pobre nos atributos de qualidade de polpa, como sabor e ausência de fibras (PINTO, 2002).

A exploração da manga no Brasil, historicamente, foi feita em moldes extensivos, sendo comum o plantio em áreas esparsas, nos quintais e fundos de vales das pequenas propriedades, com predominância de variedades locais do tipo "Bourbon", "Rosa", "Espada", "Coquinho", "Ouro", "Ubá" entre outras. Nos últimos anos esse quadro está mudando com a implantação de grandes áreas com novas variedades de manga de comprovada aceitação pelo mercado externo. Portanto, pode-se dividir o cultivo da mangueira no Brasil em duas fases distintas: a primeira, que teve como característica principal os plantios de forma extensiva, com variedades locais e pouco ou nenhum uso de tecnologias; e a segunda, caracterizada pelo elevado nível tecnológico, como irrigação, indução floral e variedades melhoradas.

A expansão da mangicultura no Brasil ocorreu a partir de meados dos anos 80 e se estendeu por toda década de 90, principalmente no estado de São Paulo e nos pólos de agricultura irrigada do Nordeste. Nesta região houve a incorporação de plantios tecnificados, principalmente no Vale do São Francisco, que abrange os estados de Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe, e em outras áreas irrigadas como as dos Vales do Jaguaribe, Açú-Mossoró e Parnaíba situadas nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Piauí, respectivamente. Portanto, é na região semi-árida nordestina, onde foram implementados vários empreendimentos com plantios comerciais de

variedades demandadas pelo mercado externo, que o cultivo da manga chamada “tipo exportação” encontra-se em fase de franca expansão, tendo como base as cultivares “Tommy Atkins” e “Haden”, entre outras. Entretanto a manga é cultivada em todas as regiões fisiográficas, com destaque para o Sudeste e para o Nordeste.

No semi-árido a mangicultura vem se destacando não apenas pela expansão da área cultivada e do volume de produção, mas, principalmente, pelos altos rendimentos alcançados e pela qualidade da manga produzida. Seguindo as tendências de consumo do mercado mundial de suprimento de frutas frescas, a região inclina-se, atualmente, para produção de manga de acordo com as normas de controle de segurança nos sistemas de produção preconizadas pelas legislações nacional e internacional, levando em consideração os novos requerimentos destes mercados que impõe um novo conteúdo de qualidade dos alimentos, incorporando as preocupações dos consumidores com a forma como eles são produzidos e a exigência de critérios de certificação do produto, que considera o local de produção e os aspectos da ética ambiental e social. Nesse sentido, há uma tendência para o crescimento da produção de manga certificada, com a adoção da Produção Integrada de Frutas - PIF, entre outras formas de rastreamento e de regulação da cadeia de produção, assim como para produção de manga orgânica (COSTA; SANTOS, 2004).

No Nordeste, a manga é cultivada em todos os estados, em particular nas áreas irrigadas da região semi-árida, que apresentam excelentes condições para o desenvolvimento da cultura e obtenção de elevada produtividade e qualidade de frutos. Em 2002, a área cultivada de manga, na região nordestina, representou 60,11% de toda a área cultivada no país e revelou um crescimento da ordem 104,65% no período compreendido entre os anos de 1990 e 2000. As principais áreas cultivadas de manga estão localizadas nos estados da Bahia, Pernambuco e Ceará, que participaram, respectivamente, com 38,54%, 18,17% e 12,14% do total da região nordestina (SOUZA *et al.*, 2002). Na Bahia podem-se destacar como pólos produtores de manga, os de Juazeiro, Livramento de Nossa Senhora, Rio Corrente, Ceraíma/Estreito e Itaberaba, todos no semi-árido baiano.

A produção nacional de manga em 2007 foi de 1.272.184 toneladas e na pauta das exportações brasileiras de frutas frescas no ano de 2008 a manga ficou em segundo lugar, em quantidade, abaixo apenas do melão. Com relação às receitas, a sua posição foi o terceiro lugar, abaixo da uva e do melão. Em 2005, o Brasil exportou manga para 17 países espalhados pela Europa, América do Norte, América do Sul e África, sendo

que somente os pólos de produção do Vale do São Francisco participaram com 92% do total das 113.758 toneladas exportadas naquele ano. Em valor foram US\$ 72.526.000, dos quais US\$ 66.724.000 foram do Vale. Já em 2008 as exportações somaram 133.724 toneladas que correspondeu a uma receita de US\$ 118.703.985 (IBRAF, 2008).

As principais variedades ofertadas são Tommy Atkins, Keith, Kent, Palmer e Haden. Atualmente a variedade Tommy é a que mais se produz para o mercado externo, com tendência de crescimento das outras variedades.

### **2.1.2. A cultivar Tommy Atkins**

A escolha da variedade de manga a ser plantada deve estar relacionada à preferência do mercado consumidor, ao potencial produtivo da variedade na região, às suas limitações fitossanitárias e de pós-colheita e também à tendência de médio prazo do tipo de fruto a ser comercializado. Segundo Pinto *et al.* (2002), as variedades de importância econômica mais indicadas são as que apresentam alta produtividade, pequeno porte, coloração atraente do fruto, preferencialmente avermelhado, de polpa doce, com percentagem de açúcares (Brix) superior a 17, pouca ou nenhuma fibra, além de resistência ao manuseio e ao transporte para mercados distantes.

A cultivar Tommy Atkins foi originada nos anos 20, em Fort Lauderdale, na Flórida, EUA, como uma progênie da “Haden”. Possui fruto de tamanho médio para grande, com peso médio aproximado de 460 g, casca espessa e formato oval. Apresenta coloração do fruto atraente, variando de laranja-amarela passando por vermelha até púrpura intensa. A polpa é firme e succulenta, com teor de fibra médio. É resistente à antracnose e a danos mecânicos, apresentando um maior período de conservação. Precoce, amadurece bem se colhido imaturo. Apresenta problemas do colapso interno do fruto, malformação floral e teor inferior em sabor e de brix (16 ° brix), quando comparado com as variedades Palmer e Haden. É uma das variedades de manga mais cultivadas mundialmente para exportação. Apresenta facilidade para indução floral em época quente, alta produtividade e boa vida de prateleira. Essa variedade representa 90% das exportações de manga no Brasil (PINTO *et al.*, 2002).

### **2.1.3. Distribuição radicular**

O emprego racional da irrigação localizada, sobretudo em regiões semi-áridas, é primordial para a otimização do uso da água e, conseqüentemente, para a redução do custo de produção, sendo essencial o conhecimento do sistema água-solo-planta-

atmosfera para o adequado manejo da irrigação. Nesse contexto, a caracterização da distribuição do sistema radicular e o conhecimento da dinâmica da água no solo são fundamentais para a compreensão dos processos de transferência de água nesse sistema e para tomada de decisão no dimensionamento de sistemas de irrigação.

O padrão de distribuição do sistema radicular da mangueira e de qualquer outra cultura é consequência da interação entre fatores genéticos inerentes à cultura e a disponibilidade de água e de nutrientes no solo.

Para Coelho *et al.* (2002) a distribuição de raiz da mangueira tem sido mais abordada em condições não-irrigadas que irrigadas e de certa forma tem havido uma concordância entre os autores quanto à definição dos padrões de distribuição de raízes da cultura. Citam trabalho de Medina (1983), que encontrou uma maior densidade de raízes, na camada de 0,2 a 0,4 m de profundidade para a cultivar Haden e na camada de 0 a 0,2 m para as cultivares Kent e Diplomático. Na mesma literatura é citado ainda pesquisa na Venezuela que encontrou, para mangueiras de 11 anos, uma maior concentração de raízes a um raio de 1,5 m a partir do tronco e na camada de 0,3 a 0,5 m de profundidade.

Estudo conduzido por Choudhury e Soares (1992), sobre o sistema radicular da mangueira variedade Tommy Atkins, sob irrigação de sub-copa, em solo arenoso no Vale do São Francisco, indicou que 68% das raízes de absorção e 86% das raízes de sustentação localizaram horizontalmente na faixa de 0,9 a 2,6 m em relação ao tronco, e verticalmente, na profundidade de até 1,0 m.

Coelho *et al.* (2001b) avaliaram a distribuição de raízes de mangueiras Tommy Atkins sob irrigação localizada (gotejamento e microaspersão) em solo arenoso de tabuleiros costeiros. No geral, em sistema de gotejamento, as raízes da planta se limitaram a 3,5 m do tronco na horizontal e a 1,4 m de profundidade. Para a microaspersão as raízes ficaram limitadas a 3,0 m do tronco e também à profundidade de 1,4 m.

Oliveira (2001) estudou a distribuição das raízes de mangueira na região de Teresina, PI, em plantas sob diferentes regimes hídricos. Em todos os casos encontrou que mais de 70% das raízes da planta situavam até uma profundidade de 0,8 m.

Simões *et al.* (2005) conduziu pesquisa com o objetivo de avaliar a absorção de água pela raiz e a distribuição de água no perfil do solo em um sistema de irrigação por microaspersão na cultura da manga, localizado em Iaçú, BA. Os teores de água no solo foram monitorados com auxílio de guias de onda de TDR, durante o período de

frutificação da cultura. Encontraram que a extração de água pelo sistema radicular da mangueira, cultivar Tommy Atkins ocorreu predominantemente na região molhada delimitada pela profundidade de 0,75 m e distancia radial da planta de 1,5 m, com um centro de atividade localizado à distância radial da planta de 1,0 m e à profundidade de 0,75 m.

Coelho *et al.* (2001b) encontraram que a região limitada pela distancia radial de 0,80 m da planta, entre as profundidades de 0,20 e 0,70 m concentrou a maior atividade do sistema radicular de mangueiras Tommy Atkins cultivadas sob diferentes regimes de irrigação, em Teresina, PI, isto é, foi a região de maior extração de água pelo sistema radicular da mangueira.

Após trabalho de pesquisa sobre a distribuição espacial e absorção de água pelas raízes da mangueira, conduzido em Piracicaba, Santos (1997) concluiu que o posicionamento ideal de tensiômetros, para fins de monitoramento da irrigação, deve ser a uma distância horizontal entre 1 e 1,5 metros em relação ao tronco da planta e a uma profundidade entre 0,20 e 0,60 metros em relação à superfície do solo.

## **2.2. Os recursos hídricos e a irrigação**

A agricultura é a maior usuária dos recursos hídricos em âmbito mundial, sendo responsável por cerca de 70% de sua utilização, ficando 23% para o uso industrial e 7 % para o uso doméstico. A área irrigada no mundo é de aproximadamente 270 milhões de hectares, que apresenta aproximadamente 17% do total de área cultivada, porém contribui com 40% da produção de alimentos, significando que a produtividade mundial da agricultura irrigada equivale a 2,35 vezes a da agricultura de sequeiro (BRITO *et al.*, 2002). No Brasil, a agricultura utiliza cerca de 61% da água consumida contra 18% do uso industrial e 21% em uso doméstico. A área total irrigada no País, de aproximadamente 3,4 milhões de hectares em 2004 (CHRISTOFIDIS, 2006), representa apenas 5,89% da área total cultivada e é responsável por 16% da produção agrícola total em volume e 35% em valor econômico. Pode-se, portanto, concluir que cada hectare irrigado equivale a 2,7 hectares de sequeiro, em produtividade física, e 6 hectares de sequeiro, em produtividade econômica.

Com referência à disponibilidade de recursos hídricos, o Banco Mundial e a ONU consideram que apresentam situação adequada os países que disponham de, pelo menos, o equivalente a 2 mil m<sup>3</sup> hab<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de água e em situação inadequada o país que apresentar valores inferiores a esse limite. É considerada situação de escassez

quando o país atingir a marca de 1 mil  $\text{m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  ou inferior. Em documento do Banco Mundial de 1998, consta que já existiam 22 países abaixo do limite de 2 mil  $\text{m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e 18 abaixo do limite de 1 mil  $\text{m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Durante o congresso da Comissão Internacional de Irrigação e Drenagem (Icid) em 2002 foi transmitida a informação de que já são 26 os países que apresentam atualmente escassez crônica de água, número que aumentará para 66, em 2025 (BRITO *et al.*, 2002).

O Brasil apresenta, aparentemente, uma situação de abundância, possui o maior potencial de recursos hídricos entre os países, equivalente a aproximadamente 12% da água doce superficial da terra, estimado em  $5.330 \text{ km}^3 \text{ ano}^{-1}$  de águas superficiais, representando uma média de aproximadamente 32 mil  $\text{m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ . Entretanto, cerca de 89% dos recursos hídricos estão nas regiões Norte e Centro-Oeste, onde se encontram 15% da população. Isso significa que os 85% restantes da população dispõem de apenas 11% do potencial hídrico brasileiro (CHRISTOFIDIS, 1999). Assim, a média cai para  $4.800 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , no Sudeste e 4 mil  $\text{m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , no Nordeste. Por essa razão, não é surpreendente constatar-se que já existem conflitos de água nas bacias do Guaira (SP), Verde Grande (MG), Paraíba do Sul (SP, RJ, MG), Bom Jardim (GO), além de outras pequenas bacias nas zonas semi-áridas do Nordeste e Sudeste. Também já existem cinco estados brasileiros com média abaixo de 2 mil  $\text{m}^3 \text{ hab}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ .

A agricultura, como uma grande usuária dos recursos hídricos, vem sendo apontada como uma vilã no que se refere à economia dos mesmos. Contudo, embora possa ser fonte de alguns problemas, ela deve ser considerada também como parte da solução desses. Considerando que o valor médio nacional de evapotranspiração constatado é  $1.195 \text{ mm ano}^{-1}$  e que a área total cultivada é de 52 milhões de hectares, teremos um uso anual de aproximadamente 620 bilhões de  $\text{m}^3$  da água de chuva, pela agricultura no Brasil. Entretanto, as plantas retêm apenas cerca de 3% a 5% da água consumida, uma vez que a evapotranspiração representa em torno de 95% a 97% da água absorvida pelas plantas. Isso significa que a superfície agrícola brasileira retorna anualmente cerca de 600 bilhões de  $\text{m}^3$  de água limpa, na forma de vapor, para manutenção do ciclo agroidrológico. Os cerca de 3% a 5% que são retidos (18,6 bilhões de  $\text{m}^3$ ), em grande parte, são transformados em alimentos para pessoas e animais ou outros produtos e subprodutos como fibras, madeira, celulose e palhada (BRITO *et al.*, 2002).

Com relação aos recursos hídricos derivados dos mananciais, a agricultura irrigada é a principal usuária, responsável, em termos nacionais, pelo uso de

aproximadamente 33,7 bilhões de m<sup>3</sup> de água por ano (CHRISTOFIDIS, 2001). Como a eficiência média de aplicação da água de irrigação no Brasil está estimada em 60% (CHRISTOFIDIS, 1999), significa que, desses 33,7 bilhões de m<sup>3</sup>, cerca de 20 bilhões são usados pelas culturas, as quais, como mencionado anteriormente, evapotranspiram 95% a 97% do total consumido, representando, portanto, um retorno de mais de 19 bilhões de m<sup>3</sup> para a atmosfera, na forma de água limpa (vapor), o que não se constata nos outros setores usuários (industrial e doméstico). Se essa eficiência fosse elevada, através de atividades de pesquisa e transferência de tecnologia, para um patamar modesto de 65%, isso representaria uma economia da ordem de 2 bilhões de m<sup>3</sup>, volume suficiente para irrigar uma área adicional de 280 mil hectares, quase 10% da área total atualmente irrigada no Brasil. Portanto uma maior economia dos recursos hídricos passa necessariamente pelo desenvolvimento e/ou adaptação de tecnologia de manejo e racionalização no uso da água e outros insumos para a agricultura irrigada, em escala parcelar ou de propriedade, com objetivo de aumentar o retorno (físico e econômico) da produção, por unidade de água utilizada dentro de um contexto sustentável.

### **2.3. Indicadores do estado hídrico do solo e da planta**

Em condições normais, a produtividade das culturas está diretamente relacionada à quantidade e disponibilidade de água no solo. Quando se trabalha com culturas que cobrem, de forma descontínua, a superfície do solo, como no caso de um pomar de manga, as plantas podem ser tratadas de forma individualizada, no que se refere ao consumo de água (ROJAS, 2003).

Em um determinado período, toda vez que a transpiração da planta for maior que a absorção de água pelas raízes, é caracterizada uma situação de *déficit* hídrico (DELVIN, 1975). Segundo Taiz e Zeiger (2004), o *déficit* hídrico pode provocar diversas respostas fisiológicas nas culturas, dentre as quais se destacam o fechamento dos estômatos e a redução da transpiração. Ainda segundo estes autores, o processo mais afetado pelo *déficit* hídrico é o crescimento celular. O estresse hídrico mais severo leva à inibição da divisão celular, à inibição da síntese de proteínas e de parede, ao acúmulo de solutos, ao fechamento estomático e à inibição da fotossíntese.

A avaliação do estado hídrico pode ser feita realizando medições no solo ou na planta. Os indicadores do estado hídrico do solo referem-se, por exemplo, à determinação do teor de água ou do potencial hídrico no solo. Para a planta existe uma

série de variáveis que podem ser medidas. Dois dos indicadores mais freqüentemente utilizados são o potencial hídrico foliar e a resistência estomática.

### **2.3.1. Indicadores do estado hídrico do solo**

O teor de água do solo ou o potencial hídrico do solo são freqüentemente utilizados na programação da irrigação. A estes métodos é freqüentemente apontada a desvantagem de não traduzirem de forma fiel o estado hídrico ao nível das raízes da planta, dado a secagem do solo não se processar de forma homogênea além de que, para plantas de grande desenvolvimento radicular, existe dificuldade no acesso a estas maiores profundidades (PAÇO, 2003). Os limites críticos para o desencadeamento da irrigação, baseados na avaliação do estado hídrico do solo, variam com as características da cultura e do solo. Se a determinação desses limites não for adequada para as condições da cultura, utilizando-se, por exemplo, um valor médio, este pode não ser suficientemente preciso. Conseqüentemente, a planta pode já estar em *déficit* hídrico antes de ser atingido o limiar predeterminado (GARNIER; BERGER, 1985). Procurar localizar corretamente os sensores, em pontos representativos da zona das raízes, tem sido objeto de estudos (p. ex. SIMÕES *et al.* 2005).

A determinação do teor de água do solo pode ser feita por métodos diretos e indiretos. Os métodos diretos consistem na determinação do conteúdo de água de uma amostra de maneira direta, através da evaporação e de pesagens em balança de precisão. O mais utilizado e mais preciso é o método gravimétrico com secagem em estufa, que é considerado padrão para calibração de outros métodos. Os métodos indiretos baseiam-se na medida de propriedades físicas ou físico-químicas do solo que sejam proporcionais ao conteúdo de água no solo. São métodos que exigem uma curva de calibração e apresentam a vantagem de serem não destrutivos e proporcionam menor tempo e trabalho na execução das medidas. Podem ser baseados na medida da condutividade elétrica/térmica ou capacitância, na sonda de nêutrons, na atenuação de raios gama, na tensiometria e na reflectometria no domínio de tempo (TDR).

Os tensiômetros são equipamentos constituídos de um tubo de PVC ou acrílico com uma cápsula de cerâmica porosa na extremidade inferior conectado a um manômetro, de “Bourdon” ou de mercúrio, capaz de medir pressões negativas, inserido no tubo (KLAR, 1991). O método da tensiometria, muito utilizado no manejo da irrigação, mede o potencial de água no solo para definir a necessidade e a quantidade de água a ser aplicada na irrigação. Neste método normalmente são empregados

tensiômetros (de mercúrio, tensímetros, ou vacuômetros) instalados próximos à planta, para fornecer o potencial matricial da água no solo, que é comparado à valores da curva de retenção de água no solo, determinada normalmente em laboratório, para cada local.

Na prática, a faixa de uso do tensiômetro é do potencial matricial igual a zero (saturação) até o potencial matricial igual a  $-80$  kPa, aproximadamente. É um intervalo limitado, mas cobre o principal intervalo de umidade do solo de importância para a irrigação (REICHARDT, 1985).

Valores de potencial matricial de água no solo capaz de garantir adequados desenvolvimento e produtividade da cultura da manga situam-se entre  $-15$  e  $-25$  kPa, em solos arenosos, e entre  $-30$  e  $-60$  kPa em solos argilosos. O manejo da irrigação, mantendo o solo a potenciais menores, implica em maiores intervalos de irrigação e maior déficit hídrico no solo, o que promove frutos menores e em maior quantidade (COELHO *et al.* 2002). Ou seja, o déficit hídrico aplicado de maneira indiscriminada, durante todo o período produtivo da cultura, acaba por afetar significativamente a produção e a qualidade do fruto produzido.

Em trabalhos realizados com tensiômetros de mercúrio, Araújo *et al.*, (2003) constataram que ocorrem grandes oscilações de leituras no aparelho devido às flutuações de temperatura ao longo do dia, dificultando a determinação precisa do potencial de água no solo.

Outra técnica indireta é a reflectometria no domínio do tempo (TDR), que é usada na determinação, precisa e não destrutiva, da umidade do solo, possibilitando a automação no fornecimento dos dados em tempo real e de maneira continuada. Além da umidade, a condutividade elétrica do solo pode também ser estimada por este sistema de aquisição de dados, permitindo adicionalmente o acompanhamento da dinâmica de solutos no solo nas pesquisas com fertirrigação.

Segundo COELHO *et al.* (2005) a estimativa da umidade do solo é possível através da transmissão de um pulso eletromagnético pelo equipamento de TDR, a partir do qual se determina a constante dielétrica aparente do solo. Para a determinação deste pulso a maioria dos equipamentos de TDR disponível no mercado requer a utilização de guias de ondas acoplada ao mesmo. Pelo fato do preço das guias de ondas importadas ter se tornado fator limitante para o uso deste equipamento, os usuários desta técnica têm empregado normalmente guias de onda de construção própria (artesanal) por terem custo mais baixo que as guias comercializadas (COELHO *et al.* 2001a).

A adaptação da técnica de reflectometria no domínio de tempo (TDR) para medição da umidade foi apresentada por Topp *et al.* (1980). A técnica relaciona a medida do tempo de percurso de uma onda eletromagnética com a umidade do solo ( $\theta$  cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>). A propriedade principal que influencia a velocidade de condução de uma onda eletromagnética é a constante dielétrica ( $\epsilon$ ), que é uma medida da capacidade de um material não condutor de transmitir ondas ou pulsos eletromagnéticos. No cálculo da constante dielétrica ( $\epsilon$ ) é considerado o tempo que um pulso eletromagnético leva para transitar entre dois pontos da sonda (guia de onda) introduzida no solo, o comprimento de percurso do pulso eletromagnético, o tempo de trânsito, a velocidade de propagação do pulso e a velocidade da luz no vácuo (HERMANN JUNIOR, 2001).

Para Otto (2001), a utilização da TDR na determinação da umidade volumétrica do solo facilita o manejo da irrigação, possibilitando a obtenção instantânea do tempo necessário ao funcionamento do sistema de irrigação (localizada ou aspersão). Ele recomenda a determinação de uma equação de calibração do equipamento para cada tipo de solo, pois a equação sugerida pelo fabricante subestimou os valores de umidade, em relação aos valores de umidade determinados pela equação específica do solo estudado em seu trabalho.

A técnica da TDR tem apresentando como vantagens a elevada precisão, a possibilidade de multiplicação de leituras e a repetição sem a destruição da amostra de solo (SOUZA; MATSURA, 2002). Rapidez na obtenção dos resultados, garantia de segurança do operador no seu manuseio e facilidade de monitorar continuamente o conteúdo de água do solo em vários locais ao mesmo tempo (TOMMASELLI, 1997).

O método da TDR tem o seu uso já verificado no manejo da irrigação, monitorando o estado da água no solo para definição do quanto e quando irrigar, na determinação da evapotranspiração de culturas, pelo método do balanço hídrico do solo. Registra-se também o seu emprego na determinação dos padrões de distribuição de água para irrigação localizada, em estudos de absorção de água e nutrientes pelas plantas e na avaliação do fluxo de água e nutrientes no solo (COELHO; ARRUDA, 2001).

### **2.3.2. Indicadores do estado hídrico da planta**

A medição direta do estado hídrico na planta é realizada em muitas situações recorrendo à determinação do potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ). O potencial hídrico foliar medido de madrugada, antes do nascer do sol, ou potencial de antemanhã ( $\Psi_a$ ) é considerado um indicador do estado hídrico do solo na zona radicular, segundo Katerji

(1997), por corresponder ao estado de hidratação da planta ao fim da noite. A medição neste momento do dia pressupõe que se estabeleceu um equilíbrio entre a água do solo e a água da planta, estando a planta no seu estado máximo de hidratação possível para as condições hídricas do solo consideradas. O umedecimento heterogêneo do solo ou a existência de raízes muito profundas podem dificultar a avaliação do estado hídrico do solo, utilizando esta técnica.

O potencial foliar que indica o grau de desidratação máximo atingido pela planta num determinado dia é denominado potencial foliar mínimo ( $\Psi_{min}$ ) e ocorre geralmente um pouco depois do meio-dia solar. Por vezes, o potencial mínimo é medido em folhas em que se impediu a transpiração durante algum tempo, com o objetivo de permitir que o potencial hídrico das folhas se equilibre com o potencial hídrico dos ramos ( $\Psi_{stem}$ ). Para este efeito, a folha ainda presa ao ramo é inserida num saco plástico opaco, durante algum tempo antes da medição. Espera-se, desta forma, obter uma medição de  $\Psi_f$  que seja representativa de  $\Psi_{stem}$ . Por sua vez o potencial hídrico dos ramos ( $\Psi_{stem}$ ) é menos influenciado pelas condições ambientais e relaciona-se com o estado hídrico do solo de forma mais clara (McCUTCHEN; SHACKEL, 1992, citado por PAÇO, 2003). Segundo Jones (1990), o potencial hídrico foliar de antemanhã ( $\Psi_a$ ) parece ser uma medida mais sensível do estado hídrico das plantas do que  $\Psi_{min}$ . O  $\Psi_{min}$ , além de fortemente influenciado pelas condições ambientais, apresenta grandes variações associadas a pequenas variações de  $\Psi_a$ .

Para Garnier e Berger (1985), é também fundamental conhecer as características do sistema radicular para a interpretação clara do comportamento das árvores, no que diz respeito ao  $\Psi_f$ . As árvores com um sistema radicular mais superficial apresentam alterações no  $\Psi_f$  mais precocemente durante o enxugamento do solo, do que árvores com um sistema radicular profundo.

Estudos têm sido realizados em pessegueiro para avaliar o interesse do  $\Psi_f$  medido durante o dia, como indicador de *déficit* hídrico. Garnier e Berger (1985), com o objetivo de encontrar um indicador de *déficit* hídrico suficientemente sensível para programar a irrigação, analisaram a evolução do  $\Psi_f$  ao longo do dia, durante um ciclo de irrigação com *déficit* (lamina de 50% da ET real), e não detectaram diferenças evidentes entre plantas irrigadas e não irrigadas. Contudo, quando o indicador utilizado foi  $\Psi_{stem}$ , houve diferenças claras entre os valores.

Xiloyannis *et al.* (1980) encontraram ligeiros efeitos no  $\Psi_{min}$  de pessegueiros irrigados com 50% da ET real, quando comparados com pessegueiros irrigados a 100%,

e efeitos severos apenas em árvores não irrigadas. Entretanto, Acevedo *et al.* (1973), citado por Paço (2003), não conseguiram observar nenhuma tendência clara no  $\Psi_f$  medido durante o dia, quando os pessegueiros foram submetidos a períodos de irrigação com *déficit* regulado.

Em estudo efetuado com nectarinas, sujeitas a diversos regimes hídricos, Naor (1998), verificou existir uma baixa correlação entre condutância estomática ( $g_s$ ) e potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) medidos ao longo do dia. Durante a manhã ocorriam valores baixos de  $\Psi_f$  para todos os regimes, com uma reduzida variação ao longo do dia.

#### **2.4. Manejo da irrigação com *déficit* regulado (RDI)**

A adoção de técnicas de irrigação para a cultura deve ser respaldada por recomendações adequadas de manejo da água, que permita o uso racional e resulte em alta produtividade física e econômica. Para Coelho Filho e Coelho (2005) o manejo da água de irrigação, entretanto, não tem seguido critérios ou bases técnicas, ficando sempre a interrogação se a quantidade de água atualmente aplicada ao solo tem sido ou não adequada.

Coelho *et al.* (2000) afirmam que o período crítico de demanda hídrica da mangueira ocorre após o estabelecimento dos frutos, principalmente, nas primeiras 4 a 6 semanas desta fase, quando a falta de irrigação por 30 dias é suficiente para reduzir o tamanho do mesmo em média 20% em comparação com uma cultura irrigada. Por outro lado o uso inadequado de água, geralmente devido à aplicação em excesso, tem reduzido o ganho econômico de produtores da região, em decorrência principalmente do aumento de custos com energia e bombeamento, sem aumentar efetivamente a produtividade do pomar. Tal fato ocorre principalmente em face das características fisiológicas da mangueira de se adaptar ao *déficit* hídrico devido à sua eficiente capacidade de regular a perda de água pelos estômatos através do ajuste osmótico, mantendo a turgescência e níveis mais elevados de potencial de água na folha quando sob deficiência hídrica (SCHAFFER *et al.*, 1994).

A irrigação com *déficit* regulado (RDI) é um manejo de irrigação utilizado em fruteiras, que consiste na aplicação da irrigação com *déficits* em estádios de desenvolvimento da cultura cujo crescimento e qualidade do fruto têm baixa sensibilidade ao estresse hídrico, ou seja, é possível a redução do consumo de água e energia sem grandes prejuízos na qualidade do fruto e na produtividade do pomar (PAÇO, 2003).

Com relação à técnica RDI, trabalhos desenvolvidos por Chalmers *et al.* (1981) e Girona *et al.* (1993), em pessegueiro, por Torrecillas *et al.* (1993), em limão cv. “Fino”, por Domingo *et al.* (1996), em limão verdadeiro, e por Goodwin *et al.* (2000), em pêsego e pêra, revelaram resultados favoráveis a utilização da mesma. Trabalhos de González-Altozano e Castel (1999, 2000) utilizando RDI em tangerinas encontraram que um déficit de 50% da ETc, aplicado na fase inicial, atingiu uma economia de água de até 23%, sem efeitos negativos na produtividade e qualidade do fruto, entretanto, quando o déficit se prolongou até a fase final, além da qualidade, a produtividade caiu em média 22%, para uma economia de água de até 54%. Nesta situação recomendaram a técnica como manejo alternativo apenas quando o custo da água for elevado. Trabalho de Ruiz-Sanchez *et al.* (2000), aplicando RDI em damasco, durante 4 ciclos produtivos da cultura (1996-1999) encontraram redução significativa da produtividade em todos eles, com uma diferença maior nos dois primeiros anos (economia de água de 40%) e menor nos dois últimos quando a economia de água foi de 25%. Recomendaram a técnica como estratégia apenas em regiões onde os recursos hídricos são escassos.

Em trabalho de Coelho Filho e Coelho (2005) utilizando a técnica RDI em plantas de manga cultivar Tommy Atkins, aplicando *déficits* hídricos em três fases de crescimento do fruto, utilizando como tratamentos 50%, 70% e 85% da evapotranspiração da cultura (ETc), sendo os tratamentos compostos de uma fase com *déficit* e duas sem *déficits*, perfazendo um total de nove. Como testemunha, utilizou irrigação total em todas as fases. Não encontrou diferenças estatísticas entre os tratamentos (produtividade, número de frutos por plantas e peso médio dos frutos) mostrando que é possível a diminuição do uso da água na prática da irrigação em condições semi-áridas sem perdas significativas de produtividades.

Em trabalho conduzido em pomar comercial de manga cultivar “Kent” no Estado de Westfalia, África do Sul, no período de mar/2000 a fev/2001, Pavel e De Villiers (2004), submeteram plantas com quatro anos de idade a quatro diferentes tratamentos de irrigação. O controle (Co) correspondeu à irrigação até 85% da capacidade de campo, o segundo e o terceiro tratamento (PRI-1 e PRI-2) corresponderam à redução progressiva na irrigação de 20 e 35%, respectivamente, da quantidade de água aplicada ao controle. O quarto tratamento correspondeu a RDI, com aplicação da lâmina do controle (Co) durante o período mencionado, exceto para 4 semanas entre maio e junho de 2000 e 4 semanas entre dez/2000 e jan/2001, quando a irrigação foi suprimida. Ainda foi considerado como tratamento o manejo normalmente

utilizado na Fazenda (Co-F), que irrigava até a capacidade de campo. Encontraram uma economia de água de 37, 50, 58 e 52% para os tratamentos Co, PRI-1, PRI-2 e RDI, respectivamente, em comparação com o controle da Fazenda (Co-F). A diferença de produtividade entre os tratamentos não foi significativa embora o tratamento Co apresentou a maior produtividade de todos seguido pelos tratamentos RDI e Co-F. O incremento na área da seção transversal do tronco foi significativamente maior no Co-F em relação aos tratamentos com *déficit* de irrigação (PRI-1, PRI-2 e RDI), indicando que o crescimento vegetativo foi diminuído nestes tratamentos.

No trabalho com pêsego e pêra Goodwin e Boland (2000) atribuíram para estas plantas três fases de crescimento do fruto. As fases I e III, que apresentam uma alta taxa de crescimento dos frutos, são separados pela fase II, que apresenta uma baixa taxa de crescimento, conhecida como fase de retardamento. Esta fase II, que corresponde apenas 25% do crescimento total do fruto, ocorre quando há um rápido crescimento vegetativo. Portanto a adoção da RDI durante este período contribui para reduzir o elevado crescimento vegetativo e mantém ou até aumenta a produtividade das culturas.

Em plantas cítricas, Domingo *et al.* (1996) constatou que a produção e a qualidade dos frutos são muito afetadas pela qualidade da irrigação nos períodos de floração e “pegamento” de frutos (Fase I) e de crescimento rápido do fruto (Fase III). Dependendo do nível de estresse promovido na Fase I, os níveis de abscisão de flores e frutos podem ser afetados e o tamanho do fruto na Fase II também.

## **2.5. Estimativa da evapotranspiração**

A evaporação é um processo físico, que propicia a mudança de estado da água da fase líquida para a gasosa, diretamente da superfície do solo, sendo, portanto, dependente da energia disponível. A medida da evaporação de uma superfície de água livre deve integrar as diferentes condições climáticas que influenciam no processo da evapotranspiração. Segundo Medeiros (2002), os principais elementos climáticos que proporcionam energia para vaporização e remoção de vapor de água, a partir de superfícies evaporantes são: radiação solar, temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento e déficit de pressão de vapor. Destes, a radiação solar é o elemento de maior importância na demanda evaporativa da atmosfera. A energia proveniente do sol e do ar é a principal fonte para evaporar a água, sendo a diferença entre a pressão de vapor na superfície e no ar ao redor, fator determinante na transferência de vapor para atmosfera. Campos bem úmidos em regiões áridas, secas e quentes, consomem mais

água devido a maior disponibilidade de energia, e poder evaporante da atmosfera. Em climas úmidos de regiões tropicais, apesar da elevada quantidade de energia, a alta umidade relativa reduz a evapotranspiração, pois o ar está sempre próximo da saturação. A umidade relativa local, e a temperatura determinam o *déficit* de pressão de vapor. A diferença entre a pressão de vapor saturado e a atual, define o *déficit* de pressão de vapor, isto é, o quanto de vapor é necessário para saturar determinado volume de ar. É um indicador da capacidade evaporativa do ar.

O termo evapotranspiração (ET) é usado para descrever o processo de transferência de água para a atmosfera resultante da evaporação direta do solo e da transpiração dos vegetais. A evapotranspiração da cultura, ou quantidade de água necessária para suprir as exigências hídricas da cultura (ETc), refere-se à perda de água por uma cultura qualquer quando não há restrição de água no solo em qualquer estágio de desenvolvimento sob ótimas condições agrônomicas e de manejo da irrigação (DOORENBOS; KASSAN, 2000).

Quanto à evapotranspiração de referência (ETo), segundo Allen *et al.* (1998), refere-se a evapotranspiração de uma cultura hipotética, que se assemelha a um gramado, em ativo crescimento e mantida a uma altura uniforme de 0,12 m, sombreando completamente o terreno e sem restrições de água.

O conhecimento da ETc é fundamental em projetos de irrigação, pois ela representa a quantidade de água que deve ser reposta ao solo para manter o crescimento e a produção em condições ideais. No entanto, a determinação da ETc é difícil, onerosa e requer tempo de pesquisa para sua calibração. Sabe-se que para dar bons resultados, a irrigação deve ser bem quantificada. Irrigações insuficientes repõem a água apenas nas camadas superficiais do solo, não umedecendo completamente a zona das raízes, trazendo prejuízo às plantas. Irrigações excessivas também são contra indicadas, pois acarretam perdas de água e de nutrientes por percolação abaixo da zona de raízes, além de trazer problemas de encharcamento em áreas com deficiência de drenagem. Uma maneira de contornar essas dificuldades e utilizar estimativas da evapotranspiração de referência (ETo), corrigidas por um coeficiente de cultura (Kc), que varia com a cultura e seu estágio de desenvolvimento durante o ciclo produtivo (PEREIRA *et al.*, 1997).

A distribuição do coeficiente de cultura (Kc), durante o ciclo produtivo, ou seja, a “curva de cultura” é obtida experimentalmente e representa o efeito integrado de mudança na área foliar, na altura da planta, no grau de cobertura do solo, na resistência do dossel da planta e no albedo sobre a ETc em relação à ETo. Então a estimativa da

ETc é obtida pela multiplicação da ETo pelo Kc, que varia com o estágio de desenvolvimento da cultura (SEDIYAMA, 1996).

Para Thornthwaite (1948), o termo evapotranspiração potencial surgiu primeiramente da preocupação principal de explicar as variações sazonais do balanço de água no solo, e de tentar definir diferenças regionais de clima. A sua equação leva a uma estimativa da evapotranspiração em função apenas da temperatura média do ar, a partir de um índice térmico anual, e da duração do dia de um determinado mês. Preocupado com os processos físicos envolvidos na evaporação, Penman (1948) desenvolveu uma fórmula que proporcionou uma estimativa da taxa de evaporação da água-livre, da umidade da superfície do solo ou da vegetação, a partir de elementos climáticos relevantes. Posteriormente, combinou o balanço de energia na superfície com um termo aerodinâmico, cuja equação resultante é conhecida como “equação combinada” (SEDIYAMA, 1996).

Monteith (1965) desenvolveu, com base na equação de Penman, uma equação, que inclui a resistência aerodinâmica e a resistência ao fluxo de vapor pela folha. A equação combinada com os termos de resistência aerodinâmica e da superfície da planta é chamada de equação de Penman-Monteith. Esta equação não somente concilia os aspectos aerodinâmico e termodinâmico, mas também inclui a resistência ao fluxo de calor sensível e vapor de água no ar ( $r_a$ ), e a resistência da superfície (planta) à transferência de vapor de água ( $r_c$ ). Esse método tem sido usado com sucesso na estimativa da evapotranspiração de culturas e de florestas e é considerado padrão pela FAO.

A determinação da evapotranspiração de superfícies vegetadas tem sido há muito tempo objetivo de trabalhos. Segundo Allen *et al.* (1998) só para a determinação da evapotranspiração da cultura de referência existem mais de cinquenta equações. Além das já citadas de THORNTHWAITE (1948) e PENMAN-MONTEITH FAO (ALLEN *et al.*, 1998), existem ainda modelos tais como Radiação Solar (DOOREMBOS; PRUITT (1977)), JENSEN-HAISE (1963), LINACRE (1977), HARGREAVES (1977), BLANEY-CRIDDLE (1950). A estimativa da evapotranspiração de referência pelo método do tanque classe A, tem sido utilizada no manejo da irrigação, apresentando como vantagem, o fato de integrar todas as variáveis do clima (temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa, radiação solar, etc) que determinam o processo da evaporação e evapotranspiração, sem que haja necessidade de medir estas variáveis ou estimá-las através de modelos mais complexos

(SILVA, 2002). As limitações deste método estão diretamente ligados ao fato de o processos de evaporação da água livre no tanque e a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) serem semelhantes apenas nos seus aspectos físicos. A evapotranspiração engloba a evaporação direta da superfície do solo e a transpiração da cultura. A transpiração de água pela planta difere bastante da evaporação de uma superfície de água livre. A transpiração é um processo difusivo e pode ser analisado em termos de resistência à difusão e transporte turbulento de vapor no ar atmosférico. Na transpiração inclui as resistências à difusão devido à geometria interna da folha, a abertura dos estômatos e da difusão através das cutículas. Tais resistências não são observadas na evaporação de superfícies de água livre (SEDIYAMA, 1990).

Os modelos mais empíricos normalmente correspondem a equações simples determinadas a partir de correlações entre medidas de ET<sub>o</sub> e uma ou duas variáveis climáticas, em geral, as mais comumente disponíveis, como a temperatura do ar e umidade relativa. Estas necessitam de ajustes às condições locais, pois podem apresentar, em determinadas épocas do ano, estimativas superiores ou inferiores aos valores reais, dependendo das características do clima de cada região. Conhecendo-se as limitações de cada método e os detalhes de seu desenvolvimento, fica mais fácil utilizá-los numa determinada situação (FERREIRA, 2004). Os modelos mais complexos fundamentam-se nos processos físicos de evaporação e evapotranspiração, e incluem em suas formulações vários elementos meteorológicos.

## **2.6. Balanço de água no solo**

No manejo da agricultura irrigada tem sido freqüentemente utilizado a estimativa da evapotranspiração a partir de dados climáticos e de uma cultura de referência de características conhecidas (DOOREMBOS e PRUIT, 1977; ALLEN *et al.*, 1998). A determinação da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), que é a base para o cálculo das necessidades hídricas das plantas, pode ainda ser realizada por outros diferentes métodos, dentre eles o balanço hídrico do solo.

Os conhecimentos de como as plantas utilizam a água no solo e de como respondem aos níveis de armazenagem a partir do balanço hídrico, pode ser uma saída viável para o estabelecimento de estratégias eficazes de manejo visando ao melhor uso possível das reservas de água no solo pelas culturas. O movimento cíclico da água na lavoura começa com a sua penetração no solo por meio da infiltração, continua com seu armazenamento temporário na zona do sistema radicular e termina com sua remoção do

solo por meio da drenagem, da evaporação e da absorção pelas raízes (HILLEL, 1971). O que é feito através do balanço hídrico nada mais é do que se tentar quantificar essas entradas e saídas de água no sistema solo-planta.

Segundo Reichardt e Timm (2004), o método do balanço hídrico do solo é satisfatório na determinação da evapotranspiração de culturas, visto que contabiliza as entradas e saídas de água no volume de controle e indica o volume de água que permanece no solo para atender às necessidades metabólicas das plantas. Nada mais é do que o somatório das quantidades de água que entram e saem de um elemento de volume de solo num dado intervalo de tempo. Como o balanço hídrico do solo é representado por componentes como a variação do armazenamento de água no solo ( $\Delta h$ ), a precipitação (P), a irrigação (I), a drenagem profunda (DP), a evapotranspiração (ET), o escoamento superficial (R) e a ascensão capilar (AC), quando existe, a evapotranspiração pode ser prontamente determinada quando se tem conhecimento dos outros parâmetros.

O volume de solo considerado no balanço hídrico depende da cultura em estudo, pois deve englobar seu sistema radicular. Assim é que se considera como limite superior desse volume a superfície do solo e como limite inferior a profundidade efetiva do sistema radicular da cultura. Se a quantidade de água que entra neste volume de solo num período de tempo for maior que a quantidade de água que dele sai, haverá reposição hídrica, e se sair mais do que entrar, haverá retirada. Esse saldo (positivo ou negativo) de água no solo é obtido pela variação do armazenamento de água do perfil do solo ( $\Delta h$ ). A quantidade de água que entra é proveniente da precipitação (P) e/ou irrigação (I), e a quantidade de água que sai o fazem pelos processos de drenagem profunda (DP), evapotranspiração (ET) e do escoamento superficial (R). A drenagem profunda, neste caso, representa a perda de água para fora da zona radicular através do limite inferior do volume de solo considerado. Porém, dependendo das condições, ao invés de sair, a água pode entrar através desse limite, sendo esse processo denominado de ascensão capilar (AC). O escoamento superficial também pode constituir de uma entrada (positivo) de água ou saída (negativo) no sistema. Assim, a representação matemática do balanço hídrico de uma cultura, na forma integrada, pode ser expressa pela equação  $P + I - DP + AC - ET \pm R \pm \Delta h = 0$ . Segundo Libardi (1995), cada componente do balanço hídrico é de considerável importância dentro de um determinado ramo da ciência onde pode ser estudado com o nível de detalhe de

interesse. Para o propósito de obtenção do componente ET, os detalhamentos de estudo de P, I e R são de medida relativamente fácil, em relação à  $\Delta h$  e DP.

Conforme estudo de Andrade *et al.* (1988), a separação dos fluxos de drenagem profunda, utilizando-se perfis de umidade e de potencial hidráulico do solo, mostra-se confiável em períodos de *déficit* hídrico, mas falha nos períodos chuvosos, quando ocorrem aumentos no armazenamento de água no solo.

Para Libardi (1995) a profundidade efetiva das raízes deve ser conhecida, pois ela é que representa o limite inferior do volume de solo onde devem ser contabilizadas as entradas e saídas de água. Ainda segundo este autor os cálculos do armazenamento de água e drenagem interna são os de mais difícil obtenção no balanço hídrico do solo e a forma como estes componentes são medidos influencia a precisão de todo método.

Para Timm *et al.* (2002), a variabilidade espacial das propriedades físicas do solo constitui uma dificuldade no uso desta metodologia de cálculo da evapotranspiração das culturas. Esta variabilidade foi estudada por Greminger *et al.* (1985) e Villagra *et al.* (1995) que encontraram coeficiente de variação da ordem de 40% no cálculo da evapotranspiração da cultura, pelo método do balanço hídrico, em decorrência da variabilidade da água armazenada no solo, do gradiente hidráulico, da condutividade hidráulica e da densidade de fluxos de água no solo.

Silva *et al.* (2001) estimaram a evapotranspiração da cultura da mangueira irrigada, em Petrolina no vale do São Francisco, utilizando o método do balanço hídrico no solo. Concluíram que o método se mostrou eficiente nas condições de clima e solo do Perímetro Irrigado de Bebedouro.

## **2.7. Fluxo de seiva**

A busca do aumento da produtividade e qualidade dos frutos implica no conhecimento de parâmetros relacionados ao manejo da água aplicada na irrigação. Muitas regiões brasileiras, entre elas as produtoras de frutas do Nordeste, necessitam de irrigação praticamente durante todo o ano para viabilizar a produção. Portanto, o conhecimento das necessidades hídricas para o manejo da água na fruticultura irrigada é indispensável para a já mencionada melhoria da produtividade e qualidade dos frutos.

O aumento na cobrança dos órgãos públicos pelo emprego de sistemas de irrigação mais eficientes acompanhado da implantação da cobrança pelo uso de água, que já está em andamento, e das exigências do mercado por produtos certificados, decorrentes de uma atividade agrícola sustentável, tem aumentado a importância da

irrigação localizada. Nesse sistema de irrigação, o volume de água aplicado é reduzido e restrito a uma parcela de solo, reduzindo-se as perdas por evaporação e drenagem, tornando a transpiração o principal elemento a ser determinado para o manejo de água em pomares (COELHO FILHO, 2002).

No manejo da irrigação, tem sido freqüentemente utilizada a estimativa da evapotranspiração, calculada a partir dos dados climáticos da região e de uma cultura de referência, de características conhecidas. A evapotranspiração estimada desta maneira é afetada por um coeficiente relativo à cultura em questão, o coeficiente da cultura ( $K_c$ ), obtendo-se a evapotranspiração da cultura (DOORENBOS; PRUITT, 1977; ALLEN *et al.*, 1998). Esta metodologia tem levado a resultados relativamente bons em muitas situações, sobretudo em culturas com cobertura baixa e uniforme. No caso de culturas com certo desenvolvimento acima do nível do solo e anisotrópicas, como é o caso das plantas lenhosas (pomares em geral), verifica-se por vezes um apreciável desajustamento nas estimativas. Nestes casos a medição da evapotranspiração apresenta maiores dificuldades do que em cobertos baixos e heterogêneos (PAÇO, 2004).

A técnica lisimétrica de determinação da evapotranspiração apresenta limitação no caso de árvores de grande porte. A principal restrição está no elevado custo do equipamento, principalmente quando se trata de lisímetros de pesagem, o que dificulta a repetição nos estudos. Diante disso, nas duas últimas décadas, tem-se dado ênfase à medida de fluxo de seiva no caule como indicador da transpiração, principalmente se a escala de tempo usada é igual ou menor que um dia.

Dentre os diversos métodos para a determinação direta do fluxo de seiva em plantas lenhosas, destaca-se aquele baseado na técnica do pulso de calor, que tem ganhado espaço pela possibilidade de monitoramento individualizado e contínuo da água na planta, em curtos intervalos de tempo.

O método da sonda de dissipação térmica (MDT) é um deles e vem sendo bastante utilizado pelo seu princípio simples e pela boa sensibilidade às variações de fluxo de seiva. Foi desenvolvido por Granier (1985) e relaciona a velocidade de dissipação de calor, aplicado num ponto do tronco, com a densidade de fluxo de seiva. Ele se baseia na utilização de duas sondas com sensores de temperatura que se inserem radialmente no tronco, permitindo determinar a diferença de temperatura entre ambas. Uma delas, colocada em posição superior, é aquecida através de uma resistência. A segunda, colocada no mesmo plano vertical que a primeira, está à temperatura de referência, ou seja, à temperatura natural dos tecidos do tronco. A distância de

separação entre sondas evita que o calor aplicado influencie a medição da temperatura de referência (sonda inferior). Parte do princípio que a variação temporal da diferença de temperatura entre esses pontos é ocasionada pelo transporte conectivo de calor pela seiva.

Outro método bastante utilizado é o de balanço de calor do tronco que se baseia na aplicação de calor a um determinado volume do caule e na utilização da equação do balanço energético desse volume para o cálculo do fluxo de seiva como relacionado com o termo residual da perda por convecção. Inicialmente utilizado em plantas anuais, foi adaptado por Valancogne e Nasr (1989) para utilização em árvores de pequeno a médio porte.

Granier (1985) calibrou o seu método em laboratório, primeiro com três espécies de plantas lenhosas e, posteriormente, com outras seis, verificando que uma única equação de calibração pode ser utilizada. Em função disso, propôs o uso dessa equação em qualquer planta lenhosa de diâmetro de caule superior a 4 cm.

Pesquisas têm mostrado que o método pode apresentar fontes de erros, sendo uma delas a determinação da área condutora de seiva no caule (área efetiva do xilema) e outra já evidenciada o efeito da carga radiante sobre a planta, gerando um gradiente térmico natural ao longo do caule, que interfere na medida do sensor e, conseqüentemente, na estimativa do fluxo de seiva (DELGADO-ROJAS *et al.*, 2006).

O método de *Granier* apresenta a vantagem de ser relativamente menos dispendioso em relação a outros métodos de medição de fluxo de seiva, permitindo aumentar o número de plantas amostradas e, conseqüentemente, obter medições de transpiração mais representativas ao nível da parcela. Tem-se verificado, contudo, em muitas situações a existência de uma subestimativa, quando se efetuam comparações metodológicas.

Resultados de transpiração, encontrados por Ferreira *et al.*, (1997), utilizando o método de *Granier*, concomitante com o método das flutuações instantâneas e com um método de balanço de calor, mostraram uma subestimativa superior a 30% do método de *Granier* em relação aos demais.

Os resultados de transpiração obtidos por Paço (2003), através da medição do fluxo de seiva com o método de *Granier* e com o método do balanço de calor, no período entre os dias 171 a 202 do ano de 1998, para pessegueiro, mostraram uma acentuada subestimativa nas medições com o método de *Granier* em relação às

medições com o método do balanço de calor. Idêntica situação, embora não tão pronunciada, foi encontrada por Rojas (2003) em citros.

Ferreira e Silvestre (2004), utilizando o método das sondas de dissipação de calor, em vinhas, na região de Alenquer, Portugal, encontraram valores de transpiração ( $T_r$ ) variando de 0 a 2,5 mm dia<sup>-1</sup> e para a relação  $T_r/ETo$  valores variando de 0 a 0,5.

Oliveira *et al.* (2009) em trabalho usando o princípio do balanço de calor caulinar, conduziram estudo com quatro variedades de manga (Tommy Atkins, Palmer, Haden e Van Dyke), em Cruz das Almas, BA, no qual relacionou transpiração máxima ( $T - L \text{ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) com evapotranspiração de referência ( $ETo - \text{mm dia}^{-1}$ ) e área foliar ( $AF - \text{m}^2$ ). Encontraram que a transpiração ( $L \text{ planta}^{-1}$ ) variou linearmente com a área foliar ( $T = 1,621 \times AF$ ) e também com a evapotranspiração de referência ( $T = 0,44 \times ETo \times AF$ ), independente da variedade estudada. Encontraram ainda uma variação da transpiração, ao longo do estudo, de 0,36 a 3,00 L m<sup>-2</sup> folha dia<sup>-1</sup>.

### 3. MATERIAL E MÉTODO

#### 3.1. Localização e caracterização da área experimental

O trabalho foi desenvolvido em um pomar de manga cultivar Tommy Atkins de 9 anos de idade, com plantas espaçadas em 8 x 8 m e 8 x 4 m. A área está sobre um Neosolo Flúvico, eutrófico, textura média, argila de alta atividade, fase caatinga hipoxerófila, relevo plano a suave ondulado, em gleba experimental da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco e Parnaíba (Codevasf), localizada no Perímetro Irrigado de Ceraíma, Município de Guanambi, região sudoeste da Bahia (Figura 1 e 2). Situa-se a 108 km da margem direita do Rio São Francisco e a 90 km da divisa Minas-Bahia com latitude de 14°13'30" sul, longitude de 42°46'53" oeste de Greenwich e altitude de 525 m.

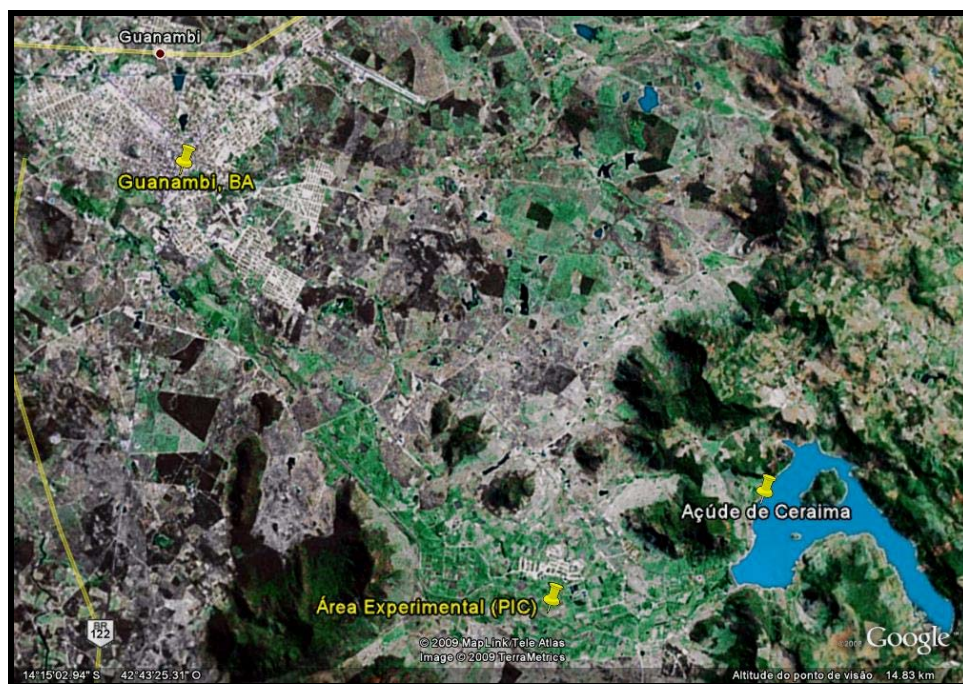


Fonte: Item (2003)

FIGURA 1. Pólos de irrigação do estado da Bahia, com destaque para o pólo de Guanambi (Perímetros Irrigados de Ceraíma e Estreito).

A região compreende o Grande Domínio Morfoclimático da Caatinga, se encaixando por isto na divisão política estratégica da área da Sudene. Apresenta estação seca bem definida, coincidindo com o inverno e o período chuvoso varia de outubro a março, semelhante à época de chuva da região Centro-Sul do Brasil.

Dados do posto meteorológico de Ceraíma, Codevasf, situado a 500 metros da área experimental, mostram a temperatura média mensal variando de 22,70 a 27,80 °C para os anos de 2006 e 2007, correspondente ao período de duração do experimento. A Figura 3 ilustra esta situação e também a variação das temperaturas máxima e mínima para o mesmo período.



Fonte: Google Earth (2008)

Figura 2. Localização da área experimental da EAJAJT, dentro do Perímetro Irrigado de Ceraíma, a 15 km da sede do município de Guanambi (14°17'32,55\"S; 42°42'42,03\"W).

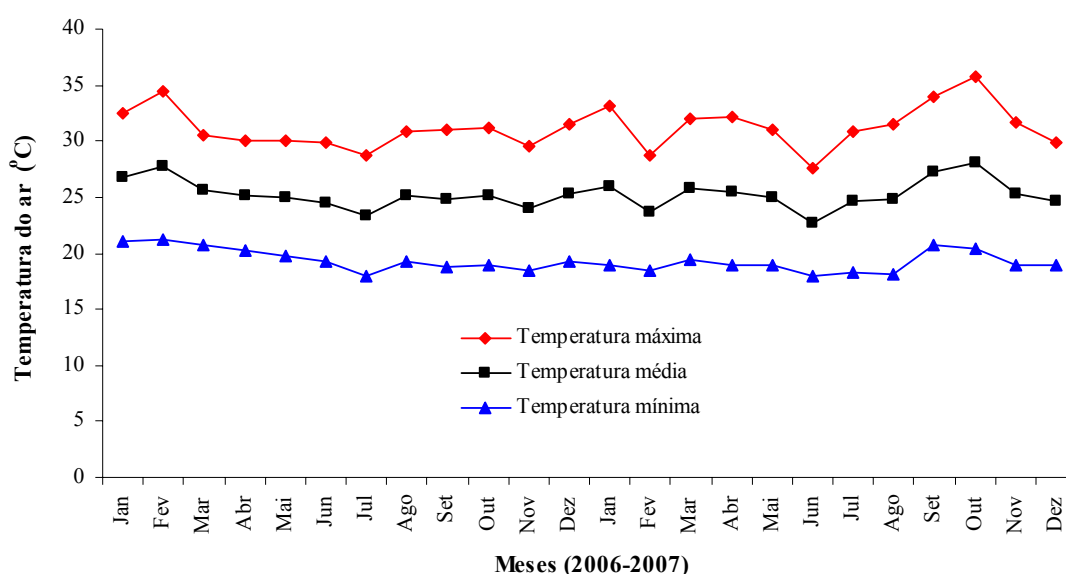


Figura 3. Temperaturas do ar média, máxima e mínima, para os anos de 2006 e 2007, do posto meteorológico de Ceraíma (Codevasf), em Guanambi – BA.

Na Figura 4 são apresentados dados de precipitação pluvial média e evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub> - Tanque Classe A) dos dois anos do experimento. A precipitação média do período foi de 745,9 mm, sendo 90,23% distribuídos dos meses de novembro a abril, que corresponde à estação chuvosa local. A evapotranspiração medida com o tanque classe “A” variou de 102,3 a 218,2 mm mês<sup>-1</sup>, com os menores valores ocorrendo normalmente de março a julho, e os maiores entre agosto e outubro.

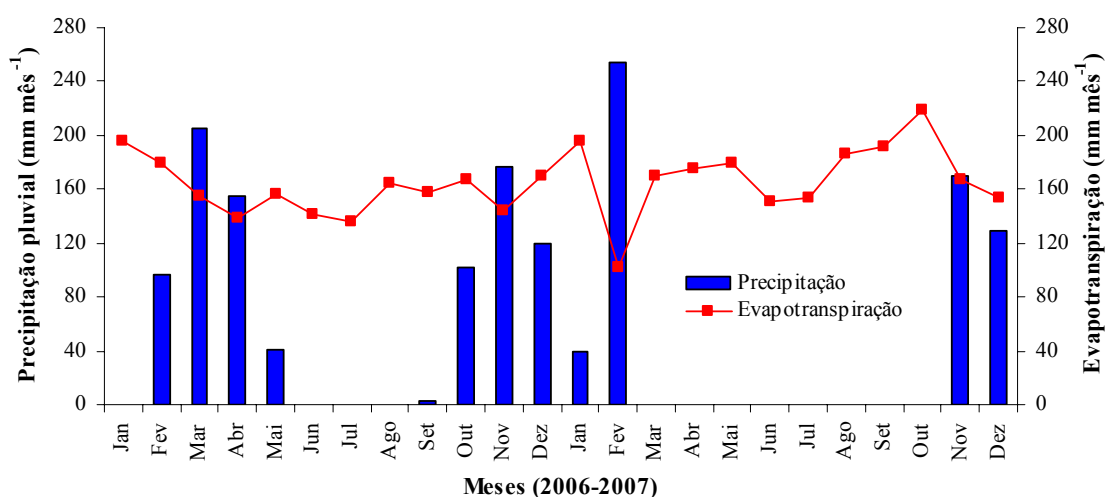


Figura 4. Precipitação pluvial e evapotranspiração de referência (Tanque Classe A), para os anos de 2006 e 2007, do posto meteorológico de Ceraíma (Codevasf), em Guanambi – BA.

Velocidade do vento, a 2,0 m de altura em relação à superfície do solo, e umidade relativa do ar, são ilustrados na Figura 5. Dos dados constata-se que a velocidade média mensal do vento variou de 0,42 a 4,66 m s<sup>-1</sup>, com ocorrência de valores mais elevados no período de julho a outubro e de valores menores de novembro a junho. Com relação à umidade relativa do ar os dados mostram que a média mensal variou entre 61,1 e 73,3% durante o período de execução do experimento. De observações dos últimos 20 anos, também do posto meteorológico de Ceraíma (Codevasf), constata-se que o período mais úmido ocorre de novembro a março, coincidindo com a estação chuvosa, e que os menores valores ocorrem geralmente de agosto a outubro.

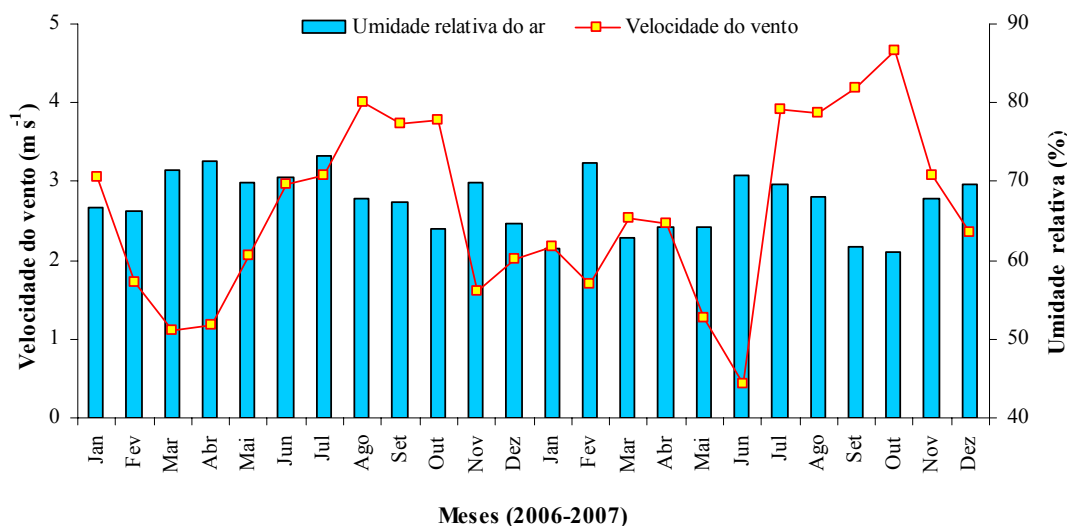


Figura 5. Velocidade do vento e umidade relativa do ar, para os anos de 2006 e 2007, do posto meteorológico de Ceraíma (Codevasf), em Guanambi – BA.

Na caracterização da insolação na região utilizaram-se valores médios do período de 1988 a 2003, em face da inexistência de dados nos últimos quatro anos (Figura 6). Os maiores valores de insolação ocorrem nos meses de junho a setembro, que correspondem ao período mais seco do ano, sendo o valor máximo, de 291,1 horas mês<sup>-1</sup>, em agosto, enquanto que o mínimo, de 193,4 horas mês<sup>-1</sup>, ocorre no mês de novembro. A insolação média anual corresponde a 2.951 horas.

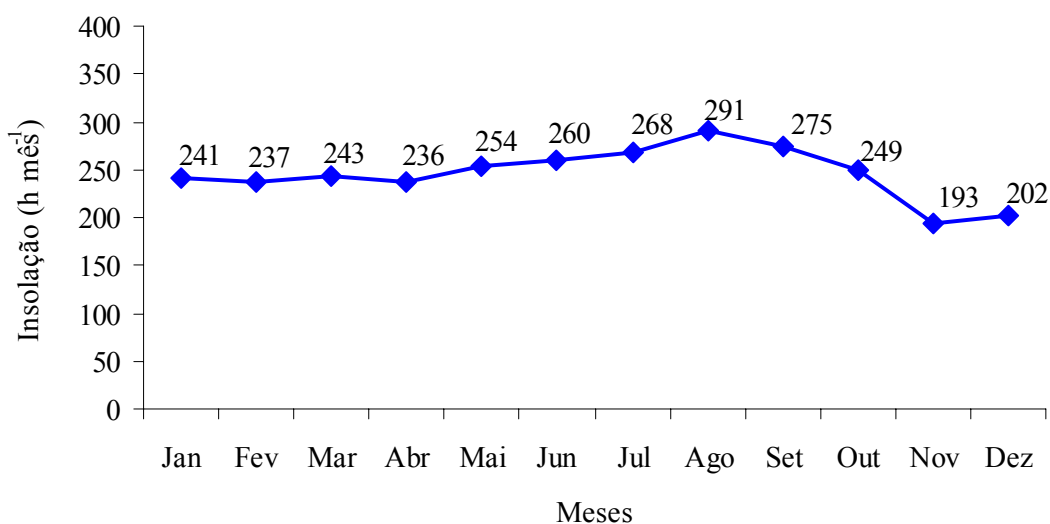


Figura 6. Insolação média do período 1988/2003, do posto meteorológico de Ceraíma (Codevasf), em Guanambi – BA.

Em meados de julho de 2007 foi instalada uma estação climatológica automática dentro da área experimental. O comportamento das variáveis climáticas no período

compreendido desta data até o final do experimento, em outubro, medido pela estação automática, é apresentado na Tabela 1.

A temperatura média mensal pouco variou durante o período, observando uma ascensão natural de agosto a outubro. Os valores de umidade relativa média do ar tiveram um comportamento semelhante, embora no sentido inverso, ou seja, houve uma pequena redução de agosto a outubro.

Tabela 1. Média mensal da temperatura, umidade relativa do ar, radiação global, velocidade do vento a 2 metros de altura e  $ET_{OPM}$  medidas pela estação automática instalada na área experimental.

Mês (2007)	Temperatura (°C)	Umidade relativa (%)	ET <sub>o</sub> (PM) (mm dia <sup>-1</sup> )	Radiação Global (MJ m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup> )	Vel. Vento (m s <sup>-1</sup> )	Déficit de saturação de vapor Δe (kPa)
Jul	23,30	69,60	4,27	16,17	3,24	1,07
Ago	24,48	59,14	4,94	20,77	3,76	1,29
Set	25,22	57,71	5,62	23,38	3,80	1,41
Out	26,43	58,52	5,79	23,18	3,74	1,50

A radiação global apresentou um pequeno crescimento de agosto a outubro, o mesmo acontecendo com os valores de  $ET_{OPM}$  calculada. A velocidade do vento a 2 metros praticamente não variou e tampouco ocorreram precipitações no período já mencionado.

O solo da área experimental foi classificado como Neosolo Flúvico eutrófico com textura franco-arenoso e argila de alta atividade. Para a sua caracterização físico-química, foram coletadas amostras nas profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm. A caracterização física incluindo os conteúdos de areia, silte, argila e curva de retenção de água no solo foi realizada em laboratório da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical. A caracterização química, que corresponde a pH, soma de bases, capacidade de troca de cátions, saturação por bases, saturação por alumínio, carbono orgânico, condutividade elétrica e teores de fósforo, potássio, cálcio, magnésio, sódio, alumínio e hidrogênio, dentre outros, foi realizada em laboratório da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Centro Tecnológico do Norte de Minas (Epamig/CTNM). As determinações da densidade do solo e de partículas foram efetuadas em Laboratório de Solos da Escola Agrotécnica Federal Antônio Jose Teixeira – Guanambi(BA), utilizando, respectivamente, os métodos do anel volumétrico e balão volumétrico. Na

Tabela 2 são apresentados dados das características químicas e físicas do solo da área experimental. De maneira geral o solo apresenta boa fertilidade, com elevada concentração de fósforo, potássio, cálcio e magnésio, e também elevada capacidade de trocas de cátions e saturação de bases em todas as amostras.

Tabela 2. Características químicas e físicas do solo da área experimental, da EFAJIT, Guanambi, BA, localizada no Perímetro Irrigado de Ceraíma (2006/2007).

Identificação	Área de Gotejamento		Área de Microaspersão	
	0 – 20 cm	20 – 40 cm	0 – 20 cm	20 – 40 cm
<b>Características químicas</b>				
pH <sup>1</sup>	6,0	6,0	6,5	6,8
MO <sup>2</sup> (dag kg <sup>-1</sup> )	1,6	0,9	2,5	1,4
P <sup>3</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	96,5	51,9	374,1	266,3
K <sup>3</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	356	356	417	437
Na <sup>3</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,3	0,4	0,4	0,3
Ca <sup>4</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	5,2	4,7	6,8	6,0
Mg <sup>4</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	2,2	2,3	2,6	2,5
Al <sup>4</sup> (cmolc dm <sup>-3</sup> )	0,0	0,0	0,0	0,0
H + Al <sup>5</sup> (cmolc/dm <sup>3</sup> )	2,1	1,9	1,9	1,7
SB (cmolc dm <sup>-3</sup> )	8,7	8,4	10,9	9,9
t (cmolc dm <sup>-3</sup> )	8,7	8,4	10,9	9,9
T (cmolc dm <sup>-3</sup> )	10,7	10,3	12,8	11,6
V (%)	81	82	86	86
m (%)	0,0	0,0	0,0	0,0
B <sup>6</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,6	0,9	1,1
Cu <sup>3</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	2,7	1,8	2,3	1,5
Fe <sup>3</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	104,0	89,4	69,1	99,0
Mn <sup>3</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	79,4	76,4	86,3	71,4
Zn <sup>3</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	4,0	4,5	9,3	6,5
CE (ds m <sup>-1</sup> )	1,0	1,1	0,6	0,6
<b>Características físicas</b>				
Areia (dag kg <sup>-1</sup> )	59,6	63,4	50,7	48,5
Silte (dag kg <sup>-1</sup> )	25,1	18,3	29,6	30,0
Argila (dag kg <sup>-1</sup> )	15,3	18,3	19,7	21,5
Densidade do solo (g cm <sup>-3</sup> )	1,62	1,67	1,61	1,56
Densidade partículas (g cm <sup>-3</sup> )	2,70	2,74	2,77	2,81

<sup>1</sup>pH em água; <sup>2</sup>Colorimetria; <sup>3</sup>Extrator: Mehlich-; <sup>4</sup>Extrator: KCl 1 mol/L; <sup>5</sup>pH SMP; <sup>6</sup>Extrator: BaCl<sub>2</sub>; SB, Soma de bases; t, CTC efetiva; T, CTC a pH 7; V, Saturação por bases; m, Saturação por alumínio; CE, Condutividade elétrica; dag kg<sup>-1</sup> = %; mg dm<sup>-3</sup> = ppm; cmolc dm<sup>-3</sup> = meq/100cm<sup>3</sup>.

### 3.2. Instalação e condução do experimento

O experimento foi instalado em um pomar de mangueiras Tommy Atkins, implantado em 1997, na área de pesquisa da Codevasf, cedida à Escola Agrotécnica Federal Antônio José Teixeira. A primeira etapa do experimento foi montada em 2006, com a implantação de um sistema de irrigação localizada para o fornecimento de água de maneira diferenciada ao pomar. Este sistema foi dotado de várias linhas de distribuição e registros de maneira a permitir aplicação de diferentes lâminas, através de

gotejadores e microaspersores, com o propósito de execução do manejo da irrigação com *déficit* regulado (RDI), conforme Figura 7.

No período produtivo da cultura da manga, em 2006 (18/07 a 07/11), foram acompanhados apenas o manejo da irrigação com *déficit* regulado e a produtividade da cultura, em 2007, no período entre 20/06 e 11/10, o experimento foi repetido, incluindo o acompanhamento da umidade do solo com multiplexadores, “datalogger” e TDR, em tratamentos específicos, e também o acompanhamento do fluxo de seiva, em algumas plantas, com sensores de dissipação térmica, conforme Granier (1985).

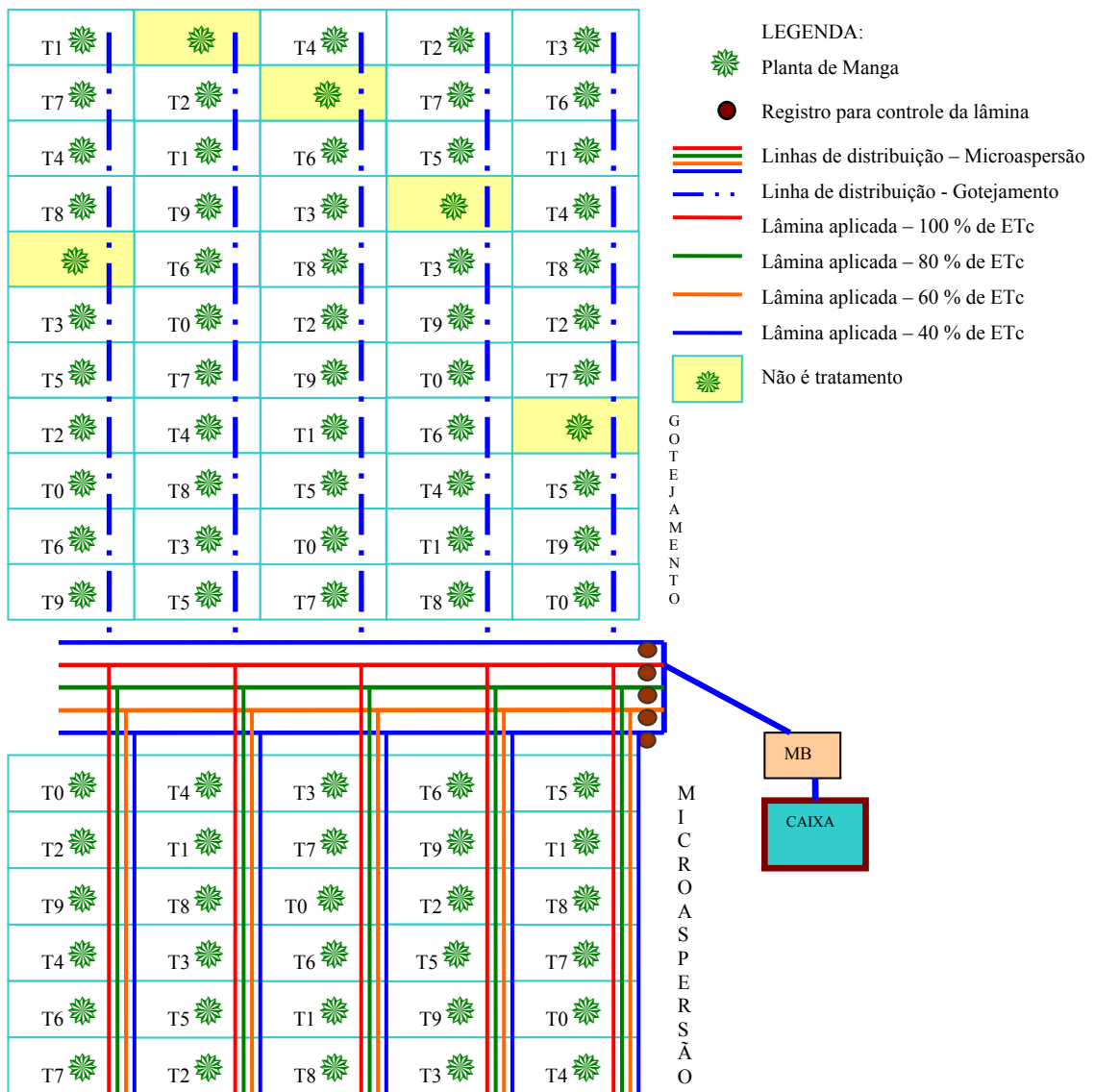


Figura 7. Croquis do experimento mostrando a distribuição dos tratamentos e o esquema de distribuição de água para manejo da irrigação com *déficit* regulado (RDI), nas áreas irrigadas por microaspersão (8 x 8 m) e gotejamento (8 x 4 m), em 2006.

Diante da constatação da não ocorrência de efeitos significativos dos tratamentos aplicados sobre produtividade, tamanho de fruto e número de frutos por planta, em 2006, o experimento montado em 2007 sofreu alterações nos tratamentos e nas repetições no sentido de aumentar o *déficit* hídrico aplicado e eliminar plantas mais jovens e/ou de tamanho muito acima do padrão (Figura 8).

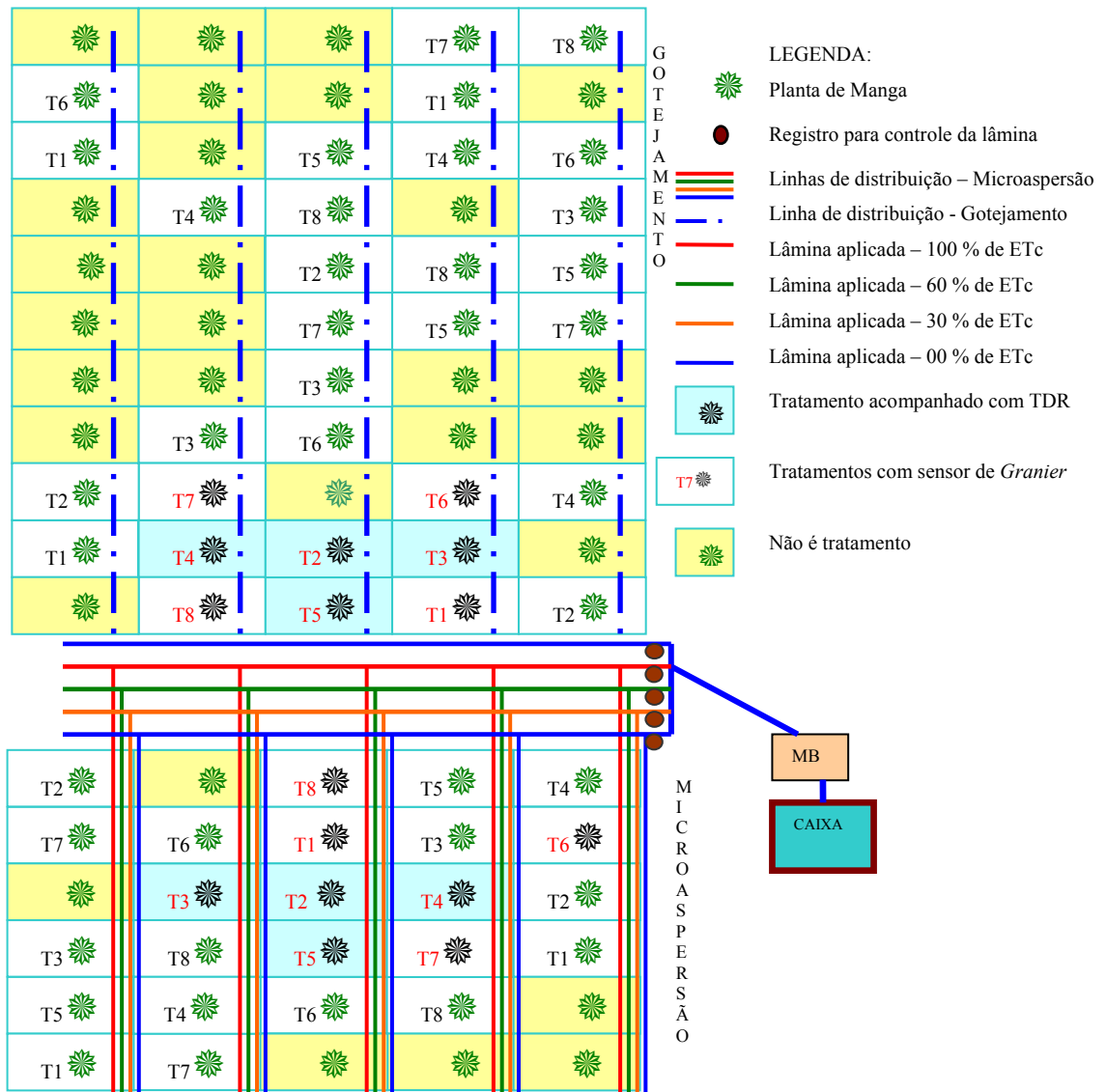


Figura 8. Croquis do experimento mostrando a distribuição dos tratamentos e o esquema de distribuição de água para manejo da irrigação com *déficit* regulado (RDI), nas áreas irrigadas por microaspersão (8 x 8 m) e gotejamento (8 x 4 m), em 2007.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com dez tratamentos e três repetições para a área irrigada por microaspersão e dez tratamentos e cinco repetições para a área irrigada por gotejamento, em 2006. Em 2007, o

experimento foi repetido nas mesmas condições, com oito tratamentos e três repetições para a área irrigada por microaspersão e oito tratamentos e quatro repetições para a área irrigada por gotejamento. As parcelas foram constituídas por uma planta de manga, em ambos os casos.

O experimento foi conduzido com plantas de nove anos de idade, com espaçamento de 8 x 4 m, na área irrigada por gotejamento e de 8 x 8 m na área irrigada por microaspersão. Os tratamentos referentes ao manejo da irrigação com déficit regulado (RDI), para condições de irrigação localizada por microaspersão e gotejamento, foram aplicados nas fases de desenvolvimento dos frutos de manga (Fase I, Fase II e Fase III) após o período de indução floral para um florescimento uniforme de aproximadamente 80 % dos ramos.

As lâminas de irrigação foram reduzidas a partir da lâmina aplicada no Perímetro Irrigado de Ceraíma (100% da ETc). A duração de cada fase depende da disponibilidade energética do local, refletindo as condições térmicas. De acordo com os resultados de Lima *et al.* (2001) para as condições de Iaçú/BA, a Fase I corresponde ao início de floração e vai até o pegamento dos frutos, que acontece em torno de 65 dias após o início de antese (DAA). A Fase II compreende a expansão do fruto, ocorrendo até aproximadamente 95 DAA. A Fase III corresponde ao final de crescimento e maturação fisiológica do fruto que ocorre em torno de 120 DAA. No presente estudo as fases I, II e III foram, respectivamente de, 0 a 60, de 61 a 92 e de 92 a 110 DAA, em 2006 e de 0 a 51, de 52 a 83 e de 84 a 115 DAA, em 2007. As diferenças entre a duração de cada fase nos ciclos produtivos pode estar relacionada com a falta de precisão nos critérios de determinação do momento da segunda queda fisiológica (fase I) e do início da etapa de crescimento mais rápido (fase II) como também nas diferenças térmicas dos períodos equivalentes a cada uma delas.

Em 2006 os tratamentos foram os seguintes: T0 - irrigação plena em todas as fases de desenvolvimento dos frutos (100% ETc); T1 - irrigação plena (100% ETc) nas fases II e III e 40% da ETc na fase I; T2 - irrigação plena (100% ETc) nas fases I e III e 40% da ETc na fase II; T3 - irrigação plena (100% ETc) nas fases I e II e 40% da ETc na fase III; T4 - irrigação plena (100% ETc) nas fases II e III e 60% da ETc na fase I; T5 - irrigação plena (100% ETc) nas fases I e III e 60% da ETc na fase II; T6 - irrigação plena (100% ETc) nas fases I e II e 60% da ETc na fase III; T7 - irrigação plena (100% ETc) nas fases II e III e 80% da ETc na fase I; T8 - irrigação plena (100% ETc) nas fases

I e III e 80% da ETc na fase II; T9 - irrigação plena (100% ETc) nas fases I e II e 80% da ETc na fase III.

Com a mudança implementada em 2007, os tratamentos foram: T1 – sem irrigação; T2 - irrigação plena em todas as fases de desenvolvimento dos frutos (100% da ETc); T3 – irrigação plena (100% da ETc) nas fases II e III e 60% da ETc na fase I; T4 - 100% da ETc nas fases I e III e 60% da ETc na fase II; T5 - 100% da ETc nas fases I e II e 60% da ETc na fase III; T6 - 100% da ETc nas fases II e III e 30% da ETc na fase I; T7 - 100% da ETc nas fases I e III e 30% da ETc na fase II; T8 - 100% da ETc nas fases I e II e 30% da ETc na fase III.

Na microaspersão, para a reposição de água ao solo, foi utilizado um emissor autocompensante marca Dan Turbo Jet com bocal verde de 1,4 mm e vazão de 56 L h<sup>-1</sup>, por planta. As lâminas correspondentes a 30, 40, 60, 80 e 100% da ETc foram aplicadas variando o tempo de irrigação em diferentes registros. No sistema de irrigação por gotejamento foi utilizado, para a reposição de água ao solo, gotejadores autocompensante marca Plastro Katif, vermelho, com saída lateral e vazão de 4 L h<sup>-1</sup>, em número de 3, 4, 6, 8 e 10 por planta, respectivamente para os tratamentos equivalentes a 30, 40, 60, 80 e 100% da ETc, distribuídos em rabichos afastados cerca de 50 cm em volta do tronco da planta. A lâmina de irrigação no período foi determinada com base em coeficientes de cultura variando de 0,45 até 0,87 desde a floração até a maturação dos frutos, conforme Coelho *et al.* (2002a), Figura 9. Os valores de evapotranspiração de referência (ETo), utilizados em 2006, foram obtidos, em Tanque Classe A, na estação climatológica da Codevasf, em Ceraíma, e, no ano de 2007, em uma estação climatológica automática, através do método de Penman-Monteith. Os valores de coeficiente de localização (K<sub>l</sub>) foram calculados considerando a área sombreada pela planta ou a área molhada pelo emissor do sistema de irrigação, prevalecendo sempre o maior valor, conforme Bernardo *et al.* (2006). No presente trabalho os valores médio calculados foram de 0,80 na área sob gotejamento e de 0,70 na área sob microaspersão. As irrigações foram realizadas nos dias de 3<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, 5<sup>a</sup> e 6<sup>a</sup> feiras em função da disponibilidade de água nos canais do Perímetro Irrigado e o tempo diário de irrigação (Ti), em horas, aplicado a cada tratamento, foi determinado através da equação 1 (GOODWIN *et al.*, 2000).

$$T_i = \frac{ETc \times \%Rp \times E_1 \times E_2 \times K_l}{n \times q \times Ei} \times \left( \frac{7}{4} \right) \quad (01)$$

em que:

ETc - evapotranspiração da cultura, mm dia<sup>-1</sup>;  
 %Rp - porcentagem de reposição da ETc, decimal;  
 E<sub>1</sub> - espaçamento entre fileiras de manga, m;  
 E<sub>2</sub> - espaçamento entre plantas dentro da fileira, m;  
 n - numero de gotejador ou microaspersor por planta;  
 K<sub>l</sub> - coeficiente de localização, decimal; e  
 q - vazão do gotejador ou do microaspersor, L h<sup>-1</sup>.

Sob gotejamento o tempo foi calculado para aplicar a lâmina total com valor de n igual a 10 gotejadores e a porcentagem de reposição igual a 1(100% da ETc) variando o número de gotejadores para aplicar outros percentuais.

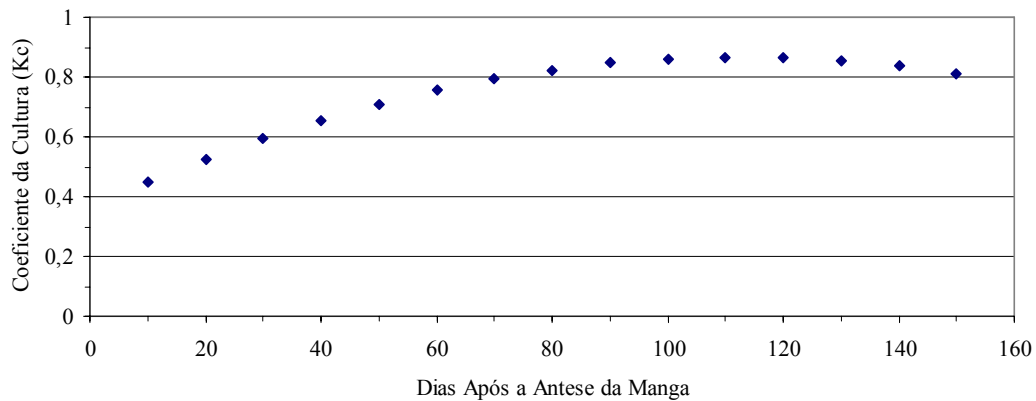


Figura 9. Valores de coeficientes da cultura utilizados no cálculo da quantidade de água aplicada na irrigação da mangueira.

O manejo da cultura da manga teve início logo após a colheita da safra de 2005, em dezembro daquele ano, com a execução de uma poda de abertura de copa seguido do início da irrigação, com a reposição de uma quantidade de água equivalente à evapotranspiração da cultura (ETc). No início de março de 2006 foi aplicado um regulador de crescimento sistêmico do grupo dos triazóis, conhecido como paclobutrazol (PBZ), que é um inibidor da síntese de giberelinas e tem sido usada para estimular a floração, promovendo a paralisação do crescimento vegetativo e reduzindo o alongamento da brotação. A dosagem utilizada foi da ordem de 1 g do principio ativo do produto por metro linear de diâmetro de copa da planta, conforme Albuquerque *et al.* (2002).

O estresse hídrico, visando evitar a emissão de fluxos vegetativos novos e uma maturação mais rápida e uniforme dos ramos existentes, para uniformizar o processo de

floração e produção do pomar, iniciou-se na primeira quinzena de maio de 2006, quando as irrigações foram interrompidas. Durante o período de restrição hídrica, aproximadamente 30 dias após o seu início, foram realizadas duas pulverizações com solução de nitrato de potássio a 5%, em todo o pomar, respectivamente na 3<sup>a</sup>. e 4<sup>a</sup>. semana de junho, com o objetivo de quebrar a dormência das gemas. No dia 18 de julho de 2006 o período de estresse hídrico foi interrompido com o início do manejo da irrigação com *déficits* regulados, conforme tratamentos já citados.

A adubação das plantas foi feita com base na análise do solo (Tabela 2), após o início da irrigação com *déficit* regulado. A primeira, a base de cloreto de potássio (100 g por planta) logo no início da fase I, a segunda, a base de sulfato de amônia (200 g por planta), sete dias depois, e a terceira, também a base de sulfato de amônia (200 g por planta), na mudança da fase I para a fase II.

Em 2007 o manejo da cultura seguiu praticamente o mesmo procedimento, sendo a poda, agora apenas de limpeza de restos florais e de brotos internos, realizada na segunda quinzena de dezembro de 2006, logo após a colheita da safra daquele ano. O regulador de crescimento (PBZ) foi aplicado no dia 23 de fevereiro, na ordem de 0,6 gramas de princípio ativo por metro linear de diâmetro da copa da planta. O período de estresse hídrico teve início no dia 13 de abril e terminou no dia 20 de junho com o início da irrigação com *déficit* regulado (RDI), seguindo os oito tratamentos já descritos anteriormente. As pulverizações com solução de nitrato de potássio a 5%, durante o período de estresse hídrico, foram em número de três, realizadas nos dias 14, 21 e 31 de maio.

As adubações, em proporção semelhantes as de 2006, foram em número de três, sendo a primeira, à base de cloreto de potássio (100 g por planta), realizada em 29 de junho, a segunda, a base de adubo foliar (cálcio-boro), dez dias depois, e a terceira, a base de sulfato de amônia (250 g por planta), no dia 7 de agosto.

Quando necessário, foram realizadas pulverizações com inseticidas e fungicidas para o controle de pragas e doenças, bem como de herbicidas para o controle de ervas daninhas.

### **3.3. Umidade do solo**

#### **3.3.1. Calibração do equipamento de TDR**

A calibração consiste em fazer uma relação entre as leituras de constante dielétrica aparente obtidas no aparelho TDR 100 e a umidade do solo  $\theta$  ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ). Para a obtenção desta relação é necessário a calibração de guias de onda (sondas) acopladas à TDR, que permitem a realização das leituras, para cada tipo de solo.

Neste trabalho foram utilizadas amostras deformadas, retiradas a 25 e a 50 cm de profundidade, e amostras indeformadas, retiradas a 25, 50, 75 e 100 cm de profundidade, na área experimental, sendo três repetições em cada profundidade. As amostras deformadas foram destorroadas, seca em estufa e peneiradas, sendo em seguida acondicionadas em seis tubos de PVC (três para cada profundidade) de 0,17 m de comprimento por 0,075 m de diâmetro nominal, até uma altura de 0,13 m dentro do tubo, de maneira a se obter uma densidade de  $1,3 \text{ g cm}^{-3}$ . Para evitar a perda de solo na parte inferior utilizou-se uma tela de nylon fina juntamente com papel filtro presa ao tubo com fita adesiva (Figura 10). Todo o conjunto foi pesado antes e depois do acondicionamento do solo, anotando-se os respectivos pesos.

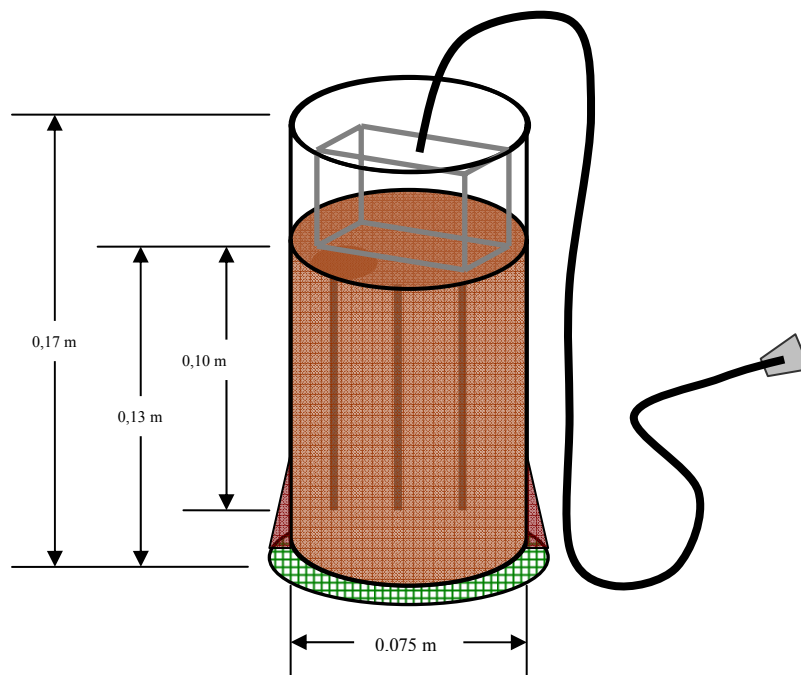


Figura 10. Esquema de montagem das guias de ondas nas amostras de solo para acompanhamento das leituras da TDR e da umidade do solo por gravimetria.

As amostras indeformadas foram retiradas utilizando-se segmentos de tubos de PVC como já descritos, identificados e previamente pesados, com uma das extremidades em bisel, que foram introduzidos no solo, nas profundidades especificadas, em uma trincheira de um metro de profundidade por 0,60 m de largura e 0,80 m de comprimento, previamente escavada na área. Após irrigação do local, para

facilitar a introdução do tubo, o lado em bisel foi introduzido no solo, com auxílio de um pedaço de madeira e de uma marreta, formando um ângulo de noventa graus com a parede da trincheira. Concluída a retirada, as amostras indeformadas tiveram também uma das extremidades revestidas por tela de nylon e papel filtro para evitar a perda de solo. Na seqüência todas as amostras foram colocadas em saturação por 24 horas.

As guias de ondas (sondas de TDR) utilizadas foram construídas no laboratório de Irrigação e Fertirrigação da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, com três hastes de 0,003 m de diâmetro e 0,10 m de comprimento, espaçadas de 0,022 m, isoladas com resina epóxi, com cabos coaxiais de 1,5 m de comprimento. Foram também identificadas, pesadas e inseridas nas colunas com solo saturado, que por sua vez, foram pesadas e colocadas a secar em condições naturais (Figura 11).

As leituras das umidades (constante dielétrica), desde a saturação até valores próximos ao ponto de murcha, foram obtidas diariamente utilizando-se o aplicativo “PCTDR”. Após cada leitura os segmentos de tubo contendo solo e guia de onda, para os dois tipos de amostras, eram pesados e os valores anotados (Figura 11)



Figura 11. Seqüência de fotografias ilustrando o processo de calibração de guias de ondas utilizadas na TDR, para a determinação do teor de água do solo.

Os valores das umidades volumétricas ( $\theta_v$ ) eram determinados a cada leitura da TDR, com a equação 2:

$$\theta_i = \frac{PU_i - PS}{PS - PE} \cdot \frac{d_s}{d_a} \quad (2)$$

em que:

$PU_i$  – peso do solo com úmidade atual + PE, g;

$PE$  – Peso da coluna de PVC+Peso da guia de onda+envoltório (tela e papel), g;

$PS$  – Peso do solo seco + PE, g;

$d_s$  – densidade do solo, g cm<sup>-3</sup>;

$d_a$  – densidade da água, g cm<sup>-3</sup>.

O modelo que melhor ajusta os dados de umidade volumétrica e os de constante dielétrica aparente é o polinomial cúbico, por apresentar melhor desempenho conforme Coelho *et al.* (2006).

Os resultados de umidade medida por gravimetria e estimada pelos modelos de calibração da sonda de TDR, foram comparados através de uma regressão linear simples, para amostra deformada e indeformada, nas profundidades de 25 e 50 cm.

### 3.3.2. Balanço de água no solo

A umidade do solo foi determinada em vários pontos de dois planos verticais perpendiculares entre si (Trincheiras). O principal, de 1,0 x 1,0 m em uma malha de 0,25 x 0,25 m, iniciava-se no troco da planta e era transversal às linhas de plantio e o secundário, de 0,75 x 0,75 m, também em malha de 0,25 x 0,25 m, iniciava-se no tronco da planta e era longitudinal à linha de plantio. As trincheiras foram feitas tanto para plantas espaçadas de 8 x 8 m (irrigadas por microaspersão) como para plantas espaçadas de 8 x 4m (irrigadas por gotejamento). As sondas de TDR foram instaladas horizontalmente nos diversos pontos da malha, de maneira a se obter a umidade em todo o plano, conforme ilustram as Figuras 12 e 13.

Essa parte do trabalho foi desenvolvida nos tratamentos T2, T3, T4 e T5, sempre avaliando um tratamento sob *déficit* e o T2, ou seja, sempre duas plantas monitoradas simultaneamente, na fase I, II e III de desenvolvimento do fruto.

As leituras do teor de água no solo foram realizadas automaticamente, a partir de sondas de TDR acopladas a multiplexadores e estes a um conjunto TDR/“datalogger”, sendo as leitura de umidade efetuada pela TDR e armazenada pelo “datalogger” com freqüência de 15 minutos, durante três ciclos de irrigação, para as três fases avaliadas. Todo o procedimento foi feito com e sem cobertura da área sombreada pela planta,

objetivando desta maneira ver a contribuição da evaporação no processo de evapotranspiração da cultura.

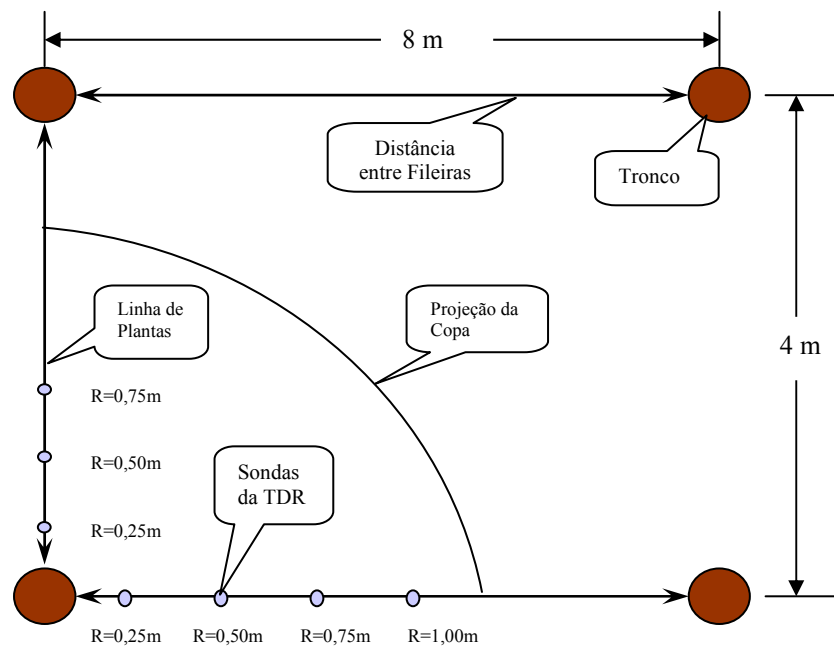


Figura 12. Croquis mostrando a distribuição espacial das sondas de TDR em relação às plantas, para mangueiras sob irrigação por gotejamento.

A partir dos teores de água determinados nos perfis, foram traçados mapas com isolinhas de umidade uma hora antes e uma hora depois de cada irrigação.

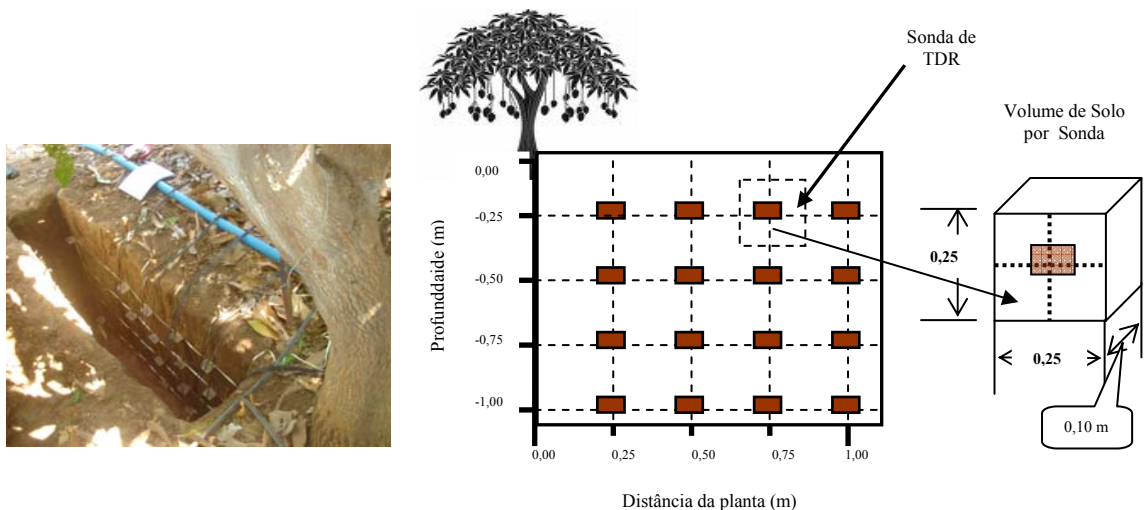


Figura 13. Esquema da montagem das sondas de TDR para monitoramento da umidade na região do sistema radicular da mangueira.

O armazenamento de água no solo foi determinado através do método do trapézio nos diferentes pontos horizontais ( $R_n$ ) do volume de controle de umidade, ou

seja, a 0,25 m, 0,50m, 0,75m e 1,0m do tronco da mangueira de acordo com a equação 3 (LIBARDI, 1995):

$$h_L = \int_0^L \theta(Z) dz = [0,5 \times \theta(Z_i) + \sum_{i=1}^{n-1} \theta(Z_i) + 0,5 \times \theta(Z_n)] \times \Delta z \quad (3)$$

em que:

$h_L$  – armazenamento de água no solo, cm;

$\theta$  – umidade média do perfil do solo considerado,  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ;

$\Delta z$  – espessura da camada de solo, cm.

A variação do armazenamento de água em cada dia foi obtida pela equação 4.

$$\Delta h = h_t - h_{t-1} \quad (4)$$

em que:

$\Delta h$  – variação do armazenamento de água no solo, cm;

$h_t$  – armazenamento de água no perfil do solo no instante t, cm;

$h_{t-1}$  – armazenamento de água no perfil do solo no instante t-1, cm.

O movimento vertical de água no solo (drenagem profunda ou ascensão capilar) em cada posição ( $R_n$ ,  $Z_n$ ), localizada logo abaixo da profundidade efetiva das raízes, foi calculada pela somatória dos componentes de drenagem ou ascensão de cada distância  $R_n$  do tronco, sendo estes componentes obtidos através da integração do fluxo de água ( $q$ ), medida em intervalos de uma hora, desde o tempo (j+1) até (j+2), utilizando-se para isto, a equação 5:

$$MV = \int_{j+1}^{j+2} q dt \quad (5)$$

em que:

$MV$  – movimento vertical de água no solo, cm;

$$q = \frac{\theta - \theta'}{t} \times \frac{V}{A} \quad (6)$$

em que:

$q$  – fluxo de água através do volume representado pela sonda de TDR,  $\text{cm h}^{-1}$ ;

$\theta$  – umidade no volume de solo (V) num instante t (horas),  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ;

$\theta'$  – umidade no volume de solo (V) num instante t+1(horas),  $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ;

$V$  – o volume da seção onde a sonda esta inserida no solo (25 x 25 x 10cm);

$A$  – a área da seção onde a sonda esta inserida no solo (25 x 25 cm);

$t$  – intervalo de tempo (1h).

Considerou-se a altura de 1 m no perfil do solo como a profundidade efetiva das raízes com base em trabalho conduzido por Choudhury e Soares (1992) que encontraram que 68% das raízes de absorção e 86% das raízes de sustentação localizam horizontalmente até 2,6 metros da planta e verticalmente até 1 metro de profundidade, para manga cultivar Tommy Atkins. Também serviu de suporte o trabalho de Coelho *et al.* (2001b) onde encontraram que as raízes da mangueira se limitam a 3,5 m do tronco e 1,4 m de profundidade em tabuleiros costeiros. A decisão foi ainda reforçada por Oliveira *et al.* (2001) que encontraram uma distribuição de mais de 70% das raízes da mangueira até a profundidade de 0,70 m em Teresina, PI.

O conteúdo de água aplicado no pomar foi medido através do controle da irrigação, e a lâmina de água infiltrada a cada distancia “R” do tronco da planta foi medida pela integral das diferenças entre as umidades tomadas após a irrigação ( $\theta_{j+1}$ ) e antes de uma irrigação ( $\theta_j$ ) nos pontos “Z” do perfil do solo conforme equação 7.

$$LTI = \int_0^L \theta_{j+1}(Z) - \theta_j(Z) dz \quad (7)$$

em que:

*LTI* – lâmina total infiltrada durante a irrigação, cm.

A Figura 14, que mostra o gráfico de umidade ao longo do tempo, para cada posição do plano vertical, ilustra o procedimento, onde é tomado um tempo imediatamente antes da irrigação (*j*), um tempo correspondente aquele em que a água de irrigação teria atingido a posição mais profunda do plano (*j+1*) e um tempo final antes da próxima irrigação (*j+2*). A diferença entre as umidades tomadas antes de uma irrigação ( $q_j$ ) e após a irrigação ( $q_{j+1}$ ), permitiu a determinação da lâmina da água total infiltrada (*LTI*) no tempo (*j+1*) – (*j*).

Devido à elevação do lençol freático, após o início da irrigação no Perímetro, onde ainda predomina o método por superfície, não foi possível desconsiderar a ascensão capilar no balanço hídrico do solo. O escoamento superficial (R) foi desprezado por ser a área praticamente plana e não houve chuva no período de estudo (P = 0), portanto, toda água infiltrada no solo foi proveniente da irrigação (I). Dessa forma, o balanço hídrico no solo na zona radicular da cultura da mangueira pôde ser representado pela relação matemática das entradas e saídas de água no volume de solo explorado pelas sondas de TDR, descrito pela equação 8.

$$ETc = I \pm MV \pm \Delta h \quad (8)$$

em que:

$ETc$  – evapotranspiração da cultura, mm;

$I$  – quantidade de água aplicada na irrigação, mm;

$MV$  – movimento vertical de água no solo, mm;

$\Delta h$  – variação do armazenamento de água no solo, mm.

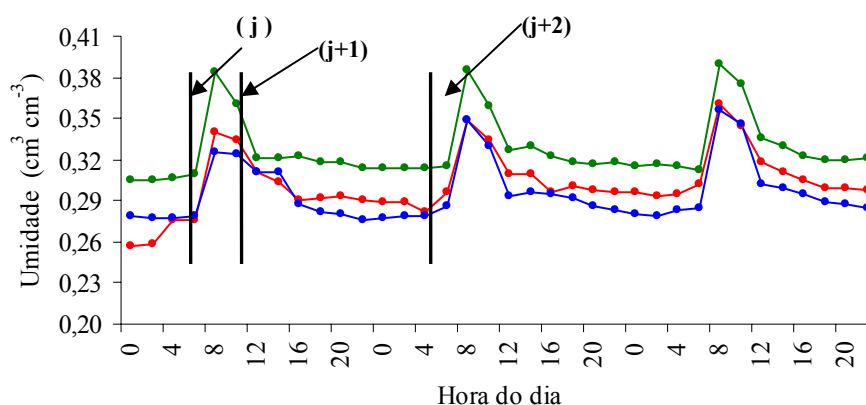


Figura 14. Esquema da distribuição da umidade no solo, durante o período de irrigação, apontando os tempos  $(j)$ ,  $(j+1)$  e  $(j+2)$ .

### 3.3.3. Uso de tensiômetros

Outra maneira de acompanhar indiretamente a umidade do solo com o objetivo de constatar condições de *déficit* hídrico foi instalar tensiômetros a 30 cm de profundidade e a 50 cm de distância do tronco da mangueira.

Foram usados oito tensiômetros com colunas de mercúrio, sendo quatro na área irrigada por microaspersão e quatro na área irrigada por gotejamento. Eles foram instalados no dia 25 de junho de 2007, logo após o início das irrigações, na Fase I de crescimento do fruto. Os tratamentos contemplados foram: T1 (sem irrigação), T2, com irrigação completa (100% de  $ETc$ ), T3 (RDI com 60% da  $ETc$  na FI) e T6 (RDI com 30% da  $ETc$  na FI). Em 09/08 com a mudança da Fase I para Fase II, o tensiômetro do tratamento T3 foi mudado para o T4 (RDI com 60% da  $ETc$  na FII) e o tensiômetro de T6 foi para o T7 (RDI com 30% da  $ETc$  na FII). Finalmente, em 10/09, com a mudança da FII para FIII, o tensiômetro do T4 foi mudado para o T5 (RDI com 60% da  $ETc$  na FIII) e o tensiômetro de T7 foi para o T8 (RDI com 30% da  $ETc$  na FIII). As mudanças foram feitas tanto na área irrigada por microaspersão quanto na área irrigada por

gotejamento, em apenas um dos tratamentos. As leituras foram feitas duas vezes por semana, sendo antes (2ª. feira) e depois (6ª. feira) do período de irrigação.

A instalação dos tensiômetros foi conforme a Figura 15 e a tensão com que a água está retida no solo (potencial matricial), em unidade de carga hidráulica, é fornecida pela equação 9.

$$\psi_m = -12,6 \times h_{Hg} + h_1 + h_2 \quad (9)$$

em que:

$\psi_m$  = tensão de água no solo (potencial matricial), cm de H<sub>2</sub>O;

$h_{Hg}$  = altura da coluna de mercúrio a partir do nível da cuba, em cm de Hg;

$h_1$  = altura do nível da cuba em relação à superfície do solo, cm;

$h_2$  = profundidade da cápsula porosa em relação à superfície do solo, cm.

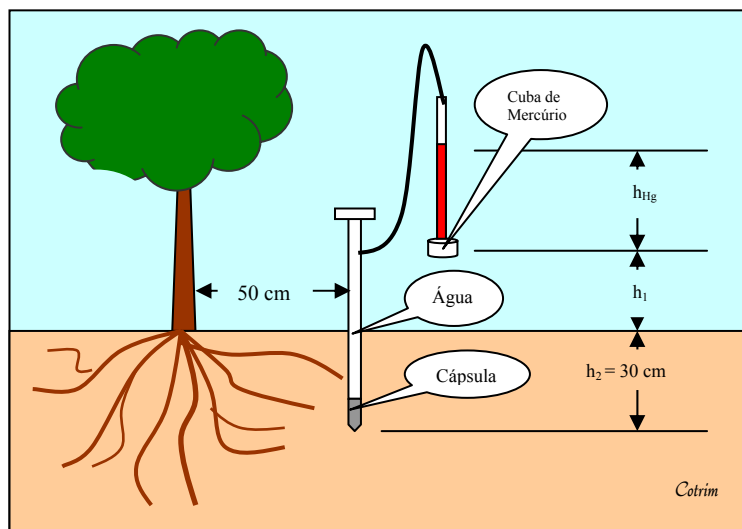


Figura 15. Esquema de instalação dos tensiômetros mostrando parâmetros utilizados no cálculo do potencial matricial.

### 3.4. Avaliações Fisiológicas

#### 3.4.1. Transpiração da mangueira

##### 3.4.1.1. Calibração da sonda de dissipação térmica

Para a calibração da sonda de dissipação térmica, utilizou-se um sensor com 2 cm de comprimento que foi instalada em uma planta com aproximadamente dois anos de idade, implantada em um tambor de 120 litros. A planta com altura aproximada de 2 metros, apresentava diâmetro do tronco variando entre 4 e 6 cm e área foliar de 1,59 m<sup>2</sup>. Todo o conjunto (planta e tambor) foi colocado sobre um lisímetro (plataforma de

pesagem) constituído a partir da montagem de uma célula de carga de 140 kg entre duas chapas de aço com dimensões de 30 x 30 cm (Figura 16). Para a calibração do lisímetro de pesagem padrões de 1 kg de peso foram colocados sobre o lisímetro em seqüência até atingir o peso de 12 kg, registrando ao mesmo tempo as leituras do lisímetro e os respectivos pesos. Para que o lisímetro medisse apenas a transpiração a parte superior do tambor (superfície do solo) foi completamente revestida com lona plástica e papel alumínio, evitando perdas de água por evaporação durante as medições.

O sensor foi instalado conforme Figura 17 e completamente isolado com neoprene e papel alumínio para evitar interferência externa no gradiente natural de temperatura do tronco da planta. Os dados de diferença de temperatura entre as sondas dos sensores com e sem aquecimento, pesagens da célula de carga e radiação solar foram armazenados a cada 30 minutos em um “datalogger” CR10X Campbell SCi, entre os dias 05 e 14/08/2008.



Figura 16. Montagem do lisímetro para calibração da sonda de dissipação térmica utilizada na estimativa do fluxo de seiva.

O fluxo de seiva da planta foi calculado pela diferença de massa medida continuamente pelo lisímetro de pesagem durante os vários dias de duração da calibração. A estimativa do fluxo de seiva através do Método de Dissipação Térmica seguiu a metodologia recomendada por Granier (1985), conforme as equações 10, 11 e 12, apresentadas no subitem seguinte.

Os dados de fluxo de seiva calculado e estimado foram comparados através de uma regressão linear simples.

#### 3.4.1.2. Estimativa do fluxo de seiva

Para a estimativa da densidade de fluxo de seiva em,  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ , foram instalados sensores do método de dissipação térmica (MDT) em galhos de dezesseis mangueiras, sendo as oito primeiras mangueiras correspondentes aos oito tratamentos da área irrigada por microaspersão e as oito últimas correspondentes aos oito tratamentos da área irrigada por gotejamento. Além destes 16 sensores com aquecimento, foram instalados três sensores sem aquecimento, para medição do gradiente térmico natural dos troncos, ao longo do experimento, a ser usado posteriormente na correção do fluxo de seiva estimado pela equação de *Granier*.

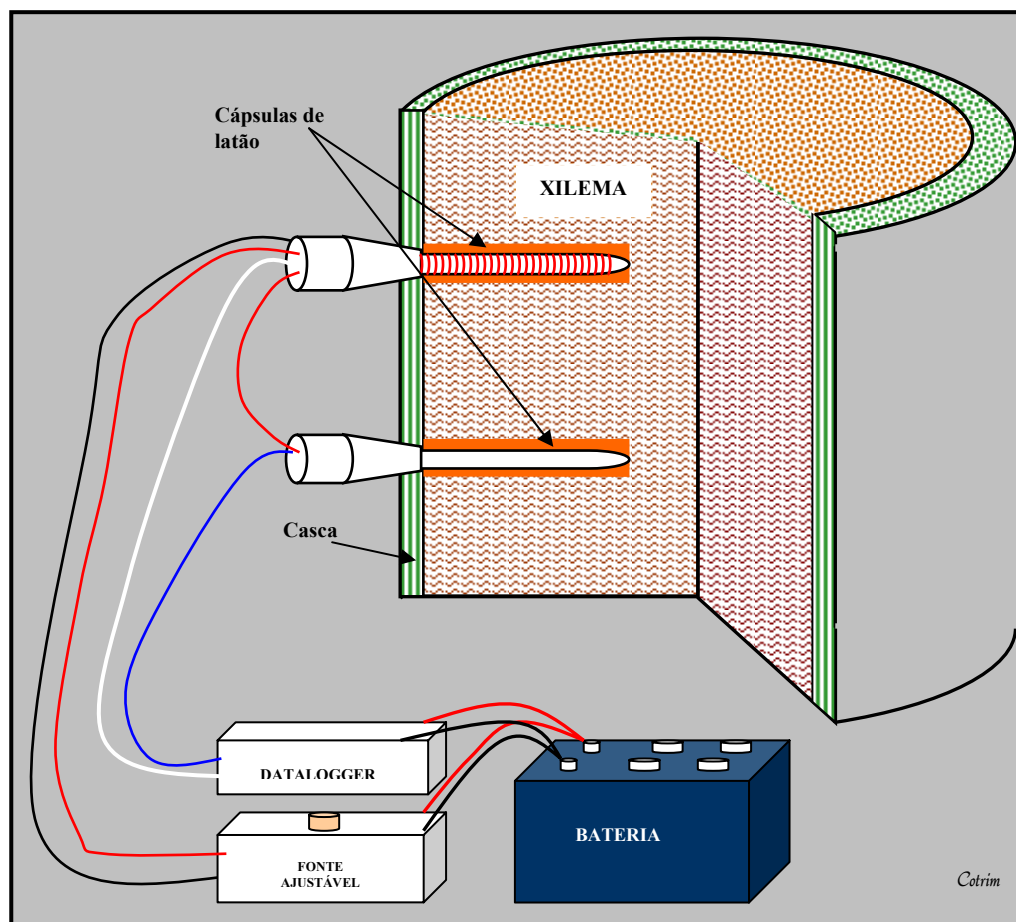


Figura 17. Esquema ilustrativo da montagem dos sensores do Método de Dissipação Térmica (MDT) no tronco da mangueira.

Os sensores usados foram confeccionados no laboratório de Irrigação e Fertirrigação da EMBRAPA Mandioca e Fruticultura Tropical (COELHO FILHO *et al.*,

2006; VELLAME, 2007), sendo cada um deles composto por uma sonda aquecida à potência constante de 0,1 W, por centímetro de comprimento da sonda, e por uma sonda não aquecida (sonda de referência), que possui internamente um termopar, conforme Figura 18. As sondas utilizadas nos sensores foram de 2 cm de comprimento, necessitando, portanto de uma potência de 0,2 W para o aquecimento. Na confecção de cada sensor de dissipação térmica (SDT) foram utilizadas duas agulhas hipodérmicas com diâmetro de 1,6 mm, interligadas por um termopar composto por dois fios de cobre (10 cm cada) e um fio de “constantana” (18 cm) com diâmetro de 0,5 mm. Na parte aquecida foi introduzido um fio de “constantana” de 0,5 mm de diâmetro por 25 cm de comprimento, através da agulha, enrolando uma das extremidades em forma de espiral sobre a parte externa do cilindro da agulha e revestindo em seguida com resina, deixando extremidades de 2 a 3 cm para serem ligadas à fonte de aquecimento com voltagem regulável. Para a fixação do termopar e do fio de aquecimento nas agulhas a parte interna do cilindro da mesma foi preenchida também com resina. As extremidades do termopar, nas cores azul e branca, são utilizadas para transmitir o sinal de volta para o "datalogger", por diferença de temperatura.

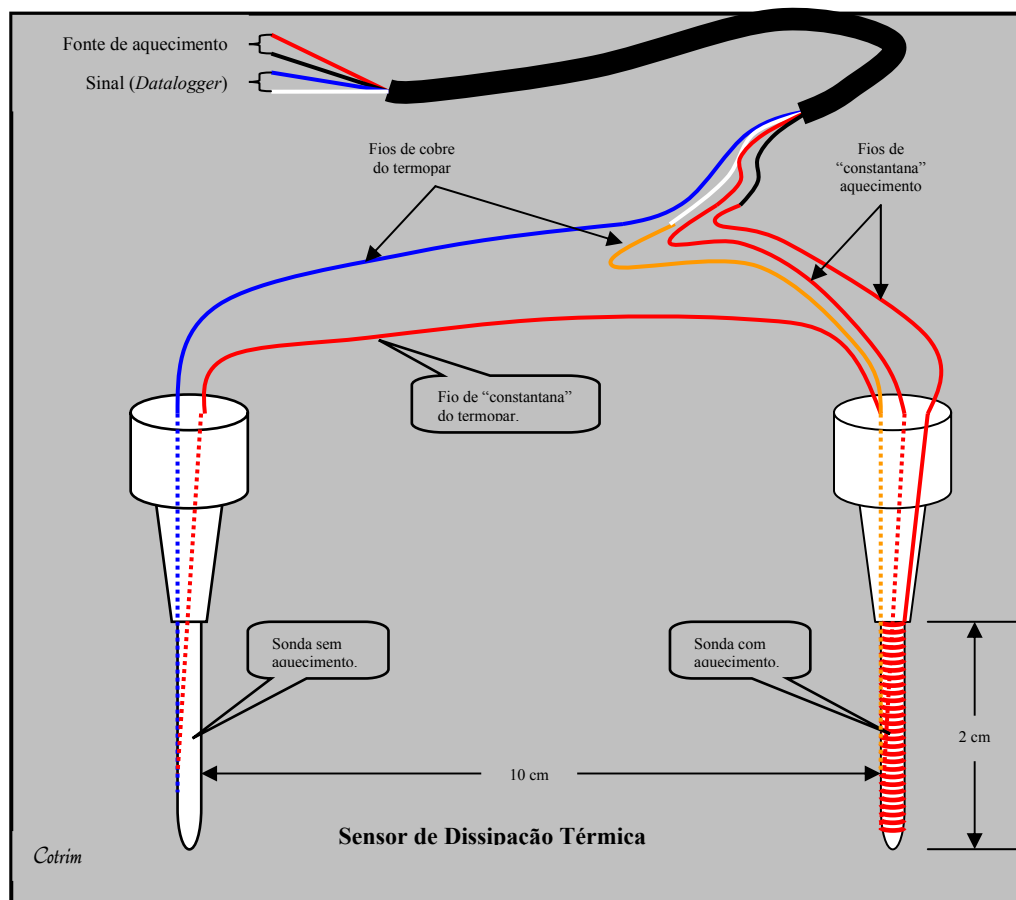


Figura 18. Esquema de confecção do sensor de dissipação térmica (SDT) utilizado na estimativa do fluxo de seiva.

As sondas com dois centímetros de comprimento foram introduzidas no tronco da mangueira, em orifícios efetuados por uma furadeira, distantes 10 cm um do outro, revestidos por um cilindro de latão de 3 mm de diâmetro por 2 cm de comprimento, conforme Figura 17. O espaço existente entre as sondas e os cilindros de latão foi preenchido com pasta térmica visando um melhor contato para facilitar a percepção da temperatura pelo sensor.

Para registro dos dados de diferença de temperatura entre as sondas dos sensores, com e sem aquecimento, e da radiação solar foi utilizado um conjunto composto por “datalogger” (CR10X Campbell SCi) e um multiplexador (AM 416 Relay Multiplexer, Campbell Sci). O “datalogger” serviu para armazenar, a cada 15 minutos, a média dos sinais emitidos a cada segundo pelos sensores utilizados para determinação do fluxo de seiva das árvores e o multiplexador para a ampliação dos canais de recepção dos referidos sinais.

Para corrigir o efeito dos gradientes térmicos naturais no caule, as diferenças térmicas foram medidas em três sensores não aquecidos durante todo o período de coleta de dados para a medição de fluxo de seiva (07/08/07 até 20/10/07). Os 16 sensores aquecidos foram desligados do aquecimento por dois períodos de cinco e oito dias respectivamente em setembro e outubro de 2007. Os dados de gradientes térmicos naturais dos três sensores não aquecidos foram comparados com os gradientes térmicos naturais gerados em cada um dos 16 sensores durante o período sem aquecimento. A partir daí foram gerados modelos de estimativa dos gradientes térmicos naturais dos sensores com aquecimento em função dos gradientes térmicos naturais dos sensores não aquecidos para cada sensor individualmente.

As diferenças térmicas geradas pelos sensores aquecidos foram corrigidas através da Equação 10.

$$\Delta T = \Delta T_{medido} - \Delta TN_{estimado} \quad (10)$$

em que:

$\Delta T$  - diferença térmica corrigida (°C);

$\Delta T_{medido}$  - diferença térmica medida entre as sonda do sensor aquecido, °C;

$\Delta TN_{estimado}$  - diferença térmica natural estimada através de correlação entre valores observados nos sensores não aquecidos e valores observados nos sensores aquecidos, quando desligado o aquecimento, °C.

A relação entre o fluxo de seiva na planta ( $F$ ) e a razão entre diferenças de temperatura das sondas dos sensores instalados no tronco ( $K$ ), foi desenvolvida de maneira empírica por Granier (1985) através da equação 11.

$$F = 118,99 \times 10^{-6} \times K^{1,231} \times AS \quad (11)$$

em que:

$F$  – fluxo de seiva,  $m^3 s^{-1}$ ;

$AS$  – área do xilema,  $m^2$ ;

$$K = \left( \frac{\Delta TM - \Delta T}{\Delta T} \right) \quad (12)$$

em que:

$\Delta TM$  - diferença máxima de temperatura obtida pelo sensor no dia, °C.

No presente estudo a área condutora do caule (área do xilema) foi determinada com base no diâmetro interno ( $D_{int}$ ) da mesma determinado por Vellame (2007) através da utilização do método destrutivo com aplicação de corantes em vários troncos e ramos de mangueira com diferentes diâmetros externos ( $D_{ext}$ ), conforme equação 13.

$$D_{int} = 0,8746 \times D_{ext} \quad (13)$$

Para o aquecimento da sonda superior dos sensores, através do fio de “constantana” enrolado na parte externa da agulha, foram utilizadas fontes de tensão ajustável que forneciam energia na voltagem calculada de acordo com a conexão dos sensores em cada uma delas. Diante do limite de 12 volts por fonte (uso de bateria), do número de 16 sensores a serem instalados e da potência dissipada de 0,2 W por sonda, concluiu-se da necessidade de 3 fontes a partir da medição da resistência elétrica total das sondas (multímetro) e do cálculo da tensão a ser aplicada de acordo com a equação 14, derivada da lei de Ohm.

$$V = \sqrt{P \times R} \quad (14)$$

em que:

$V$  – voltagem a ser fornecida pela fonte ajustável, volts;

$P$  – potência equivalente de aquecimento do sensor de 2 cm, wats;

$R$  – resistência equivalente na distribuição das sondas de aquecimento, ohms.

A distribuição de sensores por fonte ajustável, com a respectiva voltagem de cada fonte, seguiu o esquema mostrado na Figura 19.

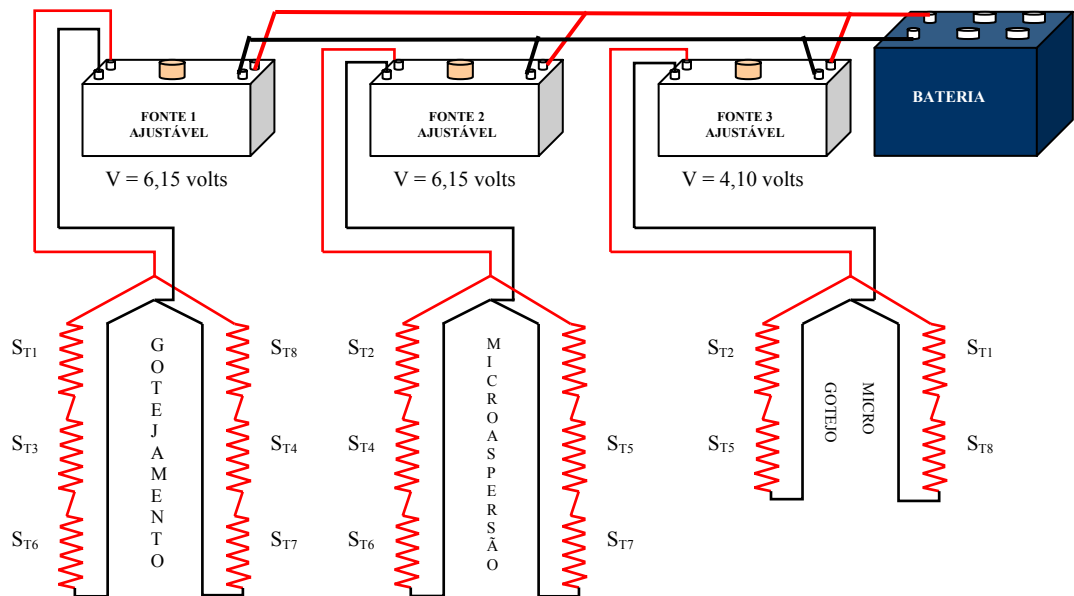


Figura 19. Distribuição dos sensores por fonte entre os tratamentos sob gotejamento e sob microaspersão.

A área foliar dos ramos onde foram instalados os sensores de dissipação térmica e também de toda a mangueira correspondente ao tratamento foi determinada a partir da contagem do número de folhas e da estimativa de uma área média por folha. Esta foi determinada medindo-se o maior comprimento e a largura de trezentas folhas colhidas de aproximadamente 30 plantas (33% do pomar) selecionadas ao acaso, de forma que contemplasse folhas de todos os tamanhos. A área foliar foi calculada de acordo com a equação 15 (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

$$AF = (C \times L \times 0,60) \times NTF \quad (15)$$

em que:

$AF$  – área foliar,  $m^2$ ;

$C$  – comprimento médio das folhas, m;

$L$  – largura média das folhas, m;

$NTF$  – número total de folhas da planta ou do ramo.

A determinação do fluxo de seiva foi simultânea ao balanço de água no solo para os tratamentos T2, T3, T4 e T5 das áreas irrigadas por microaspersão e gotejamento. Portanto, para estes tratamentos, pode-se verificar a contribuição da transpiração no processo da evapotranspiração (ETc), através da conversão dos valores de fluxo de

seiva ( $L \text{ dia}^{-1} \text{ planta}^{-1}$ ) em  $mm \text{ dia}^{-1}$ , dividindo-se o fluxo de seiva pela área ocupada por cada planta no pomar.

### 3.4.2. Potencial hídrico do ramo

Para avaliar possível déficit hídrico nas plantas, o potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem}$ ) foi medido semanalmente utilizando-se uma câmara de pressão do tipo descrito por Scholander *et al.* (1965), (Figura 20). As amostras foram compostas por três ramos em cada tratamento tanto na área irrigada por microaspersão como na área irrigada por gotejamento. Os ramos continham entre 5 e 10 folhas, apresentavam sempre entre 4 e 6 mm de diâmetro, com idade intermediária, retirados sempre em posição da copa exposta ao sol, entre 1,5 e 1,8 metros do solo, conforme procedimento realizado por Castro Neto *et al.* (2004).



Figura 20. Sequência de fotografias ilustrando a utilização da bomba de Scholander.

As medições iniciaram no dia 10/08/2007, a partir da disponibilização do aparelho, e foram realizadas a cada 8 dias, perfazendo um total de 8, sendo uma na fase I de crescimento do fruto, 4 na fase II e 3 na fase III. Foram executadas em dias típicos sem nebulosidade, para evitar instabilidades causadas por variações rápidas da radiação solar, entre 12 e 13 horas, quando normalmente ocorre o potencial foliar mínimo diário que indica o grau de desidratação máximo atingido pela planta num determinado dia.

Para Castro Neto *et al.* (2004), a determinação do potencial de água usando a câmara de pressão em plantas que apresenta seiva com látex é mais complicada, pois não há um ponto claro entre o término da exudação da seiva do floema e o início da exudação da água do xilema. A mangueira é considerada uma destas plantas, pois a sua seiva tem a consistência de látex. No trabalho supra citado os autores determinaram o potencial hídrico do ramo observando a exudação de látex (potencial de água da seiva - floema) e o início da exudação da água do xilema (potencial de água do xilema). Em seguida relacionaram estes dados com os valores de potencial de água no solo determinados concomitantemente. Encontraram que tanto o potencial de água da seiva (floema) quanto o potencial de água do xilema decresceram com a redução do potencial de água do solo. Entretanto, o potencial de água do xilema seguiu mais de perto a redução do potencial de água do solo, tornando-se um melhor indicador do potencial de água da planta.

Lima Filho (2004) também usou a câmara de pressão de Scholander para determinar o potencial de água da folha de mangueiras Tommy Atkins de 8 anos de idade em Petrolina. Um potencial foi determinado durante a saída de resina (látex) e outro a partir do momento que iniciava a saída de água. Foi utilizado um papel filtro para determinar o momento em que deixava de sair resina (látex) e passava a sair água, após a aplicação da pressão na câmara. A percepção se dava no momento em que as manchas escuras deixadas pela resina, no papel, tornavam-se clara, com a presença da água. Os resultados encontrados foram submetidos à regressão linear com dados de potencial de água na folha determinados por uma câmara psicrométrica. Os dados relacionados com a exudação de resina não apresentaram correlação significativa com  $R^2$  igual a 0,79 enquanto que aqueles relacionados à exudação de água apresentaram correlação significativa a 1% de probabilidade. Como correlação significativa entre resultados encontrados por estes métodos tem sido observada por vários autores, em plantas que não apresentam seiva em forma de resina (látex), sugere-se que o potencial de água na folha medido a partir do momento que inicia a saída de água através do limbo, é mais representativo do potencial de água da planta.

No presente trabalho, na determinação do potencial hídrico do ramo procurou-se observar o momento que a seiva expelida pela seção do ramo deixava de ser aquela substância espumosa com aspecto de látex e passava a ser uma substância mais aquosa e transparente, conforme observação de Castro Neto *et al.* (2004) e Lima Filho (2004).

Neste caso o experimento foi montado seguindo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas o tempo e nas subparcelas os tratamentos, no delineamento inteiramente casualizado e com três repetições. Os dados de potencial hídrico dos ramos ( $\Psi_{stem}$ ) de cada tratamento foram submetidos à análise de variância com comparação entre médias pelo teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

### **3.5. Produtividade e características avaliadas dos frutos**

Os frutos foram coletados colocados em caixas e levados para o Galpão da unidade experimental da Codevasf, onde foram selecionados por tamanho, contados e pesados.

Os tratamentos foram comparados quanto à produtividade obtida, pelo número total e peso de frutos comerciais dentro da escala comumente usada na comercialização dos frutos, variando de refugo (< 240g) aos tipos: 16 (241-280g), 14 (281-320g), 12 (321-370g), 10 (371-425g), 9 (426-470g), 8 (471-530g), 7 (531-600g).

As qualidades físicas dos frutos foram indicadas através de uma classificação utilizando o tamanho e o peso dos mesmos, adicionado ainda de uma análise qualitativa relacionada à forma e ao aspecto do fruto (forma e coloração), que foi realizada visualmente sem emprego de métodos destrutivos. Como indicador de qualidade química dos frutos foi considerado os sólidos solúveis totais (graus brix).

Durante o crescimento e desenvolvimento dos frutos foram medidos os diâmetros (maior e menor) e a altura de um fruto marcado em cada planta (tratamento), para caracterização dos estádios da frutificação e definição do momento de mudança de fases em cada tratamento aplicado. O ponto de colheita dos frutos foi obtido com avaliações periódicas da coloração da casca, da cor da polpa e da firmeza, mediante o emprego de amostragens nas plantas utilizadas como bordaduras.

Os sólidos solúveis totais foram determinados no laboratório da Escola Agrotécnica Federal Antônio José Teixeira, com o emprego de um refratômetro portátil modelo RT-280 Instrutherm.

Os dados de produtividade, quantidade de frutos por planta (tratamento) e peso médio dos frutos, foram submetidos à análise de variância em delineamento inteiramente casualizado e as médias foram comparadas pelo Teste de Tukey adotando-se nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao tamanho do fruto, os dados foram coletados segundo um esquema de parcelas subdivididas, sendo o tempo nas parcelas e os tratamentos nas subparcelas, também no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições sob gotejamento e quatro repetições sob microaspersão. Posteriormente foram submetidos à análise de variância com comparação entre médias através do teste de Tukey, também adotando-se o nível de 5% de probabilidade.

### 3.6. Eficiências do sistema com RDI

#### 3.6.1. Eficiência de irrigação

A eficácia de irrigação foi calculada considerando a lâmina bruta de água aplicada pela irrigação e a lâmina de água utilizada pela cultura (armazenada na zona radicular) através da seguinte relação (MERRIAN; KELLER, 1978).

$$Ei = \frac{L_U}{LBA} \times 100 \quad (16)$$

em que:

$Ei$  - eficácia de irrigação, %;

$L_U$  – lâmina de água utilizada (armazenada na zona radicular), mm;

$LBA$  – lâmina bruta aplicada na irrigação, mm.

#### 3.6.2. Eficiência de uso da água (EUA)

A eficácia de uso da água foi calculada em todos os tratamentos considerando a produtividade total dos frutos e a lâmina bruta de água aplicada através da irrigação, conforme a equação:

$$EUA = \frac{P}{LBA} \quad (17)$$

em que:

$EUA$  – eficácia de uso da água, kg m<sup>-3</sup>;

$P$  – produtividade total, kg ha<sup>-1</sup>;

$LBA$  – lâmina bruta de água aplicado através da irrigação, m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização do ambiente (clima e solo) durante o trabalho

As precipitações que ocorreram durante as épocas de condução do experimento foram raras. No período de 18 de julho a 07 de novembro de 2006, quando foi conduzido apenas o manejo da irrigação com déficit regulado na cultura da mangueira, precipitaram 104 mm de chuva, sendo 3 mm em setembro e 101 mm em outubro, atingindo as Fases II e III de crescimento do fruto. Já no período de 20 de junho a 11 de outubro de 2007, quando, além do manejo da irrigação com *déficit* regulado, foram acompanhados também a umidade do solo (TDR) e o fluxo de seiva nas plantas (SDT), não ocorreram precipitações (Figura 4). Dessa maneira, a demanda hídrica da mangueira foi suprida por meio da irrigação, utilizando-se os sistemas de microaspersão e gotejamento, conforme Figura 21.

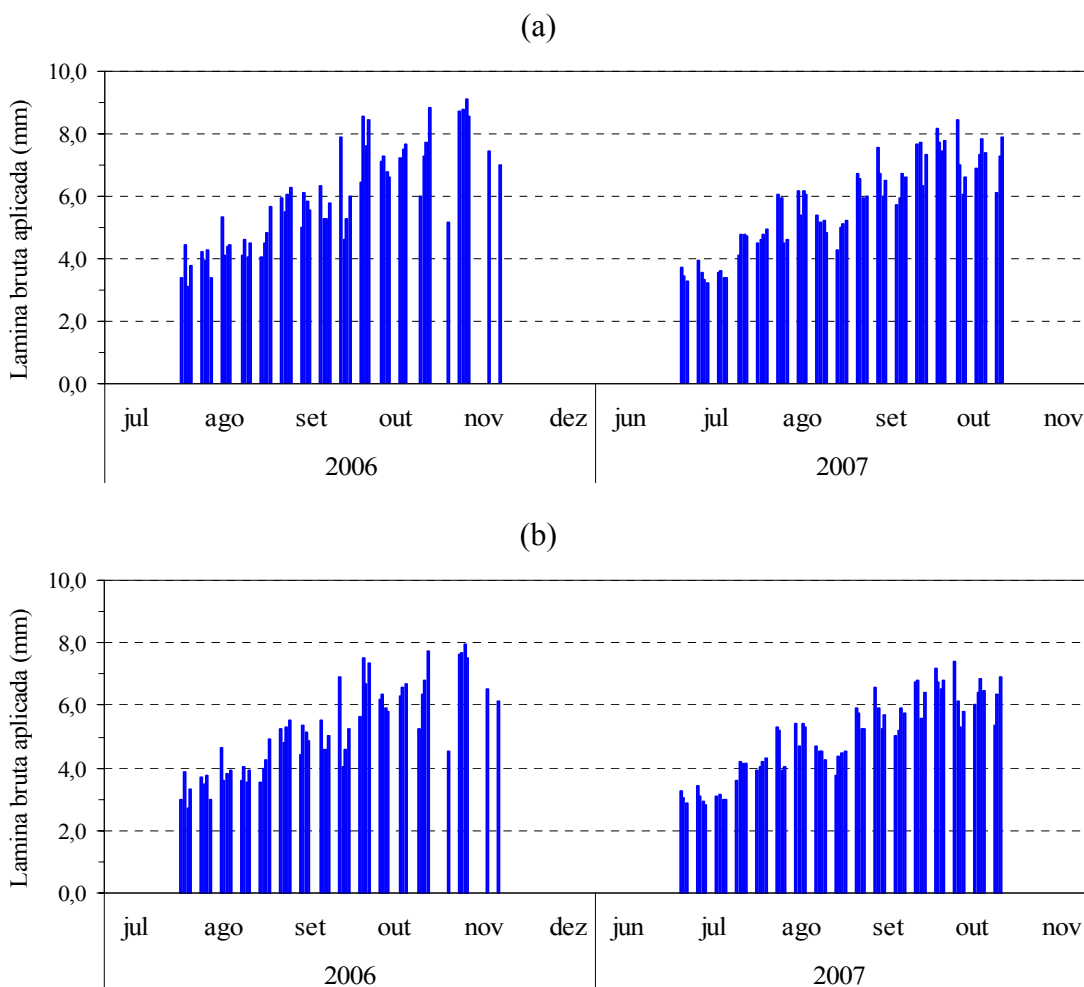


Figura 21. Lâmina bruta aplicada diariamente na irrigação da mangueira Tommy Atkins, com 100% da ETC, nos anos de 2006 e 2007, sob gotejamento (a) e sob microaspersão (b).

Pelas características texturais do solo, apresentadas na Tabela 2, percebe-se composição semelhante dentro de uma mesma área, nas profundidades analisadas. Entretanto há uma pequena mudança quando comparamos a área irrigada por microaspersão com a área irrigada por gotejamento. Com relação à densidade do solo e densidade das partículas do solo, além dos dados apresentados na Tabela 2, foi feita uma determinação mais detalhada, para amostras intermediárias, entre a área irrigada por microaspersão e por gotejamento, retiradas nas profundidades de 25, 50, 75 e 100 cm, no mês de outubro de 2007. Os dados são apresentados na Tabela 3 e ao analisá-los observas-se um decréscimo da densidade do solo com a profundidade do solo e um leve acréscimo da densidade das partículas no mesmo sentido.

Tabela 3. Densidade do solo e densidade das partículas em diferentes profundidades do solo da área experimental (Amostra intermediária).

Especificação	Profundidade da Amostra (cm)			
	25	50	75	100
Densidade do solo ( $\text{g cm}^{-3}$ )	1.61	1.56	1.33	1.31
Densidade das partículas ( $\text{g cm}^{-3}$ )	2.73	2.81	2.84	2.88

Com relação à retenção de água, a Figura 22 mostra a capacidade de retenção no solo das áreas irrigadas por microaspersão e por gotejamento, nas profundidades de 0 a 20 e de 20 a 40 cm, e de uma amostra intermediária entre as duas, nas profundidades de 40 a 60 e de 80 a 100 cm. Percebe-se uma capacidade de retenção de água ligeiramente superior no solo da área irrigada por microaspersão.

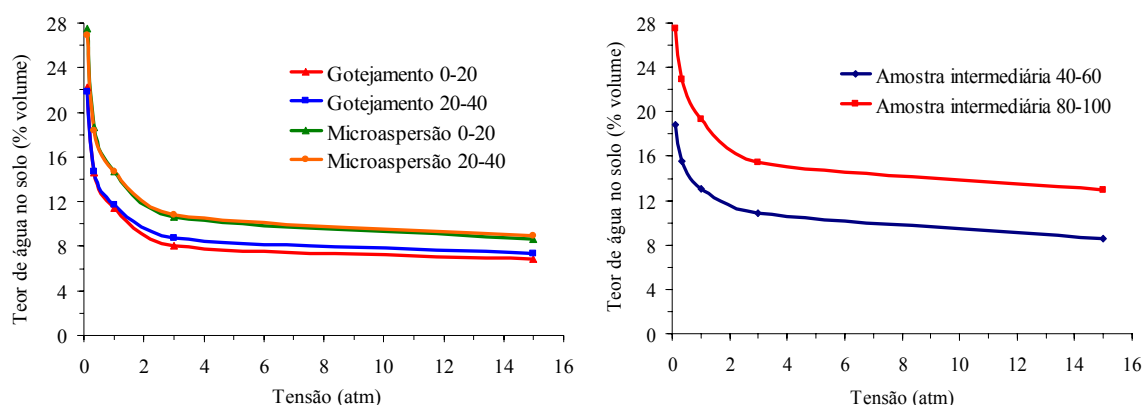


Figura 22. Curvas de retenção de água no solo da área experimental da EFAJAJT, em Ceraíma, com pontos observados para as profundidades de 0 a 20 e 20 a 40 cm, para área irrigada por microaspersão e gotejamento e de 40 a 60 e 80 a 100 cm para amostra intermediária entre as áreas.

Os teores de água no solo à capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, determinados em laboratório, considerando potenciais matriciais iguais a -10 e -1500 kPa, respectivamente, encontram-se na Tabela 4.

Apesar de um predomínio da fração areia no solo (Tabela 2) os valores de teor de água no solo, na capacidade de campo, são relativamente elevados, o que está relacionado à alta atividade da argila presente no solo. A capacidade de campo média (valor do teor de água no solo correspondente ao potencial matricial de -10 kPa) ficou próximo de  $0,24 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ , enquanto que o ponto de murcha permanente médio (valor do teor de água no solo correspondente ao potencial matricial de -1500 kPa), ficou próximo de  $0,094 \text{ cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ .

Tabela 4. Teor de água no solo à capacidade de campo e no ponto de murcha permanente, para as amostras analisadas.

Área amostrada	Profundidade (cm)	Capacidade de Campo ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ )	Ponto de Murcha Permanente ( $\text{cm}^3 \text{ m}^{-3}$ )
Gotejamento	0 a 20	0,22	0,07
	20 a 40	0,22	0,07
Microaspersão	0 a 20	0,27	0,09
	20 a 40	0,27	0,09
Intermediária	40 a 60	0,19	0,09
	80 a 100	0,28	0,13

#### 4.2. Calibração do equipamento de TDR

As guias de ondas utilizadas no equipamento de TDR foram calibradas para amostras deformadas (25 e 50 cm de profundidade) e para amostras indeformadas (25, 50, 75 e 100 cm de profundidade).

Os resultados comparando umidade medida e umidade estimada, pelo modelo polinomial cúbico, para amostras deformadas e indeformadas retiradas nas profundidades de 25 (**a** e **b**) e 50 (**c** e **d**) cm são apresentados na Figura 23.

Da análise de variância da regressão entre os dados de umidade medida por gravimetria e umidade estimada pela TDR (modelo de calibração) concluiu-se que, tanto para amostra indeformada como para amostra deformada, a regressão explicou significativamente a variável dependente (umidade estimada) em nível de 5% de probabilidade. Apesar desta condição, que avalia a calibração para os dois tipos de amostragem de solo, pode-se observar na Figura 23, que a calibração com amostra indeformada (**b** e **d**) apresentou maior precisão na estimativa da umidade, com um

coeficiente de linearidade da regressão, umidade estimada em função da umidade medida, mais próximo da unidade. Isto significa que um maior percentual da variação da umidade estimada é explicado pela regressão linear no caso da calibração com amostra indeformada.

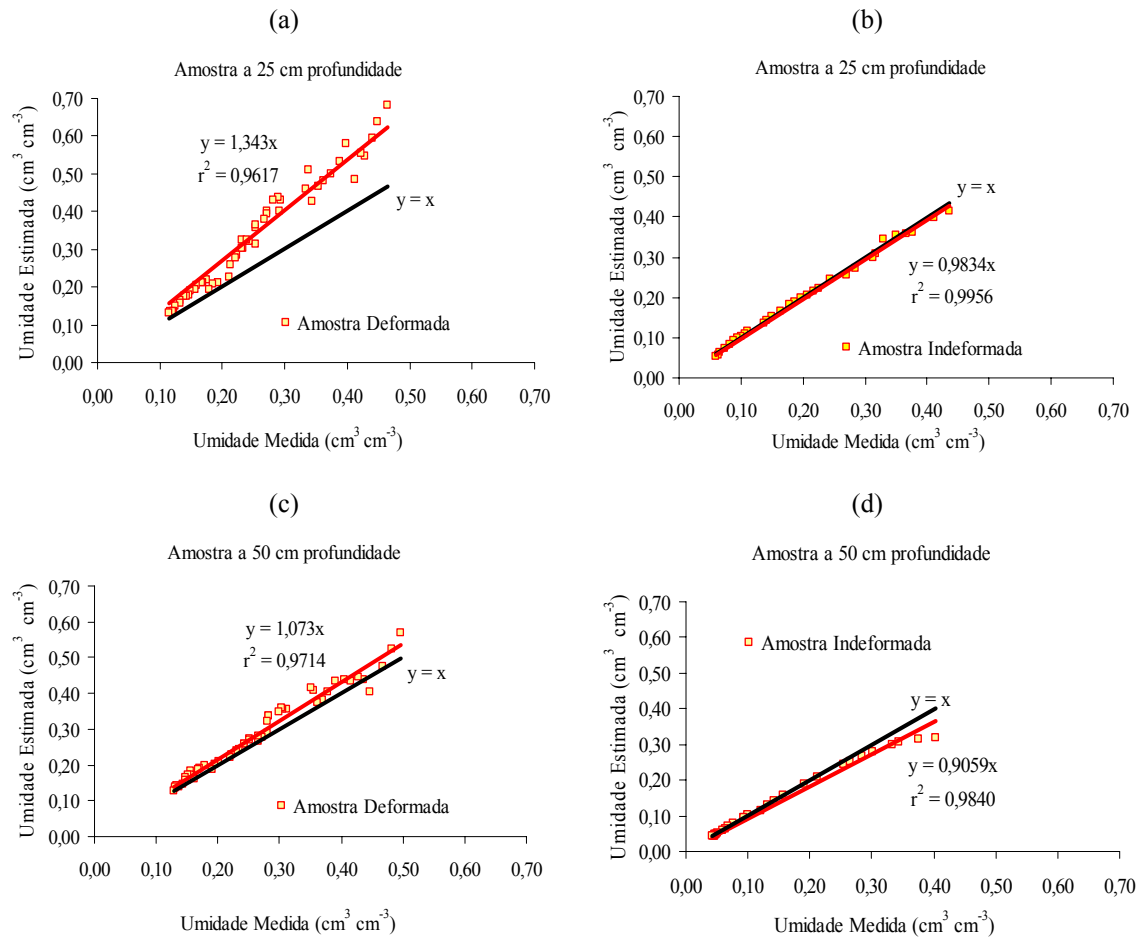


Figura 23. Comportamento da umidade média estimada para amostra deformada e indeformada, retiradas a 0,25 m de profundidade, respectivamente **a** e **b**, e a 0,50 m de profundidade, respectivamente **c** e **d**, em relação à umidade medida por gravimetria.

Diante dos resultados encontrados, optou-se por utilizar as equações do modelo polinomial cúbico, encontrado para amostras indeformadas, para transformar as leituras de constante dielétrica aparente, fornecida pela TDR, em umidade  $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ . As equações, para as quatro profundidades são apresentadas na Figura 24.

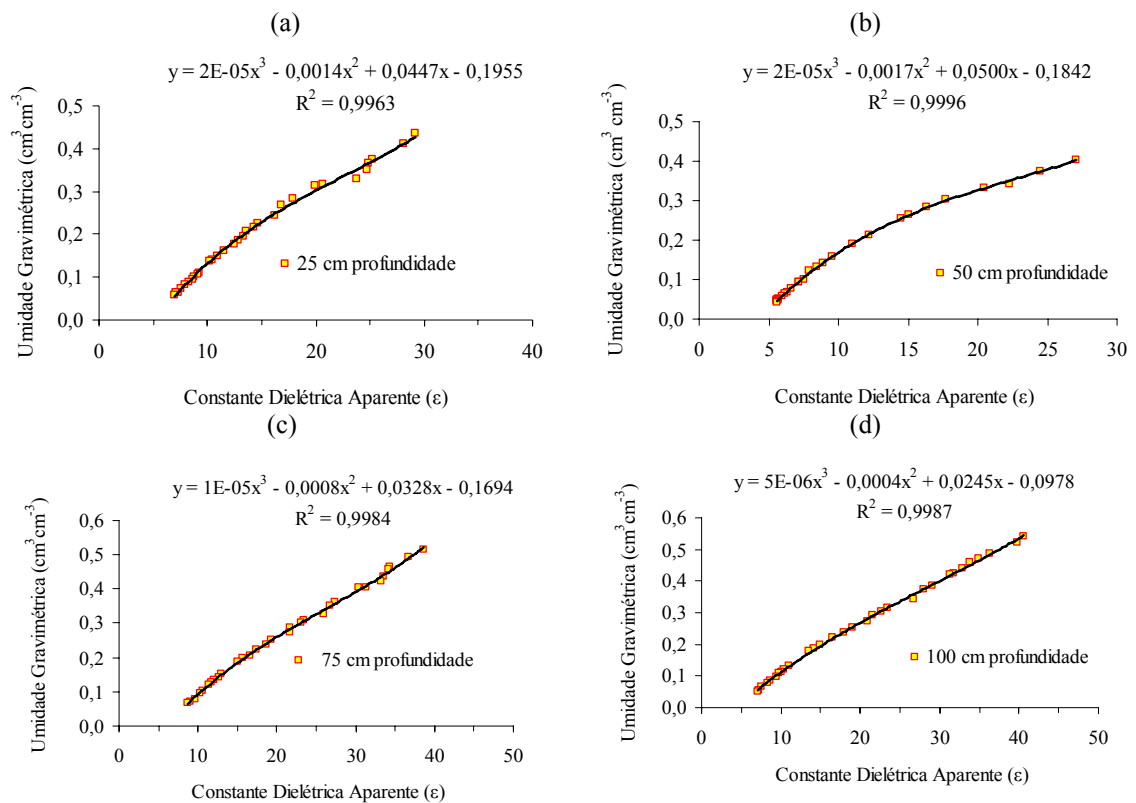


Figura 24. Equações de calibração das guias de ondas de TDR para amostras indeformadas, retiradas nas profundidades de 25 (a), 50 (b), 75 (c) e 100 (d) cm do Neosolo Flúvico da área experimental,

### 4.3. Distribuição de água no solo

#### 4.3.1. Tensiômetros

Durante toda a fase produtiva da mangueira, o período de irrigação da cultura compreendeu entre terça e sexta feira, com funcionamento diário variando entre 7:00 e 13:00 horas. Leituras de tensiômetros instalados a 30 cm de profundidade e a 50 cm da planta, foram efetuadas toda terça feira, antes do início do referido período, e toda sexta, após o término das atividades da semana.

Os valores de potencial de água no solo, obtidos nestas leituras, durante as três fases do ciclo produtivo, para áreas irrigadas por microaspersão e por gotejamento, são apresentados nas Figuras 25 e 26 respectivamente. Apesar de leituras em dias diferentes, antes e após um período de irrigação, o gráfico mostra que houve uma pequena variação de potencial entre os tratamentos com irrigação total (T2 - 100% da ETc) e os tratamentos com irrigação com déficit regulado (T3, T4 e T5 – RDI com 60% da ETc nas Fase I, II e III e T5, T6 e T7 – RDI com 30% da ETc nas Fase I, II e III respectivamente) tanto na área irrigada por microaspersão quanto na área irrigada por

gotejamento. Todos os valores de potencial de água no solo relativos a estes tratamentos ficaram dentro da faixa de 0 e -11 kPa, de onde se conclui que a umidade do solo variou entre a saturação e o valor correspondente à capacidade de campo, ou muito próximo dele. Os resultados mostram que, através dos tensiômetros, não foi constatado o *déficit* hídrico imposto pelos tratamentos tanto para a área sob microaspersão quanto para a área sob gotejamento. Apenas os tratamentos sem irrigação (T1), nas duas áreas, apresentaram valores de potencial de água no solo mais inferiores, entre -29 e -63 kPa, traduzindo-se em uma situação com pequeno *déficit* hídrico no solo.

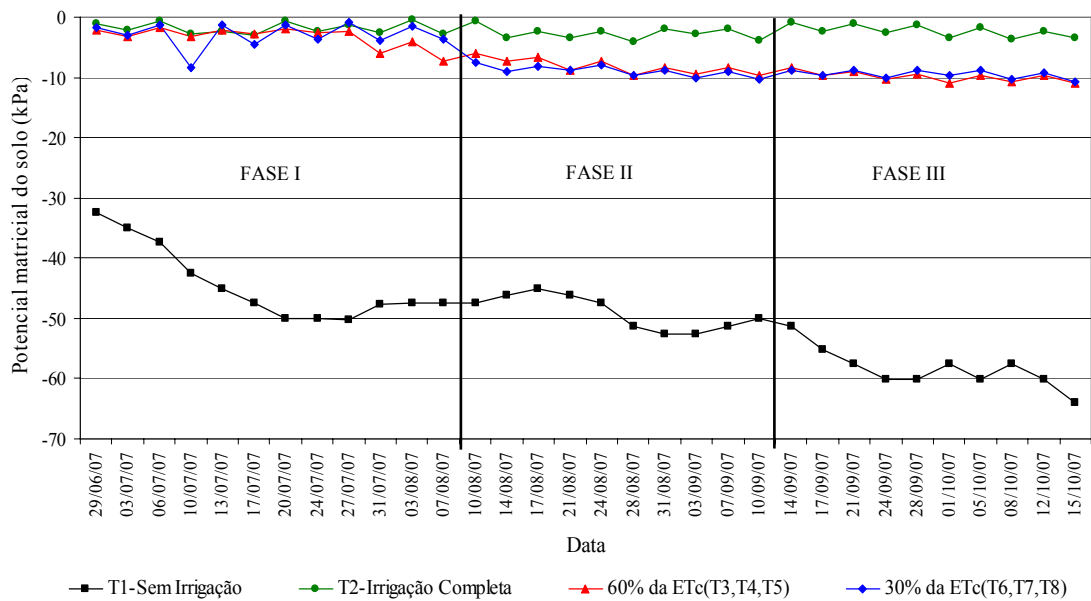


Figura 25. Variação do potencial de água no solo ( $\psi_m$ ) durante as três fases de crescimento do fruto da mangueira irrigada por microaspersão, para os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8.

Os valores médios de potencial de água no solo, tomados antes e depois do período de irrigação, à profundidade de 0,3 m, foram de -52,50 e -50,21 kPa para o tratamento T1 (sem irrigação), nas áreas irrigadas por microaspersão e gotejamento respectivamente, mostrando condições semelhantes de umidade do solo nas duas áreas. Apesar do reduzido valor de potencial em relação aos demais tratamentos, a situação retratada mostra uma condição ainda favorável em termos de disponibilidade de água no solo, considerando a curva de retenção de umidade para as áreas estudadas. Provavelmente a presença do lençol freático elevado (entre 1,3 e 1,7 metros de profundidade), tenha ajudado a manter a umidade do solo em tal patamar, nos tratamentos. Esta situação é explicada pela presença de uma camada de solo argilosa e limitante à infiltração, corroborada pelo método de irrigação por sulco, ainda praticado

na grande maioria dos lotes do Perímetro Irrigado de Ceraíma, onde transcorreu o experimento. O lençol freático foi monitorado a partir de junho de 2007, após constatação da falta de efeito nos tratamentos com *déficit* no ano anterior, através de nove poços de observação perfurados na área experimental.

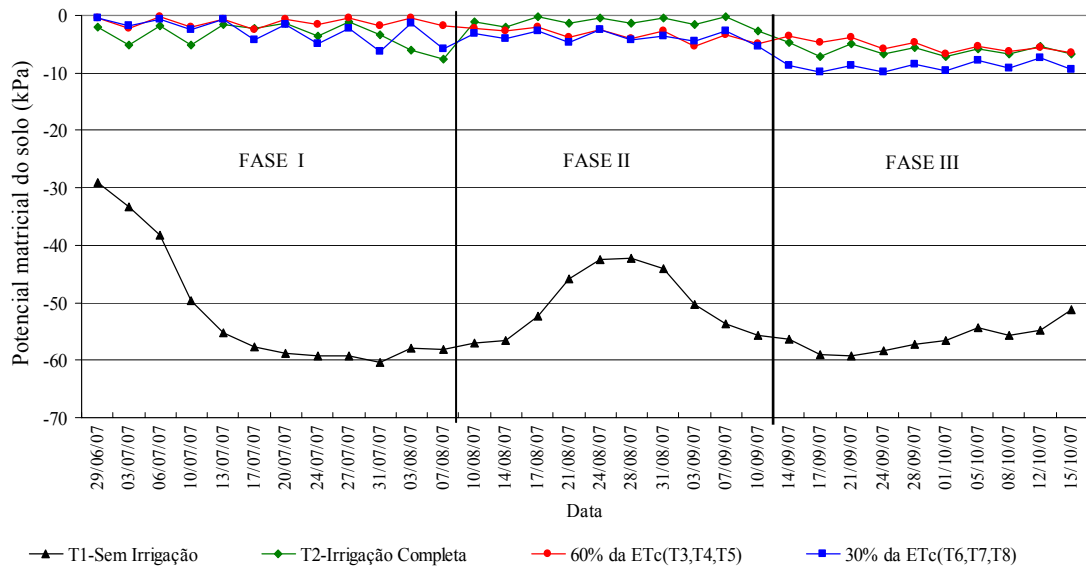


Figura 26. Variação do potencial de água no solo ( $\psi_m$ ) durante as três fases de crescimento do fruto da mangueira irrigada por gotejamento, para os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8.

No manejo da irrigação da cultura da mangueira, utilizando o potencial matricial da água no solo, Coelho *et al.* (2002), afirmam que valores de potencial matricial crítico ( $\psi_{mc}$ ) capazes de garantir adequado desenvolvimento e produtividade da cultura, situam-se na faixa entre -15 a -25 kPa para solos arenosos e entre -30 e -60 kPa em solos argilosos. Para o solo da área experimental, que apresenta textura média, o potencial matricial crítico, das amostra entre 20 e 40 cm, que representa o solo na profundidade utilizada na instalação dos tensiômetros (30 cm), foi de aproximadamente -40 kPa sob irrigação por gotejamento e de aproximadamente -45 kPa sob microaspersão. Estes valores foram obtidos a partir da umidade crítica, considerando o uso de 60% da água disponível pela planta ( $f=0,60$ ), na curva de retenção de água no solo (Figura 22). Desta observação pode-se dizer, que apenas no tratamento T1 (sem irrigação), que apresentou potencial matricial médio entre -50 kPa (gotejamento) e -52 kPa (microaspersão), a mangueira esteve submetida a um pequeno *déficit* hídrico durante o seu ciclo produtivo. Todos os demais tratamentos (T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8) apresentaram valores médios de potencial de água no solo de -3,55, -1,21, -3,34, -5,25, -2,28, -3,75 e -8,91

kPa para a área sob gotejamento e de -2,23, -3,26, -8,12, -9,91, -2,93, -8,96 e -9,50 para a área sob microaspersão respectivamente (Figuras 25 e 26). Os dados mostram para estes tratamentos, apesar dos *déficits* aplicados na irrigação, que o solo, próximo aos tensiômetros, se manteve com valores de potencial matricial entre aqueles correspondentes à saturação e à capacidade de campo. Observa-se uma tendência geral de redução da umidade e de aumento da tensão com que a água está retida no solo com a fase de crescimento do fruto. Possivelmente refletindo a tendência de aumento dos valores de ETo calculado pela equação de Penman-Monteith, durante o período produtivo da mangueira.

#### **4.3.2. Umidade do solo**

Na seqüência são apresentados gráficos que mostram a distribuição do teor de água no solo em um plano de um metro de profundidade por um metro de distancia radial do tronco em direção perpendicular à fileira de plantas, conforme Figura 12, para o pomar de mangueiras irrigado por gotejamento e também por microaspersão.

Conforme descrito anteriormente, foram acompanhados pela TDR sempre o tratamento com irrigação completa ( $T2 = 100\%$  da  $ET_c$ ) concomitante com um tratamento com irrigação equivalente a 60% da  $ET_c$ , ou seja, T3, T4 ou T5, respectivamente nas fases I, II ou III de desenvolvimento do fruto.

##### **4.3.2.1. Gotejamento**

A distribuição do teor de água no perfil transversal do tratamento T2 durante a Fase I, sob gotejamento, uma hora após a irrigação (a) e antes da próxima (b), sem cobertura plástica da área irrigada, está apresentada na Figura 27.

Os dados mostram uma pequena variação do teor de água do solo entre o final da irrigação atual e o início da irrigação do dia seguinte. Observa-se também que os valores de teor de água do solo são superiores ao valor correspondente à capacidade de campo, o que está condizente com a irrigação de 100% da  $ET_c$  do tratamento T2 e com o manejo da irrigação do perímetro, onde é aplicado, em quatro dias (turno de rega), a lâmina necessária para toda a semana. Também uma camada de solo mais argilosa e restritiva à infiltração existente entre 1,6 3 2,0 m de profundidade contribui decisivamente para esta situação.

Na Figura 28 a situação anterior é detalhada com a área irrigada revestida por lona plástica. Observa-se neste caso que houve um aumento do teor de água do solo

principalmente mais próximo à sua superfície. Tal observação pode ser justificada como uma consequência do impedimento da evaporação direta da água do solo.

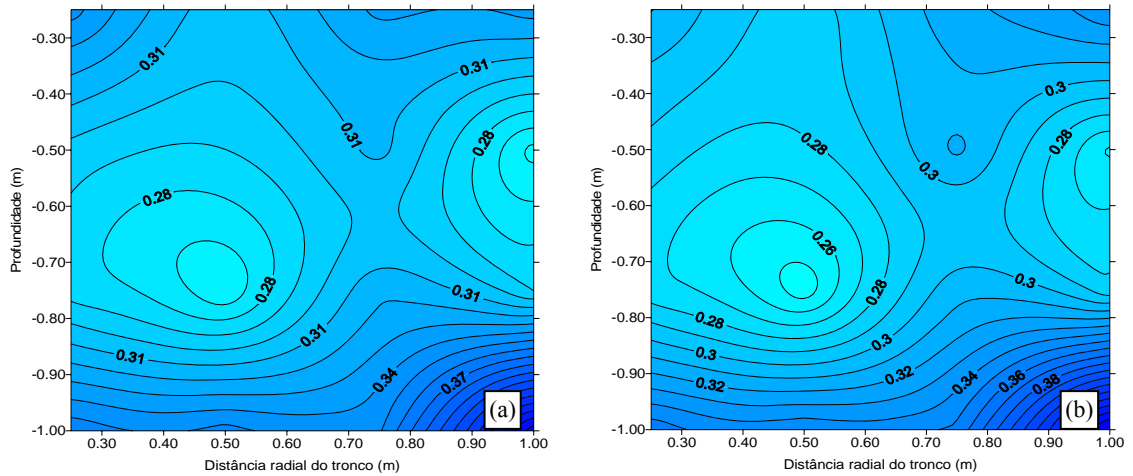


Figura 27. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T2, na fase I, sob gotejamento, em solo nu.

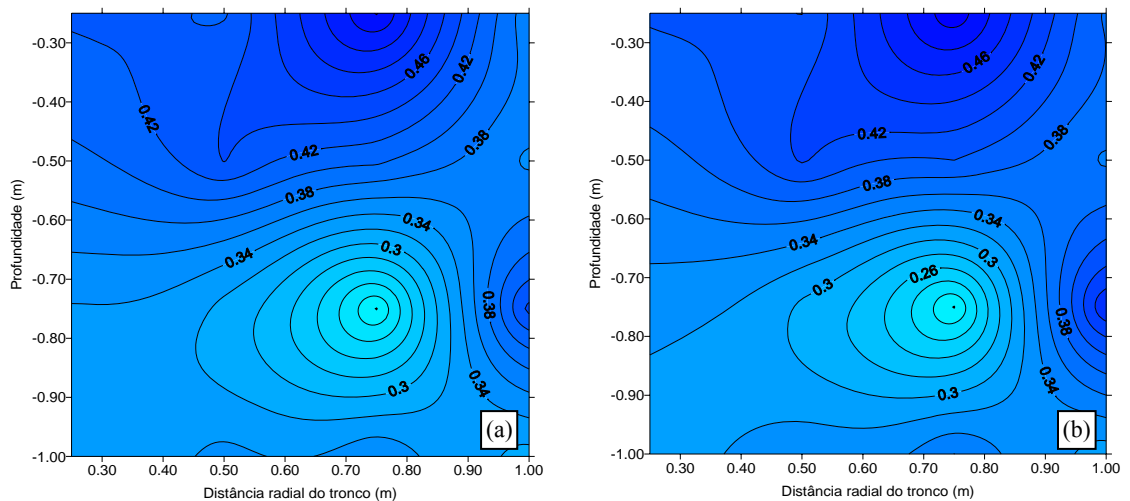


Figura 28. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T2, na fase I, sob gotejamento, em solo coberto.

A distribuição do teor de água no perfil do tratamento T3 durante a fase I, sob gotejamento, uma hora após a irrigação e antes da próxima, sem cobertura plástica da área irrigada, está apresentada na Figura 29. Na situação detalhada, apesar do déficit de 40 % da  $E_{Tc}$  aplicado no tratamento T3, não é observado redução nos teores de água do solo encontrados pela TDR, em relação ao tratamento T2 (sem déficit) nas mesmas condições. A lâmina diária aplicada, que é multiplicada por 7/4 (turno de rega de 4 dias para suprir demanda de 7), se traduz em um dos fatores que pode justificar a não constatação deste *déficit* através dos teores de umidade obtidos pela TDR. A

distribuição do teor de água no perfil do tratamento T3, nas mesmas condições anteriores, agora com cobertura plástica da área irrigada é mostrada na Figura 30.

Observa-se aqui também um pequeno aumento do teor de água mais próximo à superfície do solo, fato que é justificado pelo impedimento da evaporação direta da água do solo, pela lona plástica. Observa-se ainda, em todos os perfis estudados até aqui, que os teores de água no solo foram iguais ou superiores ao valor correspondente à capacidade de campo, não sendo, portanto, constatada condição de *déficit* hídrico no solo apesar da redução de 40% na lâmina de irrigação normal aplicada no perímetro.

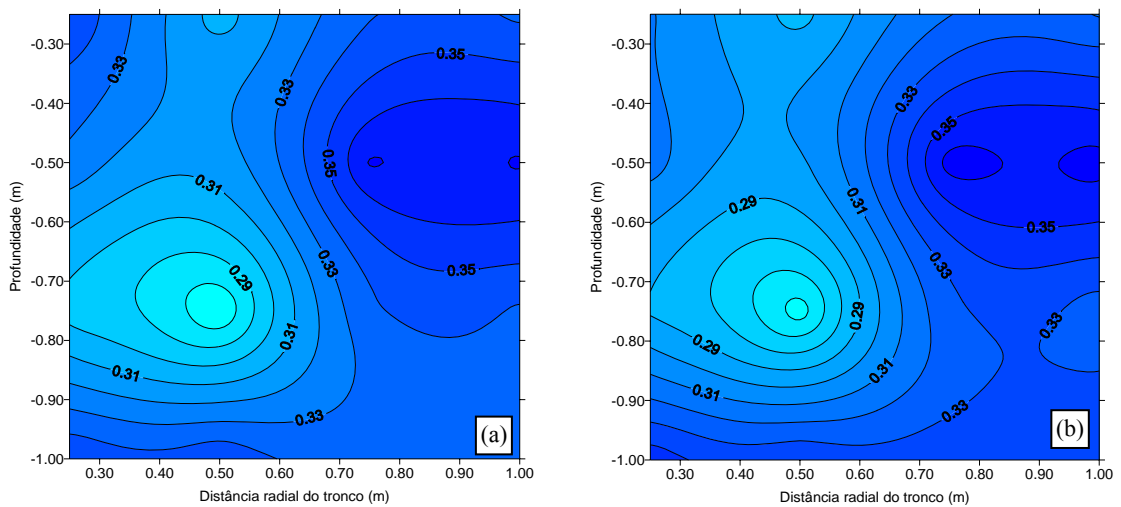


Figura 29. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T3, na fase I, sob gotejamento, em solo nu.

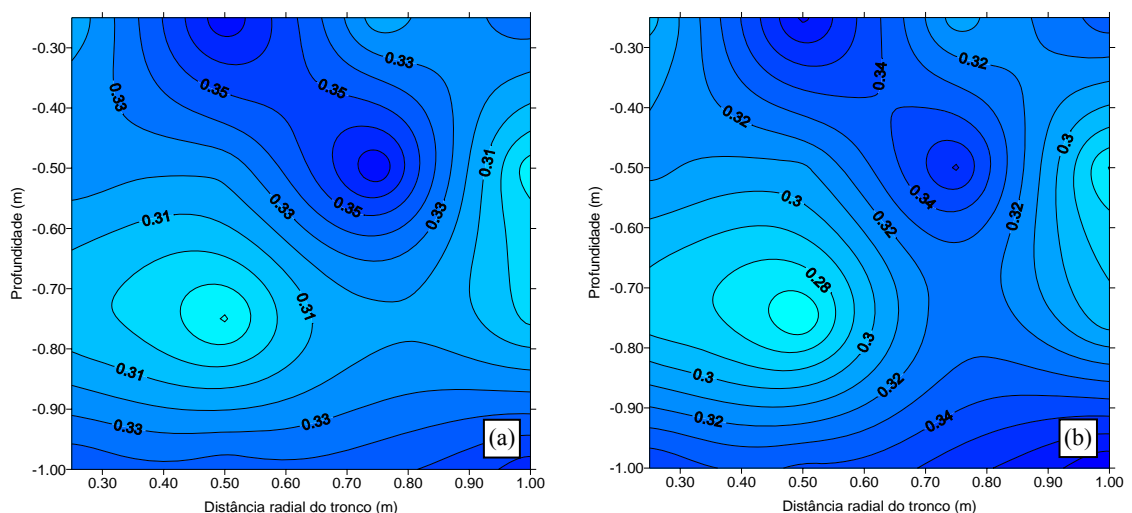


Figura 30. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T3, na fase I, sob gotejamento, em solo coberto.

Além das constatações anteriores e percebendo tornar-se muito repetitiva a discussão dos resultados, de distribuição do teor de água no solo nos planos verticais perpendiculares à fileira de plantas, referentes às fases II e III de crescimento do fruto, que se mostraram muito semelhantes à fase I, optou-se por apresentá-los no Apêndice da tese, onde maiores detalhes poderão ser observados.

#### 4.3.2.2. Microaspersão

O perfil de distribuição do teor de água no solo no tratamento T2 durante a fase I, sob microaspersão, uma hora após a irrigação (a) e antes da próxima (b), sem cobertura plástica da área irrigada, é apresentado na Figura 31.

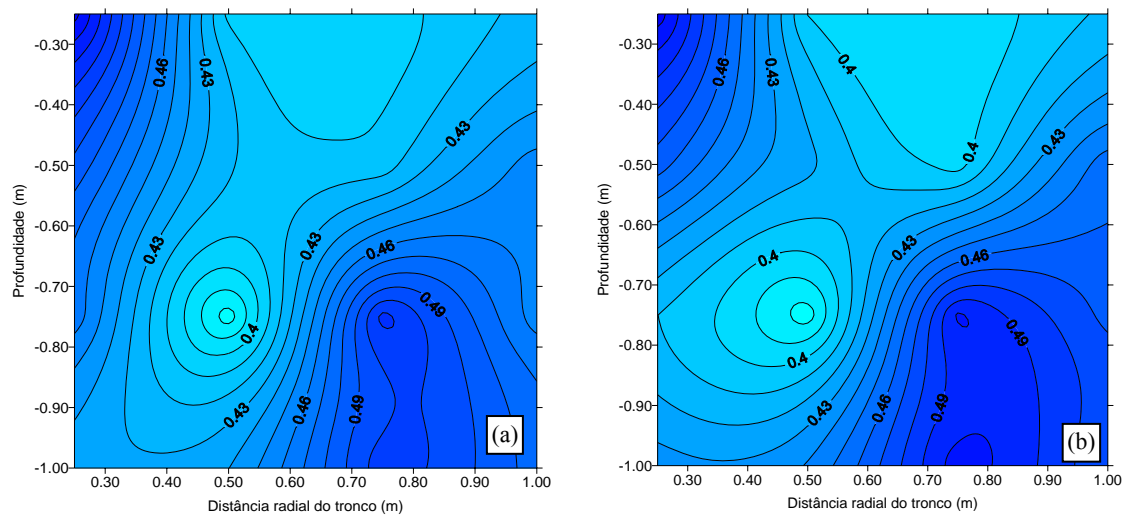


Figura 31. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T2, na fase I, sob microaspersão, em solo nu.

Os perfis (a) e (b) mostram uma pequena variação do teor de água no solo entre o final da irrigação atual e o início da irrigação do dia seguinte. Os dados mostram também que os valores de teor de água no solo estão muito elevados, superiores ao valor correspondente à capacidade de campo.

A Figura 32 detalha a situação anterior, agora com a área irrigada revestida por lona plástica. Nesta condição constata-se um aumento do teor de umidade do solo, entretanto, ao contrário da irrigação por gotejamento, ele ocorreu principalmente nas camadas mais profundas do perfil estudado.

A distribuição do teor de água no perfil do tratamento T3 durante a fase I, sob microaspersão, uma hora após a irrigação e antes da próxima, sem cobertura plástica da

área irrigada, está apresentada na Figura 33. A comparação dos perfis desta Figura, com os perfis equivalentes do tratamento T2 da mesma fase, evidencia uma redução do teor de umidade do solo, como consequência da redução em 40% na lâmina de água aplicada no tratamento T3.

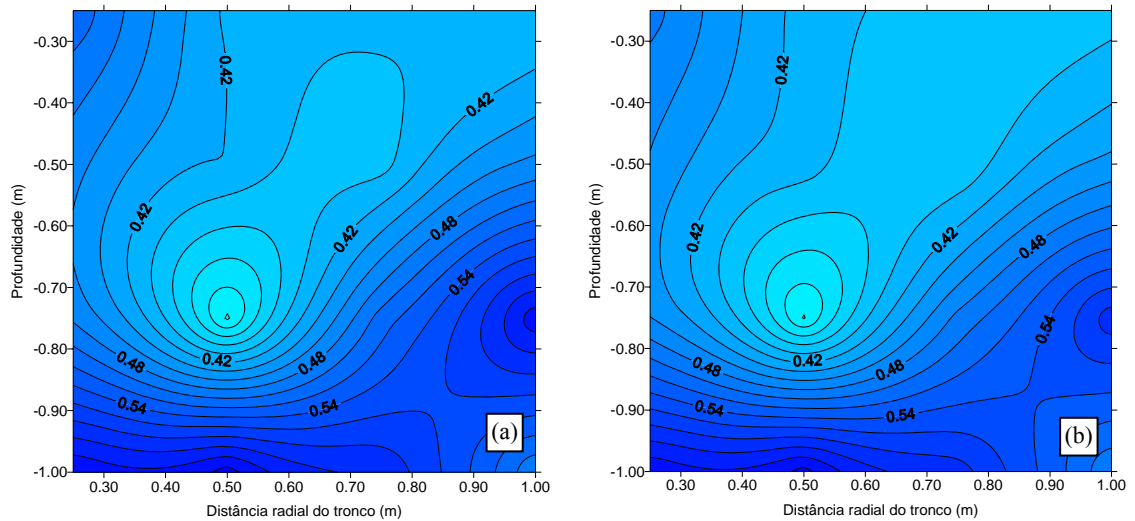


Figura 32. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T2, na fase I, sob microaspersão, em solo coberto.

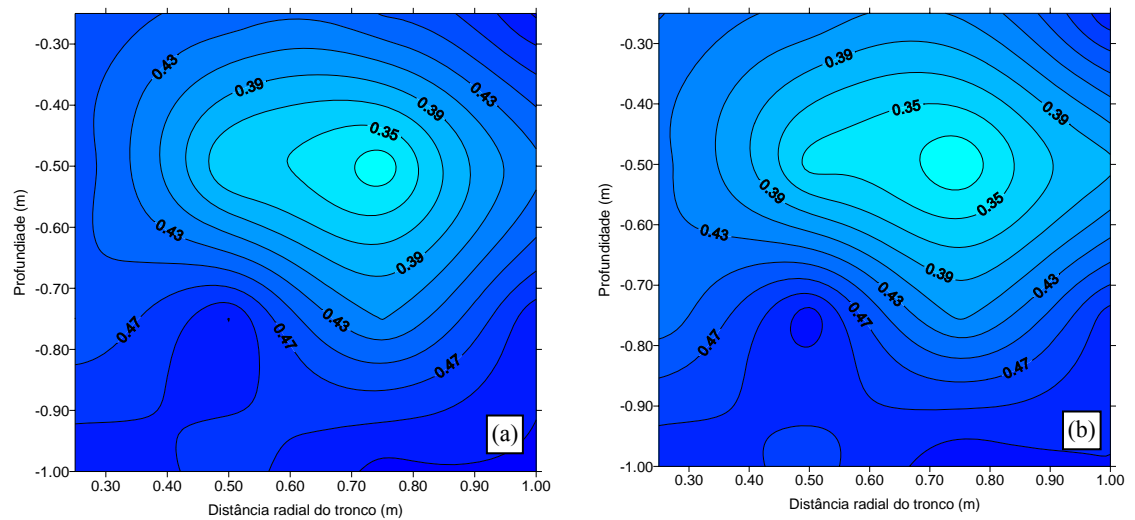


Figura 33. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T3, na fase I, sob microaspersão, em solo nu.

O perfil de distribuição do teor de água no solo para o tratamento T3, nas mesmas condições anteriores, agora com cobertura plástica da área irrigada é mostrado na Figura 34. Observa-se também nesta situação do teor de água do solo, mais evidenciado nas camadas mais profundas do perfil ao contrário do que ocorreu nos

perfis equivalentes da irrigação por gotejamento. Os dados mostram ainda que, apesar da redução de 40% na lâmina de irrigação aplicada neste tratamento (T3), não foi constatada condições de *déficit* hídrico no solo, pelos valores de teor de água fornecidos pela TDR.

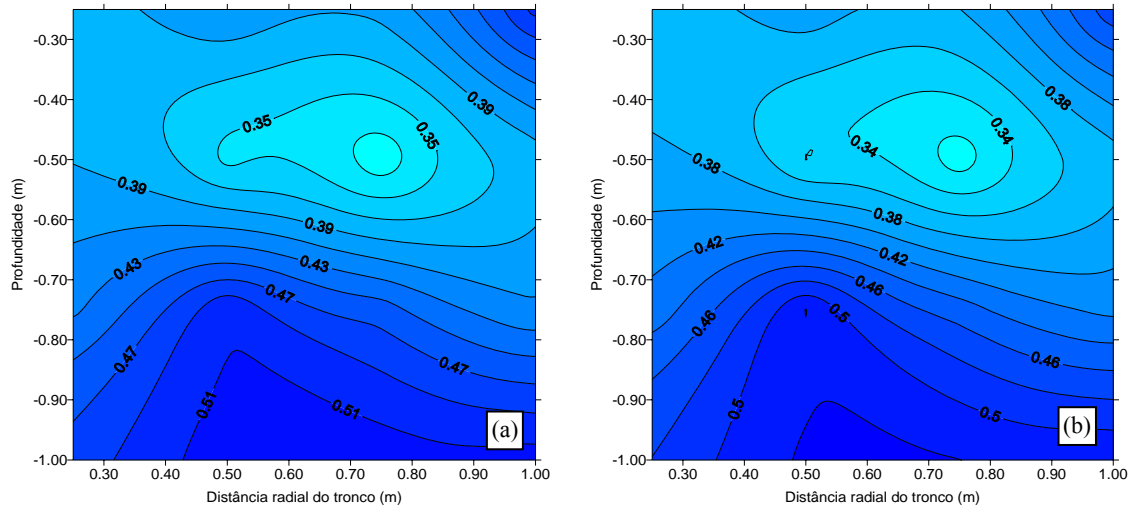


Figura 34. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T3, na fase I, sob microaspersão, em solo coberto.

Outro fator que fica evidente através dos perfis das Figuras 32, 33 e 34 é o aumento da umidade do solo nas camadas mais profundas. Justifica tal observação a presença de lençol freático elevado em toda a área aluvial do Perímetro Irrigado de Ceraíma, principalmente a partir do mês de abril, quando intensifica o processo de irrigação dos lotes, pelo método de irrigação por sulcos, que ainda é utilizado na grande maioria da área.

A partir de junho de 2007, quando se percebeu a elevação do lençol freático, o mesmo foi monitorado por nove poços de observação instalados na área experimental, evidenciando uma profundidade média variando entre 1,3 e 1,7 metros. Sendo na área irrigada por microaspersão, encontrado os menores valores de profundidade do lençol freático, o que possivelmente afetou os valores de teor de água no solo, como consequência da ascensão capilar, ou mesmo pela drenagem deficiente devido à existência de uma camada mais argilosa e limitante à infiltração também detectada neste solo entre 1,5 e 2 metros de profundidade.

Também neste caso optou-se por apresentar os perfis de distribuição do teor de água no solo nos planos verticais perpendiculares à fileira de plantas referentes às fases

II e III de crescimento do fruto, no Apêndice da Tese. Os resultados semelhantes aos da fase I tornaria a discussão repetitiva e desnecessária.

#### 4.4. Evapotranspiração

A evapotranspiração da cultura da manga foi estimada através do balanço de água no solo utilizando-se os dados obtidos pela TDR, ou seja, no tratamento com irrigação completa (T2 = 100% da ETc) e nos tratamentos com irrigação equivalente a 60% da ETc (T3, T4 e T5) nas fases I, II e III de desenvolvimento do fruto, por três ciclos completos da irrigação por microaspersão e por gotejamento. Foram acompanhados sempre dois tratamentos ao mesmo tempo, sendo o tratamento sem *déficit* hídrico (T2) junto com um tratamento com RDI igual a 60% da ETc (T3 na fase I, T4 na fase II e T5 na fase III).

Valores médios diários de evapotranspiração da cultura (ETc), estimados pelo método do balanço de água no solo, de evapotranspiração de referência (ETo), estimado pelo método Penman Monteith, da lâmina média diária aplicada na irrigação, da drenagem profunda média estimada (DP) e da ascensão capilar média estimada (AC), para as três fases de crescimento do fruto da manga, com irrigação completa e sob *déficit* regulado (RDI), com e sem cobertura plástica da área sombreada pela planta, sob irrigação por microaspersão e gotejamento, são apresentados na Tabela 5.

Pode-se observar que os valores médios de evapotranspiração estimados, quando se utilizou irrigação completa (T2 – 100% da ETc) em solo nu, estão na faixa de 2,14 a 4,18 mm dia<sup>-1</sup>, o que está condizente com os valores de evapotranspiração de referencia estimados pelo método de Penman Monteith, para o mesmo período, que variou entre 3,75 a 5,45 mm dia<sup>-1</sup>, se levarmos em consideração que o coeficiente da cultura utilizado na irrigação variou entre 0,45 e 0,87. Também resultados de evapotranspiração da cultura estimada pelo método do balanço de água no solo, encontrados por Silva et al. (2001), em Petrolina, para a mangueira cultivar Tommy Atkins com sete anos de idade, irrigada por gotejamento, variaram de 2,8 a 7,9 mm dia<sup>-1</sup>, durante o período produtivo da cultura, no ano de 1999, utilizando-se um Kc igual a 1 em todo o período irrigado. No ano de 1998, utilizando-se um Kc fixo igual a 0,75, os valores de evapotranspiração da cultura estimados pelos mesmos autores variaram entre 3,8 e 5,5 mm dia<sup>-1</sup>, para o mesmo pomar, durante o período produtivo da cultura, mostrando certa semelhança com os presentes dados.

Ainda com referência à mangueira Tommy Atkins, Teixeira *et al.* (2008), acompanharam dois ciclos da cultura (safra 2003-2004 e 2004-2005), sob irrigação por microaspersão, em Petrolina, determinando todos os componentes do balanço de energia, encontraram valores de evapotranspiração atual, variando entre 3,13 e 4,63 mm dia<sup>-1</sup>, estimados através do método da *eddy covariance* ou flutuações instantâneas, para plantas com 18 anos de idade, em espaçamento de 10 por 10 metros.

Tabela 5. Valores diários de evapotranspiração de referência (ETo) e de lâmina aplicada na irrigação e médios diários estimados de evapotranspiração da cultura (ETc), drenagem profunda (DP) e ascensão capilar (AC), para as três fases de crescimento do fruto, em irrigação completa e em irrigação com déficit regulado (60% da ETc), com e sem cobertura da área sombreada pela cultura, sob gotejamento e microaspersão.

Especificações			ETo (mm)	Lâmina (mm)	ETc (calc) (mm)	DP (mm)	AC (mm)	(ETc/ETo)*100 (%)	EV direta (%)	
Gotejamento	FASE I	T2	solo nu	4,40	6,84	4,18	0,52	-0,39	95,08	16,06
			solo cob.	4,40	6,84	3,51	0,85	-0,83	79,81	
	T3	solo nu	4,40	4,11	2,43	0,33	-0,54	55,20	24,47	
		solo cob.	4,40	4,11	1,83	0,20	-0,62	41,69		
	FASE II	T2	solo nu	3,75	4,41	2,14	0,90	-0,23	57,22	15,30
			solo cob.	4,95	6,19	2,40	0,93	-0,24	48,46	
	T4	solo nu	3,75	2,64	1,18	0,55	-0,36	31,61	10,36	
		solo cob.	4,95	3,71	1,40	0,53	-0,21	28,33		
	FASE III	T2	solo nu	5,06	6,78	3,85	0,54	-0,04	76,07	16,26
			solo cob.	5,45	7,17	3,47	0,79	-0,08	63,70	
	T5	solo nu	5,06	4,07	1,77	0,70	-0,09	34,85	19,53	
		solo cob.	5,45	4,30	1,53	0,68	-0,07	28,05		
Médias de T2	solo nu	4,40	6,01	3,39	0,65	-0,22	76,12	15,87		
	solo cob.	4,93	6,73	3,13	0,86	-0,38	63,99			
Médias de T3, T4, T5	solo nu	4,40	3,61	1,79	0,52	-0,33	40,55	18,12		
	solo cob.	4,93	4,04	1,59	0,47	-0,30	32,69			
Microaspersão	FASE I	T2	solo nu	4,40	5,99	3,56	0,76	-0,68	80,97	17,77
			solo cob.	5,07	6,90	3,38	0,88	-0,43	66,58	
	T3	solo nu	4,40	3,59	1,52	0,58	-0,38	34,49	28,14	
		solo cob.	5,07	4,14	1,26	0,95	-0,32	24,79		
	FASE II	T2	solo nu	4,73	5,11	2,59	0,48	-0,03	54,77	13,07
			solo cob.	4,44	4,98	2,11	0,34	-0,10	47,61	
	T4	solo nu	4,73	3,07	1,19	0,52	-0,06	25,15	19,47	
		solo cob.	4,44	2,99	0,90	0,49	-0,02	20,25		
	FASE III	T2	solo nu	5,09	5,86	3,17	0,58	-0,04	62,24	11,41
			solo cob.	5,19	6,12	2,86	0,47	-0,11	55,14	
	T5	solo nu	5,09	3,51	1,48	0,69	-0,04	29,07	16,97	
		solo cob.	5,19	3,67	1,25	0,53	-0,02	24,13		
Médias de T2	solo nu	4,74	5,65	3,11	0,61	-0,25	65,99	14,08		
	solo cob.	4,90	6,00	2,78	0,56	-0,21	56,44			
Médias de T3, T4, T5	solo nu	4,74	3,39	1,40	0,59	-0,16	29,57	21,52		
	solo cob.	4,90	3,60	1,17	0,65	-0,12	23,06			

A partir dos dados de balanço hídrico, o valor estimado de evapotranspiração da cultura com irrigação completa e solo nu, sob gotejamento, durante as três fases de crescimento do fruto, representou em média 76% do valor da evapotranspiração de

referência (ET<sub>o</sub>) estimada no mesmo período, enquanto que sob microaspersão este valor representou em média 66% de ET<sub>o</sub>. Já os valores estimados de evapotranspiração da cultura, com irrigação completa em solo com cobertura plástica, que equivale à absorção de água pela planta, variaram entre 2,40 e 3,51 mm dia<sup>-1</sup>, sob gotejamento, e entre 2,11 e 3,38 mm dia<sup>-1</sup>, sob irrigação por microaspersão. Eles representaram em média 64% do valor da evapotranspiração de referência estimada para o mesmo período, sob gotejamento, e 56% sob microaspersão. Os valores maiores a favor do gotejamento pode estar relacionados ao maior índice de área foliar na área sob gotejamento, como consequência do menor espaçamento e maior adensamento das plantas. A diferença entre os primeiros valores citados, para solo nu, e os últimos, sob solo coberto, mostram a contribuição da evaporação direta da água do solo no processo de evapotranspiração.

Teixeira et al. (2008) encontraram valores de transpiração estimados variando entre 2,15 e 3,59 mm dia<sup>-1</sup> durante os dois ciclos acompanhados. Em média estes valores corresponderam a 77,46% de ET<sub>o</sub> durante o primeiro ciclo (2003-2004) e a 65,33% da ET<sub>o</sub> durante o segundo ciclo de crescimento da mangueira (2004-2005), mostrando-se também ligeiramente superiores aos valores encontrados no presente trabalho, estimados pelo método do balanço de água no solo.

Para irrigação completa sob gotejamento, durante as três fases de crescimento do fruto, a evaporação direta da água do solo (EV) foi estimada em média 15,87% da evapotranspiração da cultura, enquanto que para irrigação completa, sob microaspersão este valor foi estimado em 14,08%.

Em trabalho já citado, Teixeira *et al* (2008), encontraram valores médios de evaporação da água do solo equivalente a 19,58 % da evapotranspiração atual da cultura da manga no primeiro ciclo (2003-2004) e a 23,35 % no segundo ciclo (2004-2005), resultados estes que também se mostraram ligeiramente superiores aos valores estimados no presente trabalho através do balanço de água no solo.

Para irrigação com *déficit* regulado (RDI – 60% da ET<sub>c</sub>), nos tratamentos T3, T4 e T5, sem cobertura plástica da área irrigada, a evapotranspiração da cultura estimada representou em média 40,55% da ET<sub>o</sub>, sob gotejamento, e 29,57% da ET<sub>o</sub>, sob microaspersão. Entretanto, apesar dos baixos valores de evapotranspiração estimados, não foi evidenciado um *déficit* de água no solo, conforme pode ser constatado através dos valores de tensão de água no solo, para os referidos tratamentos nas fases I, II e III de crescimento do fruto, sob os dois sistemas de irrigação, conforme Figuras 23 e 24.

Para os mesmos tratamentos, com cobertura plástica da área irrigada, a evapotranspiração da cultura estimada representou em média 32,69% da ETo sob irrigação por gotejamento e 23,06% da ETo sob microaspersão. Neste caso a contribuição média da evaporação (EV) no processo de evapotranspiração foi estimada em 18,12% sob gotejamento e 21,50% sob microaspersão. Observa-se, na situação que, com a redução da lâmina de irrigação aplicada, a contribuição da evaporação no processo de evapotranspiração passou a ser mais expressiva, pois o consumo de água foi menor e a evaporação não reduziu na mesma proporção (Tabela 5).

Da análise da drenagem profunda (DP) estimada pelo balanço de água no solo constata-se que ocorreram maiores valores no tratamento com irrigação completa (T2 - 100 % da ETc) e solo coberto, sob irrigação por gotejamento, não sendo verificado o mesmo comportamento sob irrigação por microaspersão. Os valores estimados, dentro da faixa de 0,20 a 0,95 mm dia<sup>-1</sup>, encontram-se em patamar inferior àqueles estimados por Silva et al. (2001), também para manga Tommy Atkins, com 6 anos de idade em Petrolina, no ano de 1999, que se situaram predominantemente na faixa entre 0,44 e 3,50 mm dia<sup>-1</sup>. Na condição citada o valor de Kc utilizado na irrigação da mangueira foi fixo e igual a 1 durante todo o ciclo produtivo da cultura e a drenagem profunda estimada atingiu 13,4% da lâmina total de água aplicada na irrigação.

Na análise dos valores de ascensão capilar (AC) estimados, também da Tabela 5, observa-se que não houve uma tendência definida de variação dos valores com os tratamentos. Ou seja, um aumento da ascensão capilar, nos tratamentos com *déficit* regulado de irrigação, nem sempre foi constatado, bem como a redução da mesma nos tratamentos com cobertura da área irrigada com lona plástica. Os valores de ascensão capilar situaram-se entre 0,02 e 0,83 mm dia<sup>-1</sup>, e traduziram em média igual a 5,24% do valor total da lâmina aplicada na irrigação. Os valores encontrados por Silva *et al*, (2001) nos anos de 1998 e 1999, para a cultura de manga cv. Tommy Atkins em Petrolina, situaram-se na faixa de 0 a 1,1 mm dia<sup>-1</sup>, e representaram 3,21% da lâmina total de água aplicada na irrigação.

Valores médios diários de evapotranspiração estimada em distâncias radiais da planta no perfil estudado, considerando irrigação completa e irrigação com *déficit* regulado, com e sem cobertura plástica da área sombreada pela planta são apresentados nos gráficos a seguir, para área irrigada por gotejamento e por microaspersão respectivamente, nas três fases de crescimento do fruto da mangueira.

#### 4.4.1. Irrigação por gotejamento

A Figura 35 ilustra a evapotranspiração estimada, em distâncias radiais da planta, no perfil perpendicular à fileira de plantas, na fase I de crescimento do fruto, sob irrigação completa (T2 – 100% da ETc) e sob irrigação com *déficit* regulado (T3 – 60% da ETc), com e sem cobertura plástica da área irrigada. Os dados foram coletados entre 10 e 12 e entre 24 e 26/07/07, respectivamente para área sem cobertura e com cobertura do solo. Eles mostram uma pequena variação nos valores de evapotranspiração estimado com a distância radial do tronco da planta e evidenciam uma redução na evapotranspiração devido à cobertura do solo e ao conseqüente impedimento da evaporação direta da água de sua superfície tanto para irrigação completa como para a irrigação com *déficit* regulado.

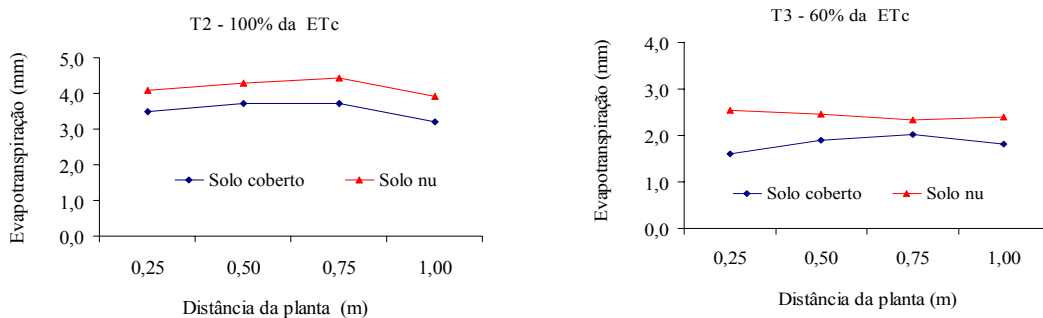


Figura 35. Evapotranspiração da cultura pelo método do balanço hídrico em plantas de manga com irrigação de 100% da ETc e 60% da ETc, durante a fase I de crescimento do fruto, com e sem cobertura da área sombreada pela planta.

A Figura 36 mostra a mesma condição, já anteriormente descrita, embora durante a fase II de crescimento do fruto. Observa-se que tanto para irrigação completa (T2) quanto para irrigação com *déficit* regulado (T4), os valores absolutos de evapotranspiração estimados para solo coberto são superiores aos valores estimados para solo sem cobertura. Entretanto estes dados foram coletados entre 14 e 16/07 para solo sem cobertura, quanto o valor médio de ETo foi de 3,74 mm dia<sup>-1</sup>, e entre 28 e 30/08/07 para solo coberto, quando o valor médio de ETo estimado foi 4,95 mm dia<sup>-1</sup>, mostrando que em termos percentuais, a evapotranspiração estimada para solo nu, foi superior tanto na irrigação completa como na irrigação com *déficit* regulado, conforme pode ser observado na Tabela 5. Observa-se ainda, no gráfico da Figura 36, que houve uma variação da evapotranspiração estimada com a distância radial do tronco da planta, mostrando valores ligeiramente superiores nas proximidades do tronco. Resultado similar foi encontrado por Santos (1997), onde constatou uma maior absorção da

solução do solo, em regiões mais próximas ao tronco, para mangueiras cultivar Hadem com 5 anos de idade, espaçadas de 10 x 10 metros, irrigadas por microaspersão.

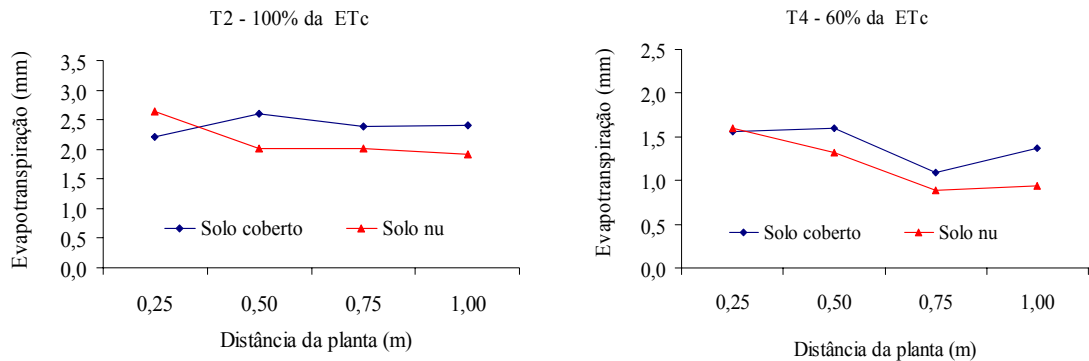


Figura 36. Evapotranspiração da cultura pelo método do balanço hídrico em plantas de manga com irrigação de 100% da ETc e 60% da ETc, durante a fase II de crescimento do fruto, com e sem cobertura da área sombreada pela planta.

A variação da evapotranspiração estimada, em distâncias radiais da planta, no perfil perpendicular à fileira de plantas, na Fase III de crescimento do fruto, sob irrigação completa (T2 – 100% da ETc) e sob irrigação com déficit regulado (T5 – 60% da ETc), com e sem cobertura plástica da área irrigada é apresentada na Figura 37.

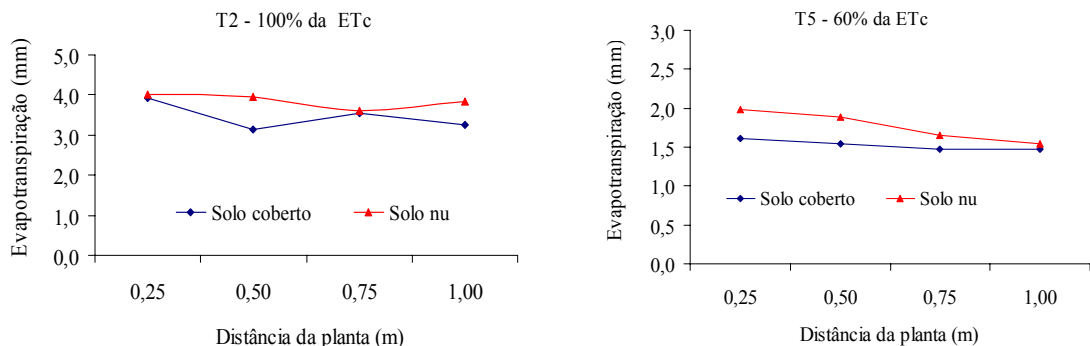


Figura 37. Evapotranspiração da cultura pelo método do balanço hídrico em plantas de manga com irrigação de 100% da ETc e 60% da ETc, durante a fase III de crescimento do fruto, com e sem cobertura da área sombreada pela planta.

Os dados foram coletados entre 18 e 20 e entre 25 e 27/09/07, respectivamente para área com cobertura e sem cobertura do solo. Eles mostram uma tendência de redução nos valores de evapotranspiração estimado com a distância radial do tronco da planta e evidenciam também uma redução na evapotranspiração devido à cobertura do solo e ao conseqüente impedimento da evaporação direta da água de sua superfície tanto para irrigação completa (T2) como para a irrigação com *déficit* regulado na fase III (T5) de crescimento do fruto.

#### 4.4.2. Irrigação por microaspersão

A variação da evapotranspiração estimada, em distâncias radiais da planta, no perfil perpendicular à fileira de plantas, na Fase I de crescimento do fruto, sob irrigação completa (T2 – 100% da ETc) e sob irrigação com déficit regulado (T3 – 60% da ETc), com e sem cobertura plástica da área irrigada esta representada na Figura 38. Os dados foram levantados entre 17 e 19/07 e entre 1 e 3/08/07, respectivamente para área sem cobertura e com cobertura do solo. Eles mostram uma redução na evapotranspiração devido à cobertura do solo e ao conseqüente impedimento da evaporação direta da água de sua superfície tanto para irrigação completa (T2) como para a irrigação com déficit regulado na fase I de crescimento do fruto (T3).

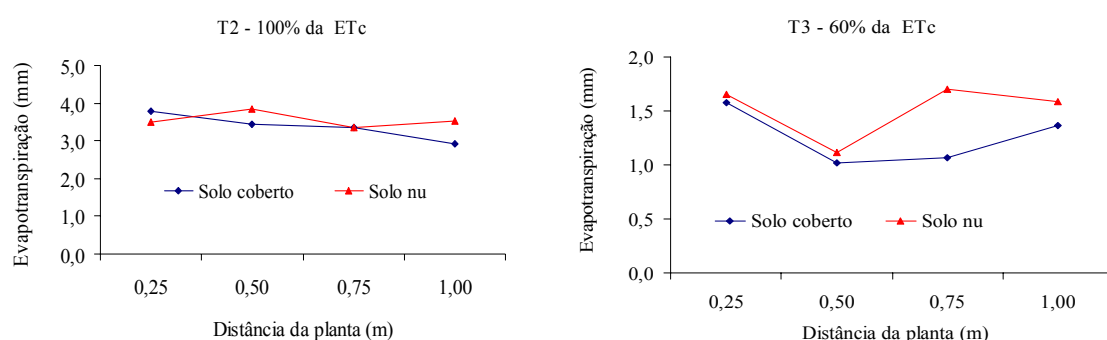


Figura 38. Evapotranspiração da cultura pelo método do balanço hídrico em plantas de manga com irrigação de 100% da ETc e 60% da ETc, durante a fase I de crescimento do fruto, com e sem cobertura da área sombreada pela planta.

A Figura 39 mostra a variação da evapotranspiração estimada, em distâncias radiais da planta, no perfil perpendicular à fileira de plantas, na fase II de crescimento do fruto, sob irrigação completa (T2 – 100% da ETc) e sob irrigação com déficit regulado (T4 – 60% da ETc), com e sem cobertura plástica da área irrigada. Os dados foram coletados entre 21 e 23/08 e entre 4 e 6/09/07, respectivamente para área sem cobertura e com cobertura do solo. Eles mostram uma pequena variação nos valores de evapotranspiração estimado com a distância radial do tronco da planta e evidenciam uma redução na evapotranspiração devido à cobertura do solo e ao conseqüente impedimento da evaporação direta da água de sua superfície tanto para irrigação completa (T2) como para a irrigação com déficit regulado (T4).

A Figura 40 mostra a mesma condição, já anteriormente descrita, embora durante a fase III de crescimento do fruto, sob microaspersão.

Os dados foram levantados entre 11 e 13/09 e entre 2 e 4/10/07, respectivamente para área sem cobertura e com cobertura do solo. Deles pode-se observar que, tanto para irrigação completa (T2) quanto para irrigação com déficit regulado (T5), houve uma

variação da evapotranspiração estimada com a distancia radial do tronco da planta, mostrando uma tendência de ocorrência de valores levemente superiores na parte mais próxima do tronco.

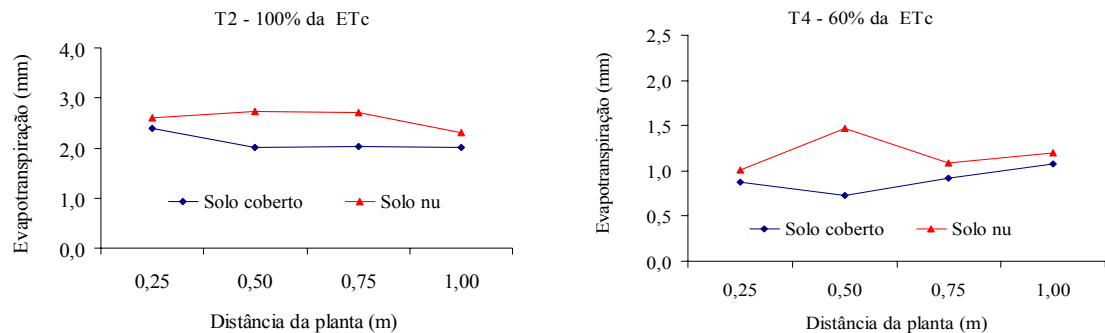


Figura 39. Evapotranspiração da cultura pelo método do balanço hídrico em plantas de manga com irrigação de 100% da ETc e 60% da ETc, durante a fase II de crescimento do fruto, com e sem cobertura da área sombreada pela planta.

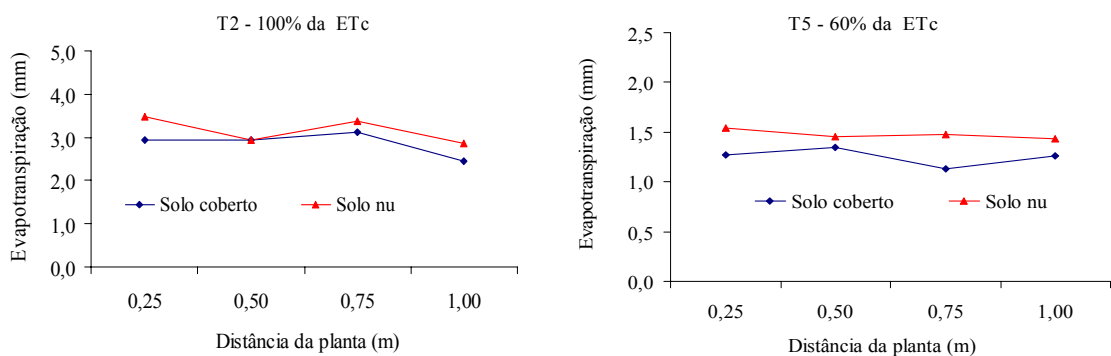


Figura 40. Evapotranspiração da cultura pelo método do balanço hídrico em plantas de manga com irrigação de 100% da ETc e 60% da ETc, durante a Fase III de crescimento do fruto, com e sem cobertura da área sombreada pela planta.

#### 4.5. Calibração dos sensores de dissipação térmica (*Granier*)

Resultados da calibração da célula de carga (lisímetro de pesagem) que foi utilizada no cálculo da transpiração da mangueira objeto da calibração dos sensores de dissipação térmica (*Granier*), são apresentados na Figura 41, onde, além do gráfico, mostra também a equação de regressão, que foi utilizada para transformar as leituras da célula, milivolts, em peso da água transpirada pela planta, quilogramas.

A Figura 42 mostra a variação da leitura da célula de carga, em milivolts, com a radiação solar global, em watts por metro quadrado, evidenciando a redução do peso do conjunto (vaso com mangueira) com a perda de água da mangueira através do processo de transpiração, nos dias Julianos 219, 220, 221 e 222 do ano de 2008. As diferenças

entre os valores em milivolts, empregados na equação da Figura 41, fornecem diretamente o peso de água transpirada pela planta em quilogramas.

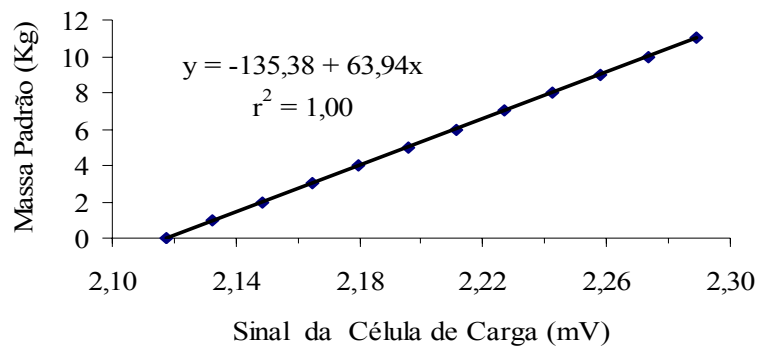


Figura 41. Curva de calibração da célula de carga (lisímetro) utilizada no cálculo da transpiração da mangueira empregada na calibração dos sensores de dissipação térmica (*Granier*).

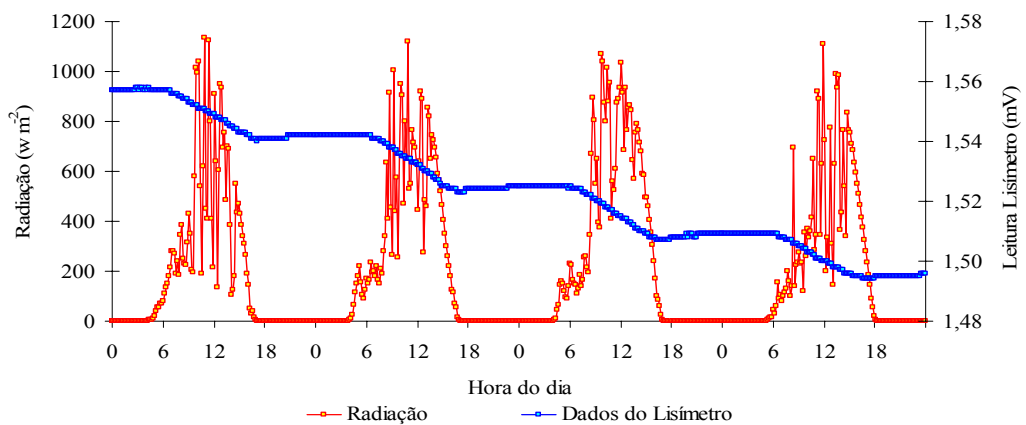


Figura 42. Variação da leitura da célula de carga do lisímetro de pesagem utilizado na determinação da transpiração da mangueira para calibração dos sensores de dissipação térmica (*Granier*) e da radiação solar, nos dias Julianos 219, 220, 221 e 222 de 2008.

Na Figura 43 apresenta-se a transpiração medida pelo lisímetro de pesagem, o fluxo de seiva estimado pela equação geral de *Granier*, a partir de dados obtidos pela sonda de dissipação térmica, e a radiação solar global medida pela estação meteorológica automática montada próximo ao experimento, nos dias Julianos 219, 220, 221 e 222 do ano de 2008, com registros horários. Observa-se, neste caso, que os valores de fluxo de seiva estimado pela equação geral de *Granier* são ligeiramente superiores aos valores de transpiração obtidos diretamente do lisímetro. Este fato contraria resultados encontrados por Vellame (2007), em mangueira, onde a equação geral de *Granier*, empregando dados das sondas de dissipação térmica, subestimou o

fluxo de seiva em aproximadamente 31% em relação à transpiração medida diretamente no lisímetro.

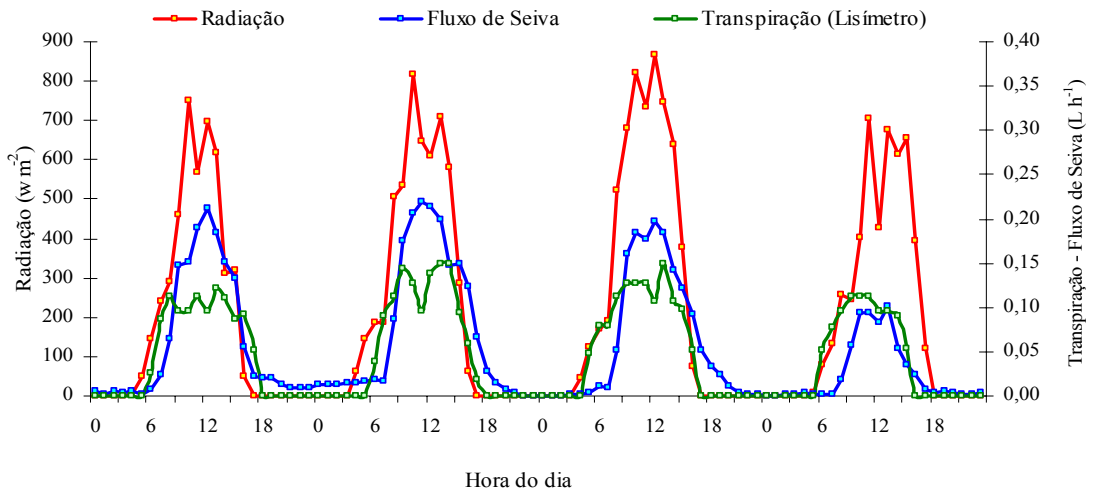


Figura 43. Variação da transpiração medida pelo lisímetro, do fluxo de seiva estimado a partir dos sensores de dissipação térmica e da radiação solar global ao longo dos dias Julianos 219, 220, 221 e 222 durante calibração dos sensores em 2008.

A Figura 44 mostra a relação entre a transpiração medida diretamente pelo lisímetro e o fluxo de seiva estimado pela equação geral de *Granier*, a partir de dados obtidos pelas sondas de dissipação térmica, considerando valores calculados a cada hora e de 24 em 24 horas, para mangueira, em vasos de plástico. Dela pode-se observar que as equações de regressão, que tiveram o intercepto forçado em zero, apresentaram coeficiente angular de 1,0274 e 1,1015 e coeficientes de determinação ( $r^2$ ) de 0,5579 e 0,7532 respectivamente.

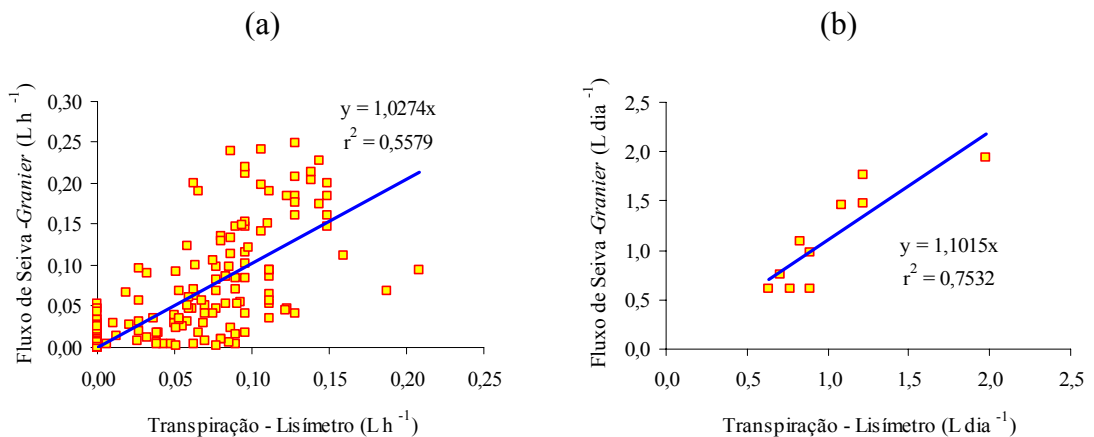


Figura 44. Relação entre a transpiração medida pelo lisímetro e o fluxo de seiva estimado pela equação geral de “*Granier*” em intervalos de (a) 1 e (b) 24 horas na mangueira utilizada para calibração dos sensores de dissipação térmica, durante os dias Julianos de 218 a 227, em 2008.

Estes valores demonstram também que o fluxo de seiva estimado pela equação geral de *Granier* foi por volta de 6,44% superior à transpiração da mangueira determinada diretamente pelo lisímetro. Resultado este que está mais próximo daquele obtido por Rojas (2003), que encontrou uma subestimativa da ordem de 3% do fluxo de seiva, pela equação geral de *Granier*, em relação à transpiração medida diretamente pelo lisímetro, em plantas cítricas no vaso.

Na literatura consultada, pertinente à comparação entre fluxo de seiva estimado pela equação geral de *Granier* e transpiração medida diretamente através de lisímetros de pesagem, em plantas envasadas, tem sido mais comum os resultados com subestimativa do primeiro parâmetro (VELLAME, 2007; ROJAS, 2003; SILVA, 2004).

Não obstante estes resultados, outros autores têm encontrado boa concordância entre a medição do fluxo de seiva pelo método de *Granier* e a transpiração obtida gravimetricamente. Lu e Chacko (1998) estimaram a transpiração do tronco e de ramos de mangueiras de 4 anos de idade, na Austrália, utilizando as sondas de dissipação térmica de *Granier*. Os resultados encontrados foram validados através da correlação com perda de água pela planta, quantificada gravimetricamente, considerando valores calculados a cada hora e de 24 em 24 horas. As equações de regressão, com o intercepto forçado em zero, apresentaram coeficiente angular de 0,90 e 0,95 e coeficientes de determinação ( $r^2$ ) de 0,76 e 0,99 respectivamente.

Lu *et al.* (2002) trabalhando com plantas de bananeira “*Cavendish*” cv. Willians, em vasos de plástico de 50 litros, com uma área de xilema condutor de cerca de 50 cm<sup>2</sup>, correspondente ao cilindro central, encontraram uma boa correlação entre fluxo de seiva diário (x) estimado através do método de dissipação de calor de *Granier* e a perda de água diária medida gravimetricamente, através de lisímetro (y). A equação geral ajustada foi  $y=0,9706 x + 0,203$  ( $r^2=0,92$ ). O máximo valor de fluxo de seiva obtido foi muito similar à perda de água de toda a planta, de 7 kg planta<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>, determinado através do lisímetro.

Ainda Liu *et al.* (2008) trabalhando com mudas de banana de cultura de tecidos (*Musa sp.* subgrupo “*Cavendish*” cv. Grande Naine), em vasos de plástico de 25 litros, encontraram que o fluxo de seiva diário (L planta<sup>-1</sup>) estimado através do método de dissipação de calor de *Granier* é igual a 0,994 vezes a perda de água diária medida gravimetricamente (L planta<sup>-1</sup>), com um coeficiente de correlação de 0,794.

Comparando dados obtidos das sondas de dissipação térmica do presente trabalho com dados obtidos por Vellame (2007) constata-se que houve uma maior

variação dos valores de diferenças térmicas naturais entre o ambiente externo e o tronco da árvore, neste trabalho em relação aquele. Apesar de fazer e desfazer o isolamento por várias vezes, tentando o seu aperfeiçoamento, e com isso reduzir a variação da temperatura na sonda sem aquecimento introduzida no tronco, o valor de amplitude das diferenças térmicas naturais encontrado foi próximo a 3 °C contra 1,5 °C encontrado por Vellame (2007). Possivelmente o fato do experimento ser realizado no semi-árido, onde a amplitude térmica diária chega a ultrapassar os 15 °C em determinadas épocas do ano (ago-nov), tenha proporcionado as elevadas diferenças térmicas naturais registradas pelos sensores não aquecidos e contribuído para a ligeira superestimativa dos valores de fluxo de seiva obtidos pela equação geral de *Granier* em comparação com valores de transpiração determinados diretamente pelo lisímetro de pesagem.

#### 4.6. Fluxo de Seiva

A estimativa do fluxo de seiva da mangueira, objetivando visualizar o efeito do *déficit* hídrico aplicado na irrigação sobre a evapotranspiração da cultura, foi feita utilizando-se sensores de dissipação térmica de *Granier* instalados em galhos que ocupavam posições intermediárias na planta e apresentavam diâmetros semelhantes. A Tabela 6 mostra o diâmetro, a área foliar de cada um dos galhos, e a área foliar total das plantas que constituem os diversos tratamentos, onde foram instalados os sensores para a estimativa do fluxo de seiva.

Tabela 6. Diâmetro (D) e área foliar (AF) dos galhos onde foram instalados os sensores de dissipação térmica (*Granier*), área foliar (AF) e índice de área foliar (IAF) da planta, no início do ciclo produtivo da mangueira “Tommy Atkins”, no ano de 2007.

Tratamento	Gotejamento				Microaspersão			
	Galho		Planta		Galho		Planta	
	D (cm)	AF (m <sup>2</sup> )	AF (m <sup>2</sup> )	IAF	D (cm)	AF (m <sup>2</sup> )	AF (m <sup>2</sup> )	IAF
T1 – Sem irrig.	11,14	12,03	93,49	3,66	11,46	9,33	82,12	2,90
T2 -100 % ETc	12,10	12,50	94,67	3,58	11,52	5,34	96,38	2,50
T3 - 60 % FI	12,10	11,34	84,00	3,54	11,33	8,12	86,73	3,28
T4 - 60 % FII	12,16	7,13	91,99	3,61	11,40	6,67	92,94	3,29
T5 - 60 % FIII	12,22	10,93	87,04	2,88	11,46	6,12	74,15	2,46
T6 - 30 % FI	10,63	9,80	78,01	2,76	10,95	8,23	73,87	2,70
T7 - 30% FII	11,46	7,52	81,03	3,07	11,52	6,07	79,66	2,82
T8 - 30 % FIII	11,14	5,25	82,66	2,92	10,38	8,67	111,62	2,74

Os sensores juntamente com “datalogger” foram montados já em final de julho de 2007, possibilitando a coleta de dados apenas durante 3 dias na Fase I de crescimento

e desenvolvimento do fruto. Diante desta condição analisou-se o fluxo de seiva durante três dias consecutivos, nos oito tratamentos, em cada uma das três fases em que foi dividido o período produtivo da mangueira, desde a floração até o início da maturação e colheita.

Durante a fase I de crescimento do fruto, como não houve problemas com os sensores de dissipação térmica e tampouco com a energia utilizada no aquecimento dos mesmos, todos os tratamentos (T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8) foram monitorados ao mesmo tempo, tanto na área irrigada por microaspersão como na área irrigada por gotejamento. Esta situação facilitou o relacionamento direto dos mesmos com a evapotranspiração de referência, estimada pela equação de Penman-Monteith conforme Allen *et al.* (1998), bem como com a radiação solar medida. Também uma comparação direta dos valores de fluxo de seiva (FS) por área foliar (AF), dos diversos tratamentos, foi possível já que foram determinados em um mesmo período.

Durante as fases II e III de crescimento do fruto, a ocorrência de alguns imprevistos, principalmente relacionados à queima de resistência de sensores, rompimentos de fiação de fornecimento de energia devido ao excesso de vento e mesmo interrupção no fornecimento de energia, impossibilitaram o monitoramento contínuo dos dados, em todos os tratamentos, no mesmo período. Entretanto a maioria dos dados utilizados na estimativa do fluxo de seiva foram coletados em uma seqüência de dia de um mesmo período. Nos tratamentos, onde ocorreram problemas, os dados foram coletados em outro período, porém com valores de radiação e evapotranspiração de referência semelhantes aos já encontrados no período principal, de maneira a não impossibilitar a comparação dos valores de fluxo de seiva por metro quadrado de área foliar estimados.

Além do fluxo de seiva por metro quadrado de área foliar, o fluxo de seiva por unidade de radiação solar (RS) e o fluxo de seiva por unidade de evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), calculada pelo método de Penman-Monteith, a partir de dados horários, coletados na estação meteorológica automática, conforme utilizado por Marin *et al.* (2001), foram comparados entre si na análise dos resultados.

A variação diária de fluxo de seiva estimado, considerando irrigação completa, sem irrigação e irrigação com *déficit* regulado são apresentados nos gráficos a seguir, para área irrigada por gotejamento e por microaspersão respectivamente, nas três fases de crescimento do fruto da mangueira.

#### 4.6.1. Irrigação por gotejamento

Pode-se observar na Figura 45, que o fluxo de seiva estimado pelo método da sonda de dissipação térmica (*Granier*) acompanha a radiação solar medida ao longo dos três dias avaliados para todos os tratamentos. Isto demonstra, além da relação direta das respostas estomáticas com a radiação, também a relação com fatores ambientais como temperatura, vento, água disponível no solo e umidade do ar. Para Coelho Filho (2002) as pequenas variações do fluxo de seiva em relação aos parâmetros climáticos, podem estar associadas às respostas dos mecanismos estomáticos às variações atmosféricas ocorridas no período, pois as resistências internas ao fluxo de água não permitem que o mesmo responda rapidamente à variação da demanda atmosférica. Ainda na Figura 45 pode-se observar que houve coerência entre os valores de fluxo de seiva estimado para os diversos tratamentos. Entre os tratamentos T2, T4, T5, T7 e T8, que não estavam submetidos a qualquer deficiência hídrica na irrigação durante a fase I de crescimento do fruto, apenas o tratamento T8 apresentou um valor relativamente inferior para o fluxo de seiva estimado. Os valores de fluxo de seiva estimado para os tratamentos T1 (sem irrigação) e T6 (RDI – 30% da ETc) foram os inferiores, o que está em parte condizente com a condição de cada um deles. Naturalmente que o tratamento sem irrigação é que deveria apresentar o menor valor de fluxo de seiva estimado, entretanto, durante o segundo ano de condução do experimento, após perceber a falta de efeitos do déficit hídrico aplicado na produção da cultura, constatou-se a presença de lençol freático elevado no lote da área experimental. O monitoramento do lençol, através de nove poços de observação distribuídos na área, permitiu a constatação da variação da sua profundidade entre 1,3 e 1,7 metros, o que possivelmente constituiu na causa de não percepção de *déficit* hídrico acentuado mesmo nos tratamentos sem irrigação (Figuras 25 e 26). No tratamento T3 (RDI com 60% da ETc) o *déficit* de 40% da ETc, aplicado, não foi constatado na estimativa do fluxo de seiva, bem como não foi percebido também pelo tensiômetro instalado no tratamento, que apresentou leitura de tensão de água no solo compatível com o teor de água no solo relativo à capacidade de campo, como pode também ser observados nas Figuras 25 e 26.

Ao amanhecer do dia, observa-se, em todos os tratamentos, independente da aplicação ou não de *déficit* hídrico, que a curva tem progressão vertical rápida com ocorrência de um "pico", próximo ao meio-dia, quando então volta a decrescer. Em alguns casos este "pico" ocorre antes e em outros depois do meio dia, entretanto há um predomínio de ocorrência dos valores máximos de fluxo de seiva coincidindo com os

valores máximos de radiação. Em gráficos apresentados por Vellame (2006), Rojas (2003) e Paço (2003), também é observado esse comportamento. Um outro fator que pode afetar a variação do ponto de máxima ocorrência de fluxo de seiva é a posição de instalação do sensor em relação ao solo.

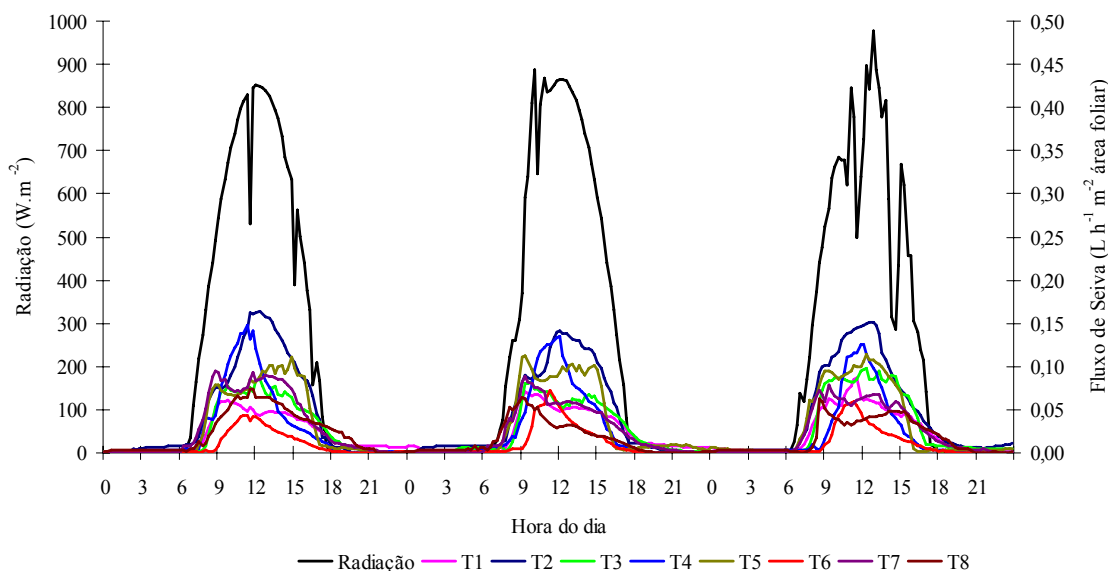


Figura 45. Variação diária do fluxo de seiva (FS) da mangueira ‘Tommy Atkins’ e da radiação solar (RS), nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, durante a fase I de crescimento do fruto, sob irrigação por gotejamento.

Na Tabela 7 são apresentados valores diários de fluxo de seiva no galho (FSg), e médios, de fluxo de seiva na planta (FSp), estimados pelo método do sensor de dissipação térmica (*Granier*), bem como evapotranspiração de referência (ETo), estimada pelo método de Penman-Monteith, e de radiação solar (RS) fornecido pelo radiômetro da estação meteorológica automática. Pode-se observar que durante os três dias avaliados houve pequena variação entre valores de radiação solar e evapotranspiração de referência e talvez este fator tenha contribuído para que os valores de fluxo de seiva estimados não apresentassem uma tendência definida de variação com a os parâmetros supra mencionados.

Os valores de fluxo de seiva estimados variaram em média entre 0,459 e 1,039 L m<sup>-2</sup> de folha dia<sup>-1</sup> para os tratamentos (T2, T4, T5, T7 e T8) que não foram submetidos a *déficit* hídrico durante a fase I de crescimento do fruto. Oliveira *et al.* (2009), encontraram valores variando entre 0,36 e 3,00 L m<sup>-2</sup> folha<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> para quatro cultivares de manga (Tommy Atkins, Palmer, Haden e Van Dyke) com três anos de idade, em Cruz das Almas, Bahia. Na oportunidade os valores de fluxo de seiva foram estimados

pelo método do balanço de calor caulinar (Sakuratani, 1981) e as plantas foram mantidas com umidade do solo próximo à capacidade de campo através de um sistema de irrigação por gotejamento com seis gotejadores, de vazão média e  $2,6 \text{ L h}^{-1}$ , por planta. Os maiores valores de fluxo de seiva estimado, neste caso, podem estar associados por um lado à diferença de tamanho da planta estudada e, por outro, ao método utilizado na estimativa do fluxo de seiva. No presente trabalho, as plantas apresentaram em média  $90,95 \text{ m}^2$  de área foliar enquanto que no trabalho citado as plantas apresentaram em média  $16,70 \text{ m}^2$  e, segundo Rojas (2003), o aumento da área foliar pode interferir no saldo de radiação da copa, no sentido de diminuir o saldo médio por unidade de área foliar devido ao adensamento e auto-sombreamento no interior da copa da planta.

Com relação ao método de estimativa do fluxo de seiva utilizado, alguns autores afirmam que o método do balanço de calor caulinar, utilizado por Oliveira *et al.* (2009), superestima o fluxo de seiva em comparação com o método da sonda de dissipação térmica de Granier. Paço (2003), encontrou uma acentuada subestimativa das medições de transpiração efetuadas com o método de Granier em relação às medições efetuadas com o método de balanço de calor, para pessegueiro. Apesar da excelente correlação encontrada entre os métodos, a transpiração média estimada pelo método de Granier foi cerca de 78% inferior à transpiração estimada pelo método do balanço de calor. Uma situação idêntica, embora não tão pronunciada, foi encontrada por Rojas (2003), trabalhando com citros. Os dados por ele encontrados apresentaram uma tendência de superestimativa média de 35% dos valores calculados pelo método do balanço de calor em relação àqueles calculados pelo método de dissipação térmica e que, segundo ele, não pode ser imputada à diferença de localização dos sensores nos ramos. O autor atribui como prováveis fontes de erro valores de fluxo de seiva noturnos medidos pelo método do balanço de calor e ao efeito dos gradientes térmicos naturais no método de dissipação térmica.

Ferreira *et al.* (1997), utilizou simultaneamente o método de Granier e o método do balanço de calor para a medição da transpiração em pomar de pessegueiro e constatou também uma subestimativa, por parte do método de Granier, da ordem de 38% em média. Por último Vellame (2006) trabalhando com mangueiras de 2,5 anos de idade encontrou uma boa correlação entre os métodos e uma diferença média de apenas 6,5% entre os valores de fluxo de seiva estimados por eles. Portanto tem-se constituído

normal o encontro de valores inferiores quando se utiliza o método dos sensores de dissipação térmica em relação ao método de balanço de calor caulinar.

Tabela 7. Fluxo de seiva na planta (FSp), fluxo de seiva no galho (FSg), evapotranspiração de referência (ETo), radiação solar (RS) e relação entre fluxo de seiva e esses fatores, na fase I de crescimento do fruto da mangueira ‘Tommy Atkins’, sob irrigação por gotejamento.

Tratamento	Eto	RS	FSg	Relação		FSp
	mm dia <sup>-1</sup>	MJ m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup>	L m <sup>-2</sup> folha dia <sup>-1</sup>	FSg/RS	FSg/Eto	L dia <sup>-1</sup>
T1 sem irrig.	4,46	21,13	0,488	0,023	0,109	49,51
	4,32	21,02	0,542	0,026	0,125	
	4,34	19,77	0,559	0,028	0,129	
Média	4,38	20,64	0,530	0,026	0,121	
T2 -100 % ETc	4,46	21,13	1,079	0,051	0,242	98,44
	4,32	21,02	0,985	0,047	0,228	
	4,34	19,77	1,055	0,053	0,243	
Média	4,38	20,64	1,040	0,050	0,238	
T3 - 60 % FI	4,46	21,13	0,618	0,029	0,138	54,27
	4,32	21,02	0,602	0,029	0,139	
	4,34	19,77	0,719	0,036	0,166	
Média	4,38	20,64	0,646	0,031	0,148	
T4 - 60 % FII	4,46	21,13	0,687	0,033	0,154	57,44
	4,32	21,02	0,651	0,031	0,151	
	4,34	19,77	0,535	0,027	0,123	
Média	4,38	20,64	0,624	0,030	0,143	
T5 - 60 % FIII	4,46	21,13	0,743	0,035	0,166	65,97
	4,32	21,02	0,764	0,036	0,177	
	4,34	19,77	0,768	0,039	0,177	
Média	4,38	20,64	0,758	0,037	0,173	
T6 - 30 % FI	4,46	21,13	0,220	0,010	0,049	19,23
	4,32	21,02	0,274	0,013	0,063	
	4,34	19,77	0,245	0,012	0,057	
Média	4,38	20,64	0,246	0,012	0,056	
T7 - 30% FII	4,46	21,13	0,742	0,035	0,166	51,40
	4,32	21,02	0,571	0,027	0,132	
	4,34	19,77	0,589	0,030	0,136	
Média	4,38	20,64	0,634	0,031	0,145	
T8 - 30 % FIII	4,46	21,13	0,564	0,027	0,126	37,94
	4,32	21,02	0,380	0,018	0,088	
	4,34	19,77	0,433	0,022	0,100	
Média	4,38	20,64	0,459	0,022	0,105	

Simões (2007) trabalhando com lima ácida “Tahiti”, com elevada área foliar (aproximadamente 180 m<sup>2</sup>), encontrou valores de fluxo de seiva estimado pelo método do balanço de calor, variando em média entre 0,320 e 0,686 L m<sup>-2</sup> de folha dia<sup>-1</sup>, que estão mais próximos aos valores encontrados neste estudo. Entretanto estes valores foram considerados baixos quando comparados com os resultados de pesquisas com limão efetuadas por Coelho Filho (2002), Marin *et al.* (2002) e Rojas (2003), que

obtiveram valores variando de 1,00 a 1,83 L m<sup>-2</sup> de folha dia<sup>-1</sup> em plantas jovens e com área foliar inferior.

Também outro fator que pode explicar os menores valores de fluxo de seiva estimados no presente estudo, em comparação com valores encontrados por Oliveira *et al.*, (2005), dentre outros trabalhos pertinentes, é a idade da planta. Normalmente em plantas mais jovens, a maior transpiração está relacionada com o metabolismo mais ativo nessa fase. Também há uma menor regulação da perda de água em folhas novas, comparativamente a folhas adultas, pois carecem da rigidez estrutural e não possuem tanta cera cuticular quanto as folhas maduras, conforme Syvertsen (1982). Corroborando estas observações Oguntunde e Oguntuase (2007) encontraram densidade de fluxo de seiva média diária próximo de 16 g cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> para mangueiras com 4 anos de idade contra valores próximos de 8 g cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> para mangueiras com 43 anos de idade, durante o período de maior intensidade de radiação solar diário, em Ejura, Gana.

Ainda da Tabela 7 pode-se observar que o tratamento com irrigação completa T2, foi o que apresentou maior fluxo de seiva estimado na fase I de crescimento do fruto e o tratamento T6 (RDI com 60% da ETc) foi o que apresentou menor fluxo de seiva estimado, contrariando as expectativas, apesar do *déficit* de 40% da ETc aplicado durante esta fase de crescimento do fruto. O resultado mais coerente seria menor fluxo de seiva estimado para o tratamento T1, sem irrigação, entretanto tais distorções podem estar relacionadas a falhas na confecção dos sensores e também à presença do lençol freático elevado na área, impedindo a percepção do *déficit* pela planta, como já mencionado anteriormente.

Os valores das relações FSg/RS e FSg/ETo nesta situação acompanharam a mesma análise já realizada para os valores de FSg pois os resultados foram obtidos em um mesmo período para todos os tratamentos e a variação nos valores de ETo e RS foi bastante pequena.

Na Figura 46 se pode observar que, durante a fase II de crescimento do fruto, o fluxo de seiva estimado, através do método da sonda de dissipação térmica, também acompanhou a variação da radiação solar medida ao longo dos três dias avaliados para todos os tratamentos, sob irrigação por gotejamento.

Ainda no gráfico apresentado na Figura 46, de maneira semelhante ao ocorrido durante a fase I, os valores de fluxo de seiva estimado para os tratamentos T2, T3, T5, T6 e T8, que não estavam submetidos a qualquer deficiência hídrica na irrigação durante a fase II de crescimento do fruto, apresentaram alguma inconsistências. Destes,

os valores estimados para os tratamentos T2, T3 e T5, apresentam-se coerentes com a condição de irrigação sem *déficit*, enquanto que os valores estimados para os tratamentos T6 e T8, fugiram à regra e apresentam-se relativamente inferiores. Os valores de fluxo de seiva estimado para os tratamentos T1 (sem irrigação) e T4 (RDI – 60% da ETc) apresentaram-se coerentes com a condição de *déficit* aplicado em cada um deles. Já o tratamento T7 (RDI – 30% da ETc) apresentou valores estimados de fluxo de seiva, acima da média dos valores estimados nos tratamentos sob *déficit* de irrigação, na fase II de crescimento do fruto, sob gotejamento. Também nesta fase era esperado que o tratamento sem irrigação (T1) apresentasse o menor valor de fluxo de seiva estimado, entretanto isto não aconteceu, sendo este valor observado no tratamento T6, que não estava submetido a qualquer *déficit* na oportunidade. Esta é uma situação inesperada, que se pode imputar, como já observado anteriormente, a falhas na confecção dos sensores, ou, como hipótese mais provável, à presença do lençol freático elevado na área, impedindo a percepção do *déficit* pela planta como observado no gráfico de tensão de água no solo apresentado nas Figuras 24 e 25.

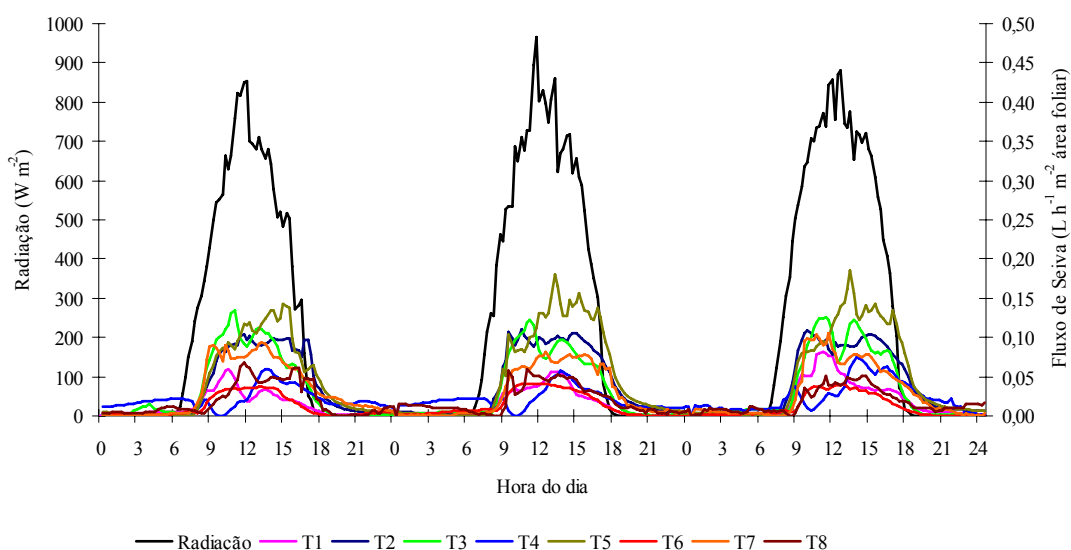


Figura 46. Variação diária do fluxo de seiva (FS) da mangueira ‘Tommy Atkins’ e da radiação solar (RS), nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, durante a fase II de crescimento do fruto, sob irrigação por gotejamento.

Na Tabela 8 pode-se observar que durante os três dias avaliados na fase II de crescimento do fruto houve uma variação maior nos valores de radiação solar e evapotranspiração de referência, entretanto ainda não foi apresentada uma tendência definida de variação dos valores de fluxo de seiva estimados com os parâmetros supra mencionados. Estes variaram em média entre 0,306 e 1,136 L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> para os

tratamentos (T2, T3, T5, T6 e T8) que não foram submetidos a *déficit* hídrico durante a fase II de crescimento do fruto, mostrando-se muito semelhante aos valores encontrados na fase I de crescimento do fruto e, portanto, inferiores aos encontrados por Oliveira *et al.* (2009), utilizando o método do balanço de calor, conforme já comentado.

Tabela 8. Fluxo de seiva na planta (FSp), fluxo de seiva no galho (FSg), evapotranspiração de referência (ETo), radiação solar (RS) e relação entre fluxo de seiva e esses fatores, na fase II de crescimento do fruto da mangueira ‘Tommy Atkins’, sob irrigação por gotejamento.

Tratamento	ETo	RS	FSg	Relação		FSp
	mm dia <sup>-1</sup>	MJ m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup>	L m <sup>-2</sup> folha dia <sup>-1</sup>	FSg/RS	FSg/ETo	L dia <sup>-1</sup>
T1 sem irrig.	5,19	23,72	0,319	0,013	0,062	36,18
	4,68	21,97	0,346	0,016	0,074	
	4,14	16,95	0,496	0,029	0,120	
Média	4,67	20,88	0,387	0,019	0,085	
T2 -100 % ETc	3,84	13,88	0,883	0,064	0,230	89,08
	4,05	20,46	0,957	0,047	0,236	
	4,11	21,87	0,983	0,045	0,239	
Média	4,00	18,74	0,941	0,052	0,235	
T3 - 60 % FI	5,45	20,62	0,855	0,041	0,157	70,98
	4,96	23,31	0,799	0,034	0,161	
	5,19	23,72	0,881	0,037	0,170	
Média	5,20	22,55	0,845	0,038	0,163	
T4 - 60 % FII	5,19	23,72	0,522	0,022	0,101	49,49
	4,68	21,97	0,498	0,023	0,107	
	4,91	23,91	0,594	0,025	0,121	
Média	4,92	23,20	0,538	0,023	0,109	
T5 - 60 % FIII	3,84	13,88	1,001	0,072	0,261	98,82
	4,05	20,46	1,209	0,059	0,298	
	4,11	21,87	1,197	0,055	0,291	
Média	4,00	18,74	1,135	0,062	0,283	
T6 - 30 % FI	5,45	20,62	0,287	0,014	0,053	23,87
	5,19	23,72	0,340	0,014	0,066	
	4,68	21,97	0,291	0,013	0,062	
Média	5,10	22,10	0,306	0,014	0,060	
T7 - 30% FII	4,02	19,41	0,796	0,041	0,198	60,70
	3,84	13,88	0,695	0,050	0,181	
	4,05	20,46	0,756	0,037	0,187	
Média	3,97	17,92	0,749	0,043	0,189	
T8 - 30 % FIII	3,84	13,88	0,471	0,034	0,123	38,51
	4,05	20,46	0,483	0,024	0,119	
	4,11	21,87	0,444	0,020	0,108	
Média	4,00	18,74	0,466	0,026	0,117	

Ainda da Tabela 8 pode-se observar, que o tratamento T5, com irrigação completa na ocasião, foi o que apresentou maior fluxo de seiva estimado nesta fase II de crescimento do fruto e, por outro lado, o tratamento T6, também não submetido a *déficit* hídrico, foi o que apresentou menor fluxo de seiva estimado, contrariando as

expectativas. Como já comentado anteriormente, possivelmente falhas na confecção do sensor de dissipação térmica utilizado pode ter contribuído decisivamente para a ocorrência de tais distorções.

Toda análise efetuada para os valores de fluxo de seiva no galho (FSg), em  $L\ m^{-2}\ dia^{-1}$ , neste caso também foram válidas para os valores das relações FSg/RS e FSg/ETo que apresentaram comportamento semelhantes, mesmo que os resultados não foram obtidos em um mesmo período para todos os tratamentos.

Na fase III de crescimento do fruto, na Figura 47, observa-se, como já ocorrido nas fases I e II, que o fluxo de seiva estimado pelo método da sonda de dissipação térmica (*Granier*) acompanha a radiação solar medida ao longo dos três dias avaliados para todos os tratamentos. Em todos eles, independente da aplicação ou não de *déficit* hídrico, observa-se logo ao amanhecer do dia, que a curva tem progressão vertical rápida com ocorrência de um "pico", próximo ao meio-dia, quando então volta a decrescer. Em alguns casos este "pico" ocorre antes e em outros depois do meio dia, entretanto há um predomínio de ocorrência dos valores máximos de fluxo de seiva coincidindo com os valores máximos de radiação.

O comportamento descrito anteriormente é o mesmo observado por diversos autores em trabalhos semelhantes, já citados no início da discussão sobre fluxo de seiva.

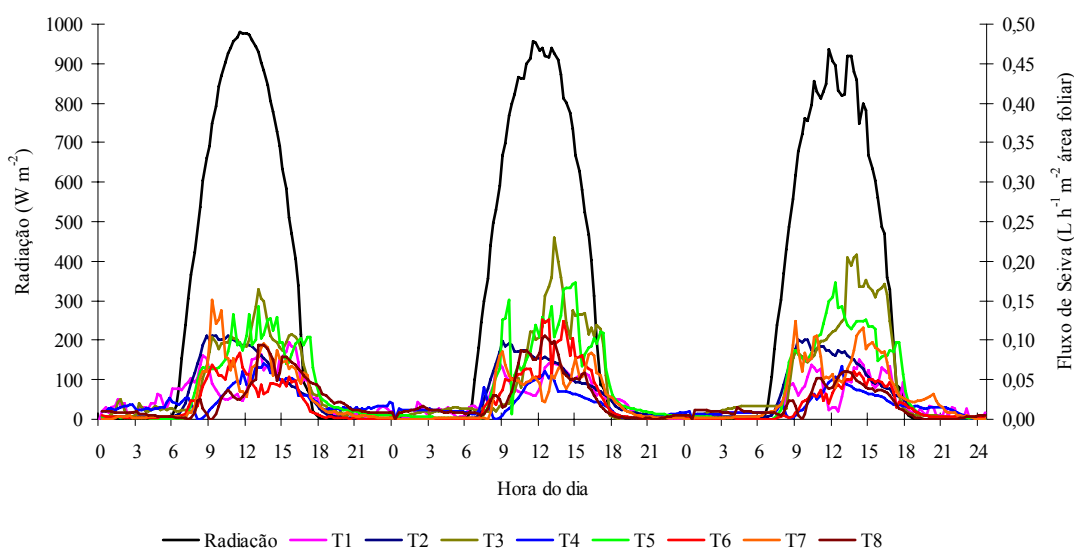


Figura 47. Variação diária do fluxo de seiva (FS) da mangueira ‘Tommy Atkins’ e da radiação solar (RS), nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, durante a fase III de crescimento do fruto, sob irrigação por gotejamento.

Ainda do gráfico apresentado na Figura 47 pode-se observar, como nas fases anteriores, a ocorrência de distorções nos valores de fluxo de seiva estimado para os

diversos tratamentos. Entre os tratamentos T2, T3, T4, T6 e T7, que não estavam submetidos a qualquer deficiência hídrica na irrigação durante a fase III de crescimento do fruto, os tratamentos T2, T3, e T7 apresentaram valores de fluxo de seiva estimado, compatíveis com a situação, entretanto os tratamentos T4 e T6 apresentaram valores relativamente inferiores para a condição de irrigação sem *déficit*. Possivelmente a sonda utilizada no tratamento T6 tenha algum defeito, pois independente de estar ou não submetido a *déficit*, os valores de fluxo de seiva foram subestimados em todas as fases. Já no tratamento T4 torna-se difícil a explicação para este comportamento, pois o fluxo de seiva estimado durante a fase I foi também compatível com a situação.

Dos tratamentos submetidos a *déficit* hídrico, durante a fase III de crescimento do fruto, o T1 (sem irrigação) e o T8 (RDI – 30% da ETc) apresentaram valores de fluxo de seiva estimado aceitáveis e até compatíveis com as condições de *déficit* hídrico a que estavam submetidos na ocasião. Entretanto o tratamento T8 já vem subestimando os valores de fluxo de seiva desde a fase I, independente de estar submetido ou não a *déficit* hídrico. Também o tratamento T5 (RDI – 60% da ETc), sob a mesma condição, apresentou fluxo de seiva estimado superior à média encontrada para os tratamentos não submetidos a *déficit* hídrico.

A Tabela 9 apresenta valores diários de fluxo de seiva no galho (FSg), e médios, de fluxo de seiva na planta (FSp), estimados pelo método do sensor de dissipação térmica (*Granier*), bem como da evapotranspiração de referência (ETo), estimada pelo método de Penman-Monteith, e de radiação solar (RS) fornecido pelo radiômetro da estação meteorológica automática, para a fase III de crescimento do fruto, sob irrigação por gotejamento. Observa-se que, apesar da ocorrência dos três dias avaliados, muitas vezes em períodos diferentes, houve pequena variação entre valores de radiação solar e evapotranspiração de referência, para os diversos tratamentos, sendo este possivelmente o fator responsável pela inexistência de uma tendência definida de variação do fluxo de seiva estimado com a os parâmetros supra mencionados.

Os valores de fluxo de seiva estimados variaram em média entre 0,482 e 1,117 L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> para os tratamentos (T2, T3, T4, T6 e T7) que não foram submetidos a *déficit* hídrico durante a fase III de crescimento do fruto, mostrando-se muito semelhante aos valores encontrados nas fases I e II de crescimento do fruto, sob gotejamento, e, portanto, inferiores aos encontrados por Oliveira *et al.* (2009), conforme já comentado. Também nesta situação, os valores de fluxo de seiva estimado nos tratamentos T4 e T6

foram inferiores aos demais, reforçando a possibilidade de defeito já comentada anteriormente.

Tabela 9. Fluxo de seiva na planta (FSp), fluxo de seiva no galho (FSg), evapotranspiração de referência (ETo), radiação solar (RS) e relação entre fluxo de seiva e esses fatores, na fase III de crescimento do fruto da mangueira ‘Tommy Atkins’, sob irrigação por gotejamento.

Tratamento	ETo	RS	FSg	Relação		FSp
	mm dia <sup>-1</sup>	MJ m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup>	L m <sup>-2</sup> folha dia <sup>-1</sup>	FSg/RS	FSg/ETo	L dia <sup>-1</sup>
T1 sem irrig.	5,41	26,26	0,774	0,029	0,143	61,23
	5,81	25,83	0,612	0,024	0,105	
	5,83	25,46	0,579	0,023	0,099	
Média	5,68	25,85	0,655	0,025	0,116	
T2 -100 % ETc	5,65	25,21	0,804	0,032	0,142	71,73
	5,43	25,28	0,726	0,029	0,134	
	5,34	24,15	0,743	0,031	0,139	
Média	5,47	24,88	0,758	0,030	0,138	
T3 - 60 % FI	5,36	24,35	1,046	0,043	0,195	93,86
	5,39	25,11	1,048	0,042	0,194	
	4,51	21,71	1,258	0,058	0,279	
Média	5,09	23,72	1,117	0,048	0,223	
T4 - 60 % FII	5,81	25,83	0,606	0,023	0,104	44,35
	5,83	25,46	0,422	0,017	0,072	
	6,22	24,23	0,418	0,017	0,067	
Média	5,96	25,18	0,482	0,019	0,081	
T5 - 60 % FIII	5,36	24,35	1,008	0,041	0,188	92,16
	5,39	25,11	1,093	0,044	0,203	
	4,51	21,71	1,076	0,050	0,239	
Média	5,09	23,72	1,059	0,045	0,210	
T6 - 30 % FI	5,41	26,26	0,499	0,019	0,092	39,95
	5,81	25,83	0,662	0,026	0,114	
	5,83	25,46	0,375	0,015	0,064	
Média	5,68	25,85	0,512	0,020	0,090	
T7 - 30% FII	5,39	25,11	0,748	0,030	0,139	58,29
	4,51	21,71	0,572	0,026	0,127	
	5,12	24,73	0,838	0,034	0,164	
Média	5,01	23,85	0,719	0,030	0,143	
T8 - 30 % FIII	5,26	26,58	0,616	0,023	0,117	46,61
	5,60	26,35	0,634	0,024	0,113	
	5,65	26,12	0,442	0,017	0,078	
Média	5,50	26,35	0,564	0,021	0,103	

#### 4.6.2. Irrigação por microaspersão

Também sob irrigação por microaspersão, como já observado nas fases I, II e III de crescimento do fruto sob irrigação por gotejamento, o gráfico mostrado na Figura 48 revela que o fluxo de seiva estimado pelo método da sonda de dissipação térmica (*Granier*) acompanha a radiação solar medida ao longo dos três dias avaliados para todos os tratamentos.

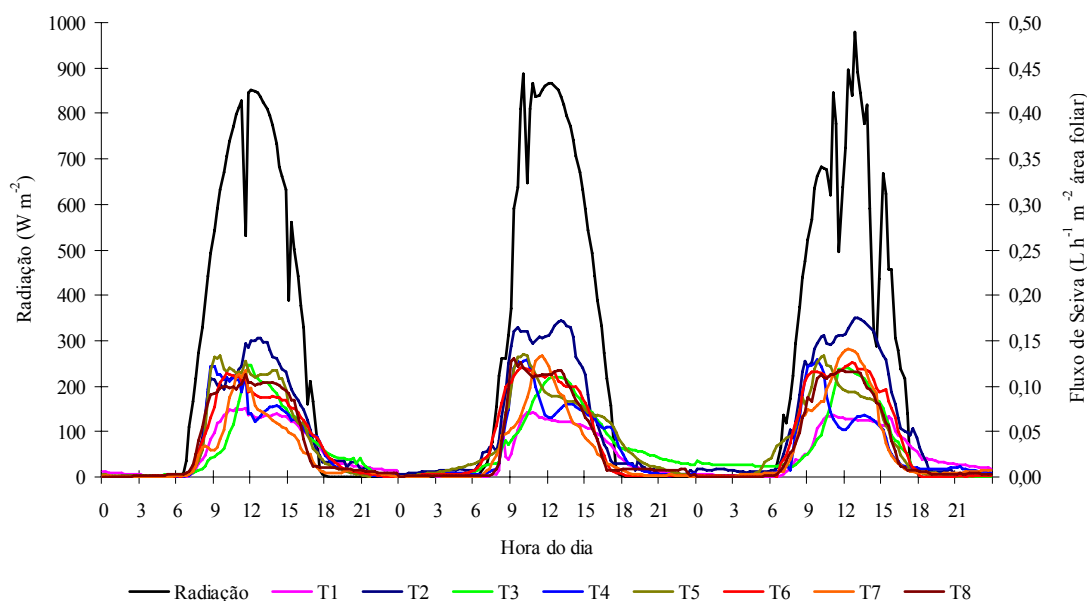


Figura 48. Variação diária do fluxo de seiva (FS) da mangueira ‘Tommy Atkins’ e da radiação solar (RS), nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, durante a fase I de crescimento do fruto, sob irrigação por microaspersão.

Os perfis apresentados no gráfico mostram algumas distorções na primeira fase de crescimento do fruto, sob irrigação por microaspersão. Entre os tratamentos T2, T4, T5, T7 e T8, que não estavam submetidos a qualquer deficiência hídrica na irrigação durante a fase I de crescimento do fruto, apenas o tratamento T7 apresentou um valor relativamente inferior para o fluxo de seiva estimado. Os valores de fluxo de seiva estimado para o tratamento T1 (sem irrigação) foram os inferiores, o que está condizente com a condição de *déficit* hídrico a que está submetido. Já para os tratamentos T3 (RDI – 60% da ETc) e T6 (RDI – 30% da ETc) os *déficit* de 40% e 70% da ETc aplicados, respectivamente, não foram percebidos na estimativa do fluxo de seiva, e também não foram constatados pelos tensiômetros instalados nos tratamentos, que apresentaram leitura de tensão de água no solo compatível com o teor de água no solo relativo à capacidade de campo (Figuras 25 e 26). A presença do lençol freático, com profundidade variando entre 1,3 e 1,7 metros, no lote da área experimental, constatado através do monitoramento de nove poços de observação distribuídos na área, pode justificar tais distorções.

A Tabela 10 apresenta valores diários de fluxo de seiva no galho (FSg), e médios, de fluxo de seiva na planta (FSp), estimados pelo método do sensor de dissipação térmica (*Granier*), bem como evapotranspiração de referencia (ETo), estimada pelo método de Penman-Monteith, e de radiação solar (RS) fornecido pelo

radiômetro da estação meteorológica automática, para a fase I de crescimento do fruto, sob irrigação por microaspersão. Neste caso, como na fase I de crescimento do fruto sob irrigação por gotejamento, os dados foram coletados em um mesmo período (7, 8 e 9/08/2007) para todos os tratamentos. Pode-se observar que durante os três dias avaliados houve pequena variação entre valores de radiação solar e evapotranspiração de referência e não se constatou uma tendência definida de variação dos valores de fluxo de seiva estimados com estes parâmetros.

Tabela 10. Fluxo de seiva na planta (FSp), fluxo de seiva no galho (FSg), evapotranspiração de referência (ETo), radiação solar (RS) e relação entre fluxo de seiva e esses fatores, na fase I de crescimento do fruto da mangueira ‘Tommy Atkins’, sob irrigação por microaspersão.

Tratamento	ETo	RS	FSg	Relação		FSp
	mm dia <sup>-1</sup>	MJ m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup>	L m <sup>-2</sup> folha dia <sup>-1</sup>	FSg/RS	FSr/ETo	L dia <sup>-1</sup>
T1 sem irrig.	4,46	21,13	0,678	0,032	0,152	50,93
	4,32	21,02	0,563	0,027	0,130	
	4,34	19,77	0,619	0,031	0,143	
Média	4,38	20,64	0,620	0,030	0,142	
T2 -100 % ETc	4,46	21,13	1,101	0,052	0,247	120,97
	4,32	21,02	1,278	0,061	0,296	
	4,34	19,77	1,386	0,070	0,319	
Média	4,38	20,64	1,255	0,061	0,287	
T3 - 60 % FI	4,46	21,13	0,746	0,035	0,167	69,19
	4,32	21,02	0,881	0,042	0,204	
	4,34	19,77	0,766	0,039	0,176	
Média	4,38	20,64	0,798	0,039	0,182	
T4 - 60 % FII	4,46	21,13	0,812	0,038	0,182	72,10
	4,32	21,02	0,828	0,039	0,192	
	4,34	19,77	0,688	0,035	0,158	
Média	4,38	20,64	0,776	0,038	0,177	
T5 - 60 % FIII	4,46	21,13	0,966	0,046	0,216	70,02
	4,32	21,02	0,999	0,048	0,231	
	4,34	19,77	0,868	0,044	0,200	
Média	4,38	20,64	0,944	0,046	0,216	
T6 - 30 % FI	4,46	21,13	0,861	0,041	0,193	67,46
	4,32	21,02	0,912	0,043	0,211	
	4,34	19,77	0,968	0,049	0,223	
Média	4,38	20,64	0,913	0,044	0,209	
T7 - 30% FII	4,46	21,13	0,601	0,028	0,135	55,49
	4,32	21,02	0,671	0,032	0,155	
	4,34	19,77	0,818	0,041	0,188	
Média	4,38	20,64	0,697	0,034	0,159	
T8 - 30 % FIII	4,46	21,13	0,881	0,042	0,198	95,10
	4,32	21,02	0,859	0,041	0,199	
	4,34	19,77	0,815	0,041	0,188	
Média	4,38	20,64	0,852	0,041	0,195	

Os valores de fluxo de seiva estimados variaram em média entre 0,697 e 1,255 L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> para os tratamentos (T2, T4, T5, T7 e T8) que não foram submetidos a *déficit* hídrico durante a fase I de crescimento do fruto. Percebe-se neste caso que os valores também são ligeiramente superiores aos estimados na mesma fase, sob irrigação por gotejamento. Conforme já comentado anteriormente, este comportamento pode estar ligado à capacidade de retenção de água um pouco superior do solo da área irrigada por microaspersão, como se pode observar nos perfis de distribuição de água no solo, traçados a partir de valores de teor de água no solo acompanhados pela TDR, nas Figuras de 27 a 34.

Apesar de superior, em comparação com plantas sob gotejamento, os valores de fluxo de seiva aqui estimado também são inferiores aos encontrados por Oliveira *et al.* (2009), para quatro cultivares de manga (Tommy Atkins, Palmer, Haden e Van Dyke) com três anos de idade, em Cruz das Almas, Bahia, utilizando o método do balanço de calor.

Ainda na Tabela 10 pode-se observar que o tratamento sem irrigação (T1) foi o que apresentou o menor fluxo de seiva estimado no galho, bem como as menores relações FSg/RS e FSg/ETo e também o menor fluxo de seiva na planta. Os outros tratamentos submetidos a *déficit* hídrico nesta fase I, sob microaspersão, T3 (RDI – 60% da ETc) e T6 (RDI – 30% da ETc) apresentaram valores médios de fluxo de seiva estimado de 0,798 e 0,914 L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> respectivamente, que estão muito próximos da média geral dos tratamentos não submetidos a *déficit* hídrico nesta fase, equivalente a 0,905 L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, evidenciando portanto a não percepção do *déficit* aplicado.

Também durante a Fase II de crescimento do fruto como se observa na Figura 49, o fluxo de seiva estimado acompanhou a variação da radiação solar medida ao longo dos três dias avaliados para todos os tratamentos, mostrando o perfil típico encontrado até aqui como em trabalhos de Vellame (2006), Rojas (2003) e Paço (2003).

Semelhante ao ocorrido durante a fase I, também na fase II, como apresentado na Figura 49, os valores de fluxo de seiva estimado para os tratamentos T2, T3, T5, T6 e T8, que não estavam submetidos a qualquer deficiência hídrica na irrigação durante esta fase de crescimento do fruto, apresentaram alguma inconsistência. Destes, os valores estimados para os tratamentos T2, T3 e T6 e T8 apresentam-se mais próximos, enquanto que os valores estimados para o tratamento T5, fugiram à regra e apresentam-se relativamente inferiores. Os valores de fluxo de seiva estimado para os tratamentos T1 (sem irrigação) e T7 (RDI – 30% da ETc) apresentaram-se coerentes com a condição de

*déficit* aplicado em cada um deles. Já o tratamento T4 (RDI – 60% da E<sub>Tc</sub>) apresentou valores estimados de fluxo de seiva mais compatível com os valores estimados para os tratamentos não submetidos a *déficit* de irrigação, na fase II de crescimento do fruto. Também nesta fase o menor fluxo de seiva estimado não correspondeu ao tratamento sem irrigação (T1), sendo este valor observado no tratamento T7, que também estava submetido a *déficit* hídrico de 70% da E<sub>Tc</sub>, entretanto os valores encontrados para os tratamentos T1 e T7 situaram-se muito próximos. Como já mencionado anteriormente, a explicação mais provável para esta situação esta relacionada à presença do lençol freático elevado na área, que possivelmente tenha amenizado o *déficit* aplicado nos tratamentos, impedindo a percepção do mesmo pela planta.

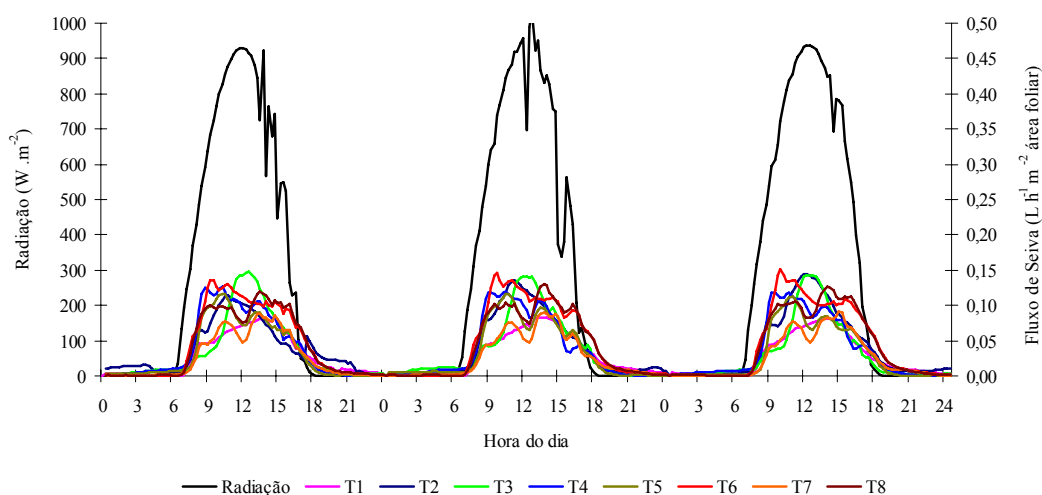


Figura 49. Variação diária do fluxo de seiva (FS) da mangueira ‘Tommy Atkins’ e da radiação solar (RS), nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, durante a fase II de crescimento do fruto, sob irrigação por microaspersão.

Na Tabela 11 pode-se observar que durante os três dias avaliados na fase II de crescimento do fruto, sob irrigação por microaspersão, os valores de fluxo de seiva estimado são, em média, superiores aos valores encontrados na mesma fase sob irrigação por gotejamento. Eles variaram em média entre 0,784 e 1,111 L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> para os tratamentos (T2, T3, T5, T6 e T8) que não foram submetidos a *déficit* hídrico durante a fase II de crescimento do fruto, mostrando-se muito semelhante aos valores encontrados na fase I, portanto, inferiores aos encontrados por Oliveira *et al.* (2009), utilizando o método do balanço de calor, que variaram entre 0,36 e 3,00 L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup> conforme já comentado.

Tabela 11. Fluxo de seiva na planta (FSp), fluxo de seiva no galho (FSg), evapotranspiração de referência (ETo), radiação solar (RS) e relação entre fluxo de seiva e esses fatores, na fase II de crescimento do fruto da mangueira ‘Tommy Atkins’, sob irrigação por microaspersão.

Tratamento	ETo	RS	FSg	Relação		FSp
	mm dia <sup>-1</sup>	MJ m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup>	L m <sup>-2</sup> folha dia <sup>-1</sup>	FSg/RS	FSg/ETo	L dia <sup>-1</sup>
T1 sem irrig.	5,16	23,79	0,682	0,029	0,132	55,20
	5,11	23,66	0,683	0,029	0,134	
	5,21	24,63	0,652	0,026	0,125	
Média	5,16	24,03	0,67	0,03	0,13	
T2 -100 % ETc	4,50	20,62	0,912	0,044	0,202	92,14
	4,71	23,31	0,958	0,041	0,203	
	4,56	23,05	0,998	0,043	0,219	
Média	4,59	22,33	0,96	0,04	0,21	
T3 - 60 % FI	4,91	23,91	0,867	0,036	0,177	73,24
	4,80	21,89	0,891	0,041	0,186	
	5,16	23,79	0,776	0,033	0,150	
Média	4,96	23,20	0,84	0,04	0,17	
T4 - 60 % FII	5,16	23,79	0,949	0,040	0,184	84,94
	5,11	23,66	0,907	0,038	0,177	
	5,21	24,63	0,886	0,036	0,170	
Média	5,16	24,03	0,91	0,04	0,18	
T5 - 60 % FIII	5,16	23,79	0,800	0,034	0,155	58,17
	5,11	23,66	0,814	0,034	0,159	
	5,21	24,63	0,739	0,030	0,142	
Média	5,16	24,03	0,78	0,03	0,15	
T6 - 30 % FI	5,16	23,79	1,079	0,045	0,209	82,03
	5,11	23,66	1,134	0,048	0,222	
	5,21	24,63	1,119	0,045	0,215	
Média	5,16	24,03	1,11	0,05	0,22	
T7 - 30% FII	5,16	23,79	0,647	0,027	0,125	51,53
	5,11	23,66	0,654	0,028	0,128	
	5,21	24,63	0,640	0,026	0,123	
Média	5,16	24,03	0,65	0,03	0,13	
T8 - 30 % FIII	5,16	23,79	0,992	0,042	0,192	113,34
	5,11	23,66	1,019	0,043	0,199	
	5,21	24,63	1,035	0,042	0,199	
Média	5,16	24,03	1,02	0,04	0,20	

Pode-se observar ainda na Tabela 11, que o tratamento T2, T6 e T8, todos com irrigação completa na ocasião, foram os que apresentaram os maiores valores de fluxo de seiva estimados nesta fase II de crescimento do fruto e, por outro lado, os tratamentos T7 (RDI – 30% da ETc) e T1 (sem irrigação) apresentaram os menores valores de fluxo de seiva estimados, nesta ordem.

Toda análise efetuada para os valores de fluxo de seiva no galho (FSg), em L m<sup>-2</sup> dia<sup>-1</sup>, neste caso também foram válidas para os valores das relações FSg/RS e FSg/ETo que apresentaram comportamento semelhantes, mesmo que os resultados não foram obtidos em um mesmo período para todos os tratamentos.

Também na fase III de crescimento do fruto a Figura 50 mostra o perfil típico já descrito anteriormente, com o fluxo de seiva estimado pelo método da sonda de

dissipação térmica (*Granier*) acompanhando a radiação solar medida ao longo dos três dias avaliados para todos os tratamentos. Este comportamento é o mesmo observado por diversos autores em trabalhos semelhantes, conforme já mencionado anteriormente.

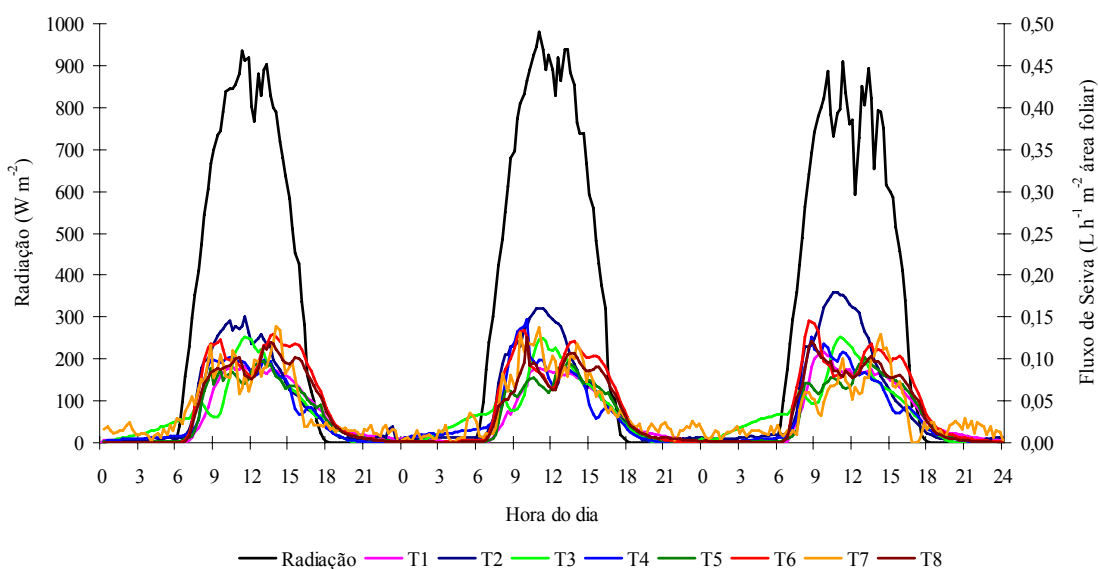


Figura 50. Variação diária do fluxo de seiva (FS) da mangueira ‘Tommy Atkins’ e da radiação solar (RS), nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, durante a Fase III de crescimento do fruto, sob irrigação por microaspersão.

Analisando o perfil dos tratamentos T2, T3, T4, T6 e T7 (Figura 50), que não estavam submetidos a qualquer deficiência hídrica na irrigação durante a Fase III de crescimento do fruto, constatam-se muita semelhança entre eles. Entretanto para os tratamentos submetidos a *déficit* hídrico, durante a fase III de crescimento do fruto, o T1 (sem irrigação) e o T5 (RDI – 60% da ETc) apresentaram valores de fluxo de seiva estimado inferiores aos já citados para tratamentos não submetidos a déficit hídrico, enquanto que para o T8 (RDI – 30% da ETc) o fluxo de seiva foi superior e acompanha os tratamentos não submetido a *déficit* hídrico. Neste caso também o *déficit* hídrico aplicado possivelmente teve a sua percepção anulada pela presença do lençol freático entre 1,3 e 1,7 metros de profundidade na área, possibilitando a absorção de água pelo sistema radicular da mangueira.

Os valores de fluxo de seiva estimado e de relação entre fluxo de seiva e evapotranspiração e fluxo de seiva e radiação solar, apresentados na Tabela 12 mostram um equilíbrio entre os tratamentos, durante a fase III de crescimento do fruto, sob irrigação por microaspersão. Apenas os tratamentos T1 (sem irrigação), que apresentou fluxo de seiva estimado médio de  $0,794 \text{ L m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , e T5 (RDI – 60% da ETc), com

fluxo de seiva estimado médio de  $0,769 \text{ L m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , situaram um pouco abaixo da média dos tratamentos não submetidos a *déficit* hídrico durante esta fase, que foi de  $0,980 \text{ L m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ . Como nas fases I e II anteriores, o fluxo de seiva médio estimado variou entre  $0,899$  e  $1,117 \text{ L m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , mostrando-se ligeiramente superior aos valores encontrados para a mesma fase de crescimento do fruto sob irrigação por gotejamento, mas ainda assim inferior aos valores encontrados por Oliveira *et al.* (2009), conforme já comentado.

Tabela 12. Fluxo de seiva na planta (FSp), fluxo de seiva no galho (FSg), evapotranspiração de referência (ETo), radiação solar (RS) e relação entre fluxo de seiva e esses fatores, na fase III de crescimento do fruto da mangueira ‘Tommy Atkins’, sob irrigação por microaspersão.

Tratamento	ETo	RS	FSg	Relação		FSp
	mm dia <sup>-1</sup>	MJ m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup>	L m <sup>-2</sup> folha dia <sup>-1</sup>	FSg/RS	FSg/ETo	L dia <sup>-1</sup>
T1 sem irrig.	5,36	24,35	0,804	0,033	0,150	65,16
	5,39	25,11	0,717	0,029	0,133	
	4,51	21,71	0,860	0,040	0,191	
Média	5,09	23,72	0,794	0,034	0,158	
T2 -100 % ETc	4,51	21,71	1,066	0,049	0,236	107,66
	5,12	24,99	1,119	0,045	0,218	
	5,81	24,73	1,167	0,047	0,201	
Média	5,15	23,81	1,117	0,047	0,219	
T3 - 60 % FI	4,89	23,70	0,859	0,036	0,176	77,93
	5,19	25,11	0,908	0,036	0,175	
	5,49	25,60	0,929	0,036	0,169	
Média	5,19	24,80	0,899	0,036	0,173	
T4 - 60 % FII	5,36	24,35	0,825	0,034	0,154	78,48
	5,39	25,11	0,876	0,035	0,163	
	4,51	21,71	0,832	0,038	0,185	
Média	5,09	23,72	0,844	0,036	0,167	
T5 - 60 % FIII	4,89	23,70	0,797	0,034	0,163	57,02
	5,19	25,11	0,723	0,029	0,139	
	5,49	25,60	0,787	0,031	0,143	
Média	5,19	24,80	0,769	0,031	0,149	
T6 - 30 % FI	5,36	24,35	1,118	0,046	0,209	79,44
	5,39	25,11	1,029	0,041	0,191	
	4,51	21,71	1,079	0,050	0,239	
Média	5,09	23,72	1,075	0,046	0,213	
T7 - 30% FII	5,34	24,15	1,018	0,042	0,191	76,71
	4,89	23,70	1,029	0,043	0,210	
	5,19	25,11	0,842	0,034	0,162	
Média	5,14	24,32	0,963	0,040	0,188	
T8 - 30 % FIII	5,36	24,35	0,980	0,040	0,183	103,37
	5,39	25,11	0,873	0,035	0,162	
	4,51	21,71	0,926	0,043	0,205	
Média	5,09	23,72	0,926	0,039	0,183	

Ainda dos valores da Tabela 12 verifica-se que houve uma pequena variação entre o fluxo de seiva médio dos tratamentos não submetidos a *déficit* hídrico, que foi de  $0,980 \text{ L m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , e o fluxo de seiva médio dos tratamentos submetidos a *déficit* hídrico, de  $0,830 \text{ L m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ , evidenciando mais uma vez a não percepção do *déficit* hídrico aplicado, pela cultura.

Nas Figuras de 45 a 50, que mostram a variação do fluxo de seiva estimado das mangueiras com a radiação solar global, tanto sob irrigação por gotejamento como sob irrigação por microaspersão, observa-se em todas elas uma defasagem entre os perfis que descrevem os dois parâmetros. Para Coelho Filho, (2002) nas primeiras horas da manhã o fluxo de seiva ocorre devido à transpiração da água armazenada nos tecidos vegetais e ao final do dia, quando a transpiração tende a cessar, o fluxo de seiva continua a ocorrer a fim de repor a água dos tecidos perdida durante o dia.

Na Tabela 13, analisando a média geral de fluxo de seiva estimado por tratamento e também a média de acordo com o manejo da irrigação (RDI) observa-se que nem sempre o tratamento sem irrigação (T1) foi o que apresentou o menor valor para este parâmetro, sob irrigação por gotejamento, conforme esperado. Os tratamentos T6 e T8, que foram submetidos a *déficit* hídrico apenas nas fases I e III de desenvolvimento do fruto, quando foram irrigados com 30% da ETc, apresentaram valores estimados de fluxo de seiva inferiores àqueles estimados para o tratamento T1.

Conforme já discutido anteriormente, em fases isoladas, a justificativa para tal distorção só pode estar relacionada ao lençol freático, mantido na área com profundidade variando entre 1,3 e 1,7 metros, principalmente com o início da irrigação das mangueiras, em todo perímetro, após a aplicação do período de *déficit* hídrico utilizado na indução floral da cultura. Possivelmente o sistema radicular das plantas não irrigadas tenha conseguido absorver água proveniente do lençol e que se apresentava disponível na zona de maior atividade das raízes, diretamente ou por ascensão capilar, que permitiu um fluxo de seiva mais elevado mesmo sem irrigação da cultura.

Não se pode aqui também descartar problemas na confecção dos sensores, como possíveis responsáveis pelos resultados inesperados. O sistema de aquecimento do sensor, baseado em um fio de “constantana” enrolado na agulha e alimentado por uma fonte de energia, pode causar pequenas variações de temperatura, por exemplo, com pequena diferença de comprimento entre os fios utilizados na confecção dos sensores. Tais variações podem conferir diferenças entre os resultados de fluxo de seiva estimado, sem elas acontecerem na realidade.

Tabela 13. Valores médios estimados de fluxo de seiva no galho (FSg) e fluxo de seiva na planta (FSp), por tratamento, por fase de crescimento do fruto e de acordo com o manejo da irrigação, da mangueira ‘Tommy Atkins’, sob irrigação por gotejamento.

TRATOS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Média
	<b>FASE I</b>								p/ FASE
FSg (Lm <sup>2</sup> dia <sup>-1</sup> )	0,530	1,040	0,646	0,624	0,758	0,246	0,634	0,459	0,617
FSp (mmdia <sup>-1</sup> )	1,94	3,726	2,284	2,251	2,185	0,680	1,946	1,342	2,044
	<b>FASE II</b>								
FSg (Lm <sup>2</sup> dia <sup>-1</sup> )	0,387	0,941	0,845	0,509	1,135	0,306	0,749	0,466	0,667
FSp (mmdia <sup>-1</sup> )	1,42	3,371	2,988	1,836	3,273	0,844	2,297	1,362	2,174
	<b>FASE III</b>								
FSg (Lm <sup>2</sup> dia <sup>-1</sup> )	0,655	0,758	1,117	0,482	1,059	0,512	0,719	0,564	0,733
FSp (mmdia <sup>-1</sup> )	2,40	2,715	3,950	1,738	3,052	1,413	2,206	1,649	2,390
	<b>MÉDIA POR TRATAMENTO</b>								
FSg (Lm <sup>2</sup> dia <sup>-1</sup> )	0,524	0,913	0,869	0,539	0,984	0,355	0,701	0,496	0,673
FSp (mmdia <sup>-1</sup> )	1,919	3,271	3,074	1,941	2,837	0,979	2,150	1,451	2,203
	<b>MÉDIA DE ACORDO COM O MANEJO DA IRRIGAÇÃO</b>								
	<b>0 % ETc</b>	<b>100 % ETc</b>	<b>RDI - 60 % da ETc</b>			<b>RDI - 30 % da ETc</b>			
FSg (Lm <sup>2</sup> dia <sup>-1</sup> )	0,524	0,913	0,797			0,517			
FSp (mmdia <sup>-1</sup> )	1,919	3,271	2,617			1,527			

Na Tabela 14, da análise dos valores médios de fluxo de seiva estimado por tratamento e também de acordo com o manejo da irrigação (RDI) percebe-se, agora que no experimento com microaspersão, o tratamento sem irrigação (T1) foi o que apresentou o menor valor para este parâmetro, mostrando uma maior coerência nos resultados, apesar da pequena diferença entre eles. Continuando a linha de raciocínio o tratamento (T2) apresentou em média o maior fluxo de seiva, seguido da média dos tratamentos com RDI com 60% da ETc (T3, T4 e T5) e por último da média dos tratamentos com RDI cm 30% da ETc (T6, T7 e T8).

Considerando a média de todos os tratamentos, dentro de uma mesma fase de crescimento do fruto, os resultados da Tabela 14 praticamente não apresentam diferenças entre si. Tanto durante a fase I, quanto durante fases II e III, se apresentaram muito próximo da média geral de fluxo de seiva estimado que foi de 2,50 mm dia<sup>-1</sup>.

Observa-se ainda na Tabela 14, com relação aos valores de fluxo de seiva estimado para o tratamento T2 (não submetido a *déficit* hídrico), que o valor inferior foi estimado na fase II, seguido da fase III e posteriormente da fase I, em ordem crescente. Mostrando, agora sob irrigação por microaspersão, os resultados mais coerentes com as já citadas pesquisas efetuadas com pêssgo, pêra e tangerina, e concordando em parte com a pesquisa realizada em manga, por Coelho Filho e Coelho (2005).

Tabela 14. Valores médios estimados de fluxo de seiva no galho (FSg) e fluxo de seiva na planta (FSp), por tratamento, por fase de crescimento do fruto e de acordo com o manejo da irrigação, da mangueira ‘Tommy Atkins’, sob irrigação por microaspersão.

TRATOS	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Média
	<b>FASE I</b>								<b>p/ FASE</b>
FSg (Lm <sup>2</sup> dia <sup>-1</sup> )	0,620	1,429	0,798	0,776	0,944	0,913	0,697	0,852	0,879
FSp (mmdia <sup>-1</sup> )	1,801	3,578	2,619	2,550	2,319	2,468	1,963	2,336	2,454
	<b>FASE II</b>								
FSg (Lm <sup>2</sup> dia <sup>-1</sup> )	0,672	0,956	0,844	0,914	0,784	1,111	0,647	1,015	0,868
FSp (mmdia <sup>-1</sup> )	1,952	2,394	2,772	3,004	1,927	3,000	1,823	2,784	2,457
	<b>FASE III</b>								
FSg (Lm <sup>2</sup> dia <sup>-1</sup> )	0,794	1,117	0,899	0,844	0,769	1,075	0,963	0,926	0,923
FSp (mmdia <sup>-1</sup> )	2,305	2,798	2,949	2,776	1,889	2,906	2,713	2,539	2,609
	<b>MÉDIA POR TRATAMENTO</b>								
FSg (Lm <sup>2</sup> dia <sup>-1</sup> )	0,695	1,167	0,847	0,845	0,833	1,033	0,769	0,931	0,890
FSp (mmdia <sup>-1</sup> )	2,019	2,923	2,780	2,777	2,045	2,791	2,166	2,553	2,507
	<b>MÉDIA DE ACORDO COM O MANEJO DA IRRIGAÇÃO</b>								
	<b>0 % ETc</b>	<b>100 % ETc</b>	<b>RDI - 60 % da ETc</b>			<b>RDI - 30 % da ETc</b>			
FSg (Lm <sup>2</sup> dia <sup>-1</sup> )	0,695	1,167	0,841			0,911			
FSp (mmdia <sup>-1</sup> )	2,019	2,923	2,534			2,503			

#### 4.6.3. Fluxo de seiva e absorção de água pela planta

Na Tabela 15 encontram-se valores médios de evapotranspiração de referência estimados pelo Método Penman-Monteith, valores médios evapotranspiração estimados pelo método do balanço hídrico e valores médios de fluxo de seiva estimados pelo método de dissipação de calor de *Granier*, em períodos específicos, das três fases de crescimento do fruto da mangueira, sob gotejamento, em 2007. Neste caso os valores de evapotranspiração foram estimados de dados coletados sob a área sombreada pela mangueira revestida por lona plástica, sendo, portanto considerado como a absorção de água pela planta. Os valores de fluxo de seiva encontrados pelo método de *Granier*, em uma escala temporal diária e em ausência de *stress* hídrico severo podem ser considerados como sendo a transpiração da cultura (FERREIRA *et al.* 2004).

Observa-se que os valores estimados pelos dois métodos serem na maioria das vezes em períodos diferentes, os valores de evapotranspiração de referencia (ET<sub>o</sub>) estimados pelo método Penman-Monteith são próximos, evidenciando condições climáticas semelhantes que possibilitam a comparação dos resultados.

Considerando a transpiração e a absorção de água pela planta como percentual da evapotranspiração de referencia, observa-se, que para o tratamento com irrigação completa (T2), a absorção de água estimada pelo balanço de água no solo, representou

em média 60,77% de ETo, considerando todo o período de crescimento do fruto, enquanto que a transpiração originada do fluxo de seiva representou 67,67% da ETo nas mesmas condições. Observa-se neste caso uma pequena superestimativa do método de *Granier* em relação ao balanço de água no solo, o que contraria ligeiramente resultados encontrados por Ford *et al.* (2007) para pinho branco oriental (*Pinus strobus* L.) de 50 anos de idade. Na oportunidade a transpiração obtida, utilizando-se o método do fluxo de seiva de *Granier*, foi inferior à transpiração estimada através do balanço de água no solo, em 14%, durante o ano de 2004, e em 7% durante o ano de 2005.

Tabela 15. Valores médios de evapotranspiração (ETo) estimado pelo método Penman-Monteith, de absorção de água pela planta (AAP) estimado pelos métodos do balanço hídrico no solo (BH) e de transpiração (Tr) estimado pela sonda de dissipação térmica (SDT), nas três fases de crescimento do fruto da manga, sob irrigação por gotejamento, em 2007.

Tratamentos	Período de Observação (dia/mês)	ETo (mm dia <sup>-1</sup> / L m <sup>-2</sup> dia)	AAP(BH) (mm dia <sup>-1</sup> / L m <sup>-2</sup> dia)	Tr(SDT) (mm dia <sup>-1</sup> / L m <sup>-2</sup> dia)	% de ETo
<b>FASE I</b>					
T2 – 100%ETc	24 a 26/07	4,400 (1,228)	3,508(0,979)	3,726 (1,040)	79,73
	7 a 9/08	4,747 (1,324)			78,49
T3 – RDI 60% ETc	24 a 26/07	4,400 (1,244)	1,834 (0,519)	2,284 (0,646)	41,68
	7 a 9/08	4,747 (1,343)			48,11
<b>FASE II</b>					
T2 – 100%ETc	15 a 17/08	4,346 (1,212)	2,401 (0,670)	3,371 (0,941)	77,56
	28 a 30/08	5,471 (1,526)			43,88
T4 – RDI 60% ETc	28 a 30/08	5,471 (1,518)	1,404 (0,390)	1,836 (0,509)	25,66
	2 a 4/09	5,034 (1,396)			36,47
<b>FASE III</b>					
T2 – 100%ETc	18 a 20/09	5,909 (1,648)	3,469 (0,968)	2,715 (0,758)	58,71
	29/09 a 01/10	5,783 (1,613)			46,95
T5 – RDI 60% ETc	11 a 13/09	5,513 (1,912)	1,527 (0,530)	3,052 (1,059)	55,36
	18 a 20/09	5,909 (2,049)			25,84

Também Paço (2003) encontrou uma subestimativa acentuada da transpiração obtida através do método de dissipação térmica de *Granier* em comparação com resultados de transpiração obtidos através do método das flutuações instantâneas ou *eddi covariance*, em pessegueiro.

Para os tratamentos com aplicação de 60% da ETc (T3, T4 e T5, respectivamente nas fases I, II e III) a transpiração estimada através do fluxo de seiva foi equivalente a 46,64% da ETo em média, enquanto que a absorção de água pela planta estimada através do balanço de água no solo foi equivalente a 31,06% em média. Apesar dos *déficits* aplicados nestas condições (40% da ETc) pode-se considerar que houve uma subestimativa da transpiração da cultura pelo método do balanço hídrico.

Considerando resultados por fase de crescimento do fruto, no tratamento T2, a transpiração estimada pelo método de dissipação de calor de *Granier* foi maior durante a fase I, apresentou um valor intermediário durante a fase II e foi inferior durante a fase III de crescimento do fruto. Já, quando se refere aos resultados encontrados através do balanço hídrico, a transpiração foi também superior durante a fase I, apresentou valor intermediário durante a fase III e foi inferior durante a fase II. Em linhas gerais os métodos foram coerentes ao apresentarem valores mais elevados na fase I de desenvolvimento do fruto, considerada a de maior exigência hídrica em algumas fruteiras.

Encontram-se na Tabela 16 valores médios de evapotranspiração de referência, estimados pelo método Penman-Monteith, valores médios de transpiração, estimados pelo método do balanço de água no solo, e valores médios de fluxo de seiva, estimados pelo método de dissipação de calor de *Granier*, em períodos específicos, das três fases de crescimento do fruto da mangueira, sob irrigação por microaspersão, em 2007. Como ocorrido sob irrigação por gotejamento, apesar da transpiração ser estimada em períodos diferentes, para os dois métodos citados, as condições climáticas semelhantes possibilita a comparação dos resultados encontrados.

Tabela 16. Valores médios de evapotranspiração (ET<sub>o</sub>) estimado pelo método Penman-Monteith, de absorção de água pela planta (AAP) estimado pelo método do balanço hídrico no solo (BH) e de transpiração (Tr) estimado pela sonda de dissipação térmica (SDT), nas três fases de crescimento do fruto da manga, sob irrigação por gotejamento, em 2007.

Tratamentos	Período de Observação (dia/mês)	ET <sub>o</sub> (mm dia <sup>-1</sup> / L m <sup>-2</sup> dia)	AAP(BH) (mm dia <sup>-1</sup> / L m <sup>-2</sup> dia)	Tr(SDT) (mm dia <sup>-1</sup> / L m <sup>-2</sup> dia)	% de ET <sub>o</sub>
FASE I					
T2 – 100%ET <sub>c</sub>	1 a 3/08/07	5,070(2,024)	3,376(1,348)	3,578(1,429)	66,59
	7 a 9/08/07	4,747(1,895)			75,37
T3 – RDI 60% ET <sub>c</sub>	1 a 3/08/07	5,070(1,544)	1,257(0,383)	2,619(0,798)	24,79
	7 a 9/08/07	4,747(1,446)			55,17
FASE II					
T2 – 100%ET <sub>c</sub>	28 a 30/08/07	5,471(2,184)	2,114(0,844)	2,394(0,956)	38,64
	4 a 6/09/07	4,795(1,914)			49,93
T4 – RDI 60% ET <sub>c</sub>	28 a 30/08/07	5,471(1,664)	0,900(0,274)	3,004(0,914)	16,45
	8 a 10/09/07	5,582(1,698)			53,80
FASE III					
T2 – 100%ET <sub>c</sub>	13 a 15/09/07	5,296(2,114)	2,862(1,143)	1,889(0,769)	52,83
	2 a 4/10/07	5,450(2,176)			52,51
T5 – RDI 60% ET <sub>c</sub>	2 a 4/10/07	5,450(2,219)	1,253(0,510)		34,66
	2 a 4/10/07	5,450(2,219)			22,99

Um pouco diferente do ocorrido sob gotejamento, aqui a transpiração estimada, através do balanço de água no solo, para o tratamento com irrigação completa (T2), representou em média 52,68% de ETo, considerando todo o período de crescimento do fruto, enquanto que a transpiração originada do fluxo de seiva representou 59,37% da ETo nas mesmas condições. Neste caso, como ocorrido também sob gotejamento, houve uma pequena superestimativa do método de *Granier* em relação ao balanço de água no solo, contrariando levemente os já citados resultados encontrados por Ford *et al.* (2007) para pinho branco oriental (*Pinus strobus* L.) de 50 anos de idade, na Carolina do Norte.

Tanto considerando um método quanto o outro a transpiração estimada no tratamento com irrigação completa (T2) foi maior durante a fase I, apresentou um resultado intermediário durante a fase III e foi inferior durante a fase II de crescimento do fruto. Ou seja, como ocorreu também sob irrigação por gotejamento, a transpiração estimada durante a fase I de desenvolvimento do fruto foi superior tanto para o método do fluxo de seiva quanto para o método do balanço hídrico.

Para o tratamento com aplicação de 60 % da ETc a transpiração estimada através do fluxo de seiva foi equivalente a 55,17% da ETo durante a fase I (T3), a 53,80% da ETo, durante a fase II (T4), e a 34,66% da ETo, durante a fase III. Observa-se que, apesar de pequena diferença, os maiores valores estimados ocorreram na fase I de desenvolvimento do fruto. Com o método do balanço hídrico os maiores valores de transpiração estimados também ocorreram na fase I, entretanto, como sob irrigação por gotejamento, mais uma vez houve uma subestimativa dos mesmos, nesta situação, apesar dos *déficits* aplicados na irrigação.

#### **4.7. Potencial hídrico do ramo**

As medidas do potencial hídrico do ramo constituem um importante instrumento para verificar a ocorrência de estresse hídrico nas plantas, permitindo observar a resistência ao transporte de água no sistema solo-planta. Segundo Taiz e Zieger (2004), quando o solo seca, sua resistência ao fluxo de água aumenta bruscamente e a passagem de água para as raízes, em condições de *déficit* hídrico é demasiadamente lenta dificultando a re-hidratação noturna de plantas que murcharam durante o dia.

Garnier e Berger (1985) não detectaram diferenças evidentes entre plantas de pêsegue irrigadas e não irrigadas, utilizando o potencial hídrico foliar ao longo do dia. Contudo, o comportamento das plantas em *stress* hídrico diferenciou claramente quando

o indicador utilizado foi o potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem}$ ). Desta forma, objetivando esta verificação nos tratamentos avaliados, foi determinado o potencial hídrico do ramo, nas três fases do crescimento, utilizando-se de uma câmara de pressão de Scholander.

Os valores de potencial hídrico do ramo foram determinados semanalmente, de três amostras (ramos) por tratamento, sempre após o meio dia, entre 13 e 14 horas. Conforme a disponibilização do equipamento, em início do mês de agosto de 2007, foi possível a tomada de apenas uma medição na Fase I de crescimento do fruto, já ao final da mesma. Seguindo o mesmo cronograma foram tomadas quatro medições na fase II de crescimento do fruto e três medições na fase III, tanto na área sob irrigação por gotejamento quanto na área sob irrigação por microaspersão, conforme se pode observar na Tabela 17.

Tabela 17. Valores médios de potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem}$  - bar) por tratamento e por fase de crescimento do fruto, da mangueira ‘Tommy Atkins’, sob irrigação por gotejamento e por microaspersão, em 2007.

	Data Fase	Tratamento							
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Gotejamento	08/08-I	-13,33	-8,33	-10,33	-8,33	-8,33	-10,00	-8,33	-8,33
	21/08-II	-12,67	-10,33	-11,00	-9,67	-10,33	-12,33	-13,00	-10,67
	28/08-II	-13,67	-10,33	-10,67	-11,67	-10,33	-11,33	-11,67	-10,67
	03/09-II	-14,67	-11,00	-11,67	-12,67	-11,67	-12,00	-12,67	-11,00
	10/09-II	-16,67	-11,67	-12,67	-14,00	-12,00	-12,33	-15,00	-13,00
	Média	-14,42	-10,83	-11,50	-12,00	-11,08	-12,00	-13,08	-11,33
	25/09-III	-16,00	-12,67	-12,67	-12,67	-14,00	-13,33	-13,67	-15,00
	02/10-III	-14,33	-11,67	-11,67	-12,00	-12,67	-11,00	-11,33	-13,00
	09/10-III	-18,33	-15,33	-14,67	-14,67	-16,00	-14,67	-15,33	-17,00
Média	-16,22	-13,22	-13,00	-13,11	-14,22	-13,00	-13,44	-15,00	
Microaspersão	08/08-I	-11,33	-10,67	-11,33	-9,00	-10,33	-10,67	-9,00	-9,67
	21/08-II	-14,00	-10,67	-11,00	-11,67	-10,67	-11,67	-12,00	-11,00
	28/08-II	-14,67	-14,33	-12,67	-14,33	-12,67	-12,67	-13,33	-12,33
	03/09-II	-14,67	-11,67	-12,00	-12,67	-11,33	-12,33	-13,67	-11,67
	10/09-II	-17,67	-12,67	-13,00	-14,67	-13,33	-13,00	-15,00	-14,00
	Média	-15,25	-12,33	-12,17	-13,33	-12,00	-12,42	-13,50	-12,25
	25/09-III	-17,67	-12,33	-14,33	-13,33	-14,00	-12,00	-12,67	-14,67
	02/10-III	-16,33	-11,67	-12,00	-12,00	-13,67	-12,00	-13,00	-15,33
	09/10-III	-18,33	-14,67	-14,67	-14,67	-15,33	-14,33	-15,33	-16,67
Média	-17,44	-12,89	-13,67	-13,33	-14,33	-12,78	-13,67	-15,56	

Os valores médios encontrados para todos os tratamentos no presente trabalho variaram entre -0,83 e -1,83 MPa, enquanto que valores encontrados por Castro Neto *et al.* (2004) variaram entre -0,30 e -1,70 MPa para o potencial de água no solo variando

entre -0,20 e -1,60 MPa. Considerando que o potencial de água no solo, a 30 cm de profundidade, no presente trabalho, variou entre 0 e -0,063 MPa, conforme Figuras 24 e 25, pode-se dizer que há discordância desses, diante da considerável diferença entre os valores de potencial de água no solo nos dois casos. Podendo esta ser atribuída ao horário de determinação do potencial hídrico do ramo, que no presente trabalho ocorreu entre 13 e 14 horas, enquanto que no trabalho conduzido por Castro Neto *et al.* (2004) ocorreu às 8 horas da manhã. No primeiro caso, apesar do elevado potencial de água do solo, os valores reduzidos de potencial de água do ramo estão associados ao grau de desidratação máximo atingido pela planta num determinado dia, que é denominado potencial foliar mínimo ( $\Psi_{min}$ ) e ocorre geralmente um pouco depois do meio-dia solar. Já no segundo caso, apesar de ainda reduzida desidratação foliar às oito horas da manhã, os valores reduzidos de potencial matricial do ramo estão relacionados diretamente aos também reduzidos valores de potencial matricial do solo.

Em trabalho de Lima Filho (2004), o potencial de água na folha, no momento em que a seiva, expulsa pela pressão da câmara através do limbo, deixava de ter o aspecto de resina (látex) e passava a ter o aspecto aquoso, variou entre -0,30 a -1,73 MPa, em mangueiras Tommy Atkins de 4 anos de idade irrigadas por microaspersão e não submetidas a estresse hídrico. Percebe-se que neste caso houve uma maior amplitude entre os dados encontrados (-1,43 MPa) em comparação com a amplitude dos dados do presente trabalho (-1,0 MPa). Esta diferença é explicada também pelo horário de determinação dos potenciais, sendo que, no trabalho supra mencionado foram feitas determinações de 6 até 14 horas, em um período de 2 dias, com o objetivo de pegar diferentes níveis de potencial de água na planta, enquanto que no presente trabalho as determinações ocorreram sempre entre 13 e 14 horas, com leituras a cada 7 dias. Esses resultados corroboram os do presente estudo, indicando que os valores entre -0,30 e -1,73 MPa são típicos de plantas sem déficit e que o valor mínimo de potencial pode ser indicador de ponto ótimo para estratégia de manejo de irrigação quando houver restrição de água ou custo elevado do bem, otimizando o seu uso com garantias e manutenção de produtividades potenciais.

A mangueira, que é uma árvore da família das Anacardiáceae, assim como a aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) e o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.), possui elevada capacidade de conviver com estresse hídrico, sem apresentar os sintomas característicos da situação, mesmo submetida a baixos valores de potencial de água no solo. A primeira linha de defesa da planta ao *déficit* hídrico é o fechamento estomático,

uma vez que a resistência difusiva ao vapor de água reduz a transpiração. No entanto, se esta situação se estende acarretará prejuízo à atividade fotossintética uma vez que o suprimento de CO<sub>2</sub> se torna reduzido, induzindo a planta a recorrer à segunda alternativa que é a redução do potencial hídrico interno de suas células através do acúmulo de solutos compatíveis que favorecem a absorção de água do solo (SILVA *et al.* 2008). Para Schaffer *et al.* (1994) tal fato ocorre principalmente em face das características fisiológicas que a planta apresenta de se adaptar ao *déficit* hídrico devido à sua eficiente capacidade de regular a perda de água pelos estômatos através do ajuste osmótico, mantendo a turgescência e níveis mais elevados de potencial de água na folha quando sob deficiência hídrica. Estas observações explicam em boa parte o fato dos valores semelhante de potencial hídrico no ramo e na folha encontrados nos trabalhos supra mencionados mesmo em condições bastante distintas de potencial hídrico no solo.

#### 4.7.1. Irrigação por gotejamento

A Figura 51 mostra a variação do potencial hídrico do ramo ao longo das três fases de desenvolvimento do fruto da mangueira, nos oito tratamentos, sob irrigação por gotejamento, em 2007.

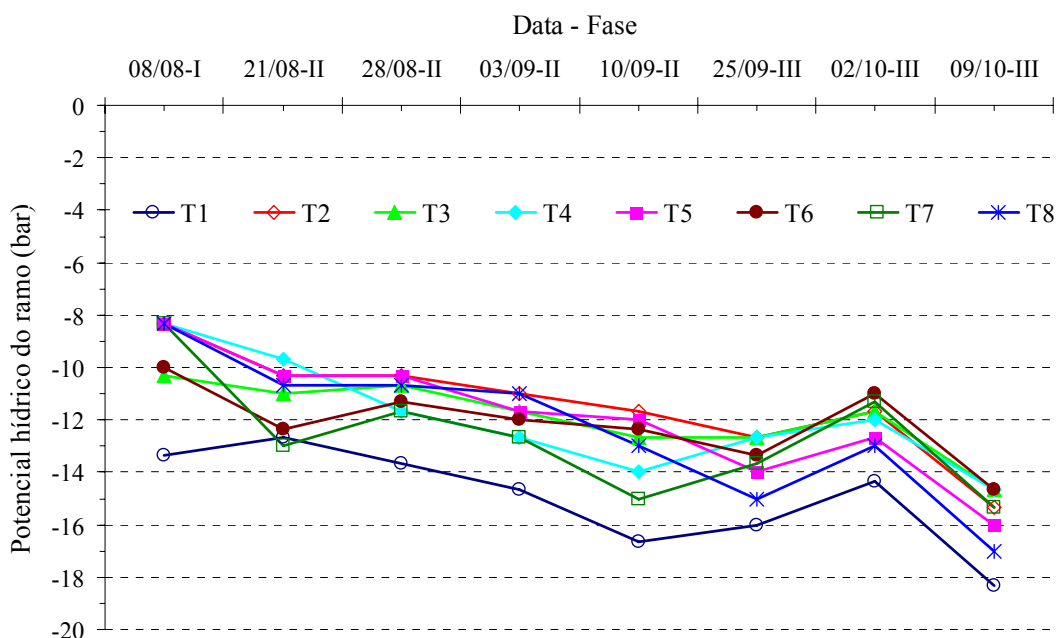


Figura 51. Variação do potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem}$ ) durante as fases de desenvolvimento do fruto da mangueira 'Tommy Atkins', nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, sob irrigação por gotejamento, em 2007.

De uma análise geral observa-se na Figura 51 que o tratamento submetido a maior *déficit* (T1- sem irrigação) foi o que apresentou menores valores de potencial

hídrico do ramo, conforme esperado. Observa-se também que os valores foram maiores na fases I e foram reduzindo com a aproximação do final do ciclo (fase III) refletindo possivelmente a maior disponibilidade hídrica e menor demanda atmosférica no início do ciclo e a redução do teor de água no solo, o aumento da demanda pela atmosfera e a elevação do déficit de saturação de vapor  $\Delta e$  (Tabela 1), mais para o final do ciclo. Comportamento semelhante foi observado por Torrecillas *et al.* (1993), utilizando manejo da irrigação com RDI em limão, cultivar Fino, em Murcia na Espanha, quando o potencial de água na folha reduziu de -0,39 MPa na fase I até -1,16 MPa na fase III.

Os valores de potencial hídrico do ramo, obtidos na fase I de crescimento do fruto, quando submetido à análise de variância, em delineamento inteiramente casualizado, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos, como mostra o resumo apresentado na Tabela 18. Portanto, na Fase I de crescimento do fruto, mesmo o potencial hídrico do ramo determinado entre 13 e 14 horas, quando as folhas normalmente apresentam um grau de desidratação máxima, não foi suficiente para evidenciar diferenças associadas ao *déficit* hídrico entre os tratamentos.

Tabela 18. Análise de variância do potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem}$ ) da mangueira Tommy Atkins, na fase I de crescimento do fruto, nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, sob irrigação por gotejamento.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Tratamentos	7	9,5952 <sup>NS</sup>
Resíduo	16	4,1667
CV (%)		21,68

<sup>NS</sup> - F não significativo a 5 %.

Os dados observados durante a fase II de crescimento do fruto, sob irrigação por gotejamento, foram submetidos à análise de variância em um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas o tempo e nas subparcelas os tratamentos, no delineamento inteiramente casualizado, conforme Tabela 19.

Dos resultados apresentados pode-se observar que houve efeito significativo das fontes de variação Tempo e Tratamento e não houve efeito da interação Tempo x Tratamento ao nível de 5% de probabilidade. Isto significa que não existe interação entre os fatores Tempo e Tratamentos (lamina de irrigação), ou seja, o comportamento de um fator não é influenciado pelos níveis do outro fator, sendo, portanto, independente e, neste caso, podem ser estudados isoladamente.

Tabela 19. Análise de variância do potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem}$ ) da mangueira Tommy Atkins, na fase II de crescimento do fruto, nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, sob irrigação por gotejamento.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Fator A - Tempo	3	24,7604*
Resíduo (a)	8	2,5625
Fator B - Tratos	7	16,9747*
Interação AxB	21	1,4509 <sup>NS</sup>
Resíduo (b)	56	1,3720
CV (%)		9,73

<sup>NS</sup> - F não significativo e \* - F significativo a 5 %.

Durante a fase III de crescimento do fruto, sob irrigação por gotejamento, foram efetuadas três determinações espaçadas de 7 dias, com três repetições em cada uma delas. A Tabela 20 mostra o resumo da análise de variância da variável potencial hídrico do ramo, para esta fase. Observa-se que também houve efeito significativo das fontes de variação Tempo e Tratamento e não houve efeito da interação Tempo x Tratamento ao nível de 5% de probabilidade, significando a inexistência de interação e a possibilidade de estudar os fatores isoladamente.

Tabela 20. Análise de variância do potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem}$ ) da mangueira Tommy Atkins, na fase III de crescimento do fruto, nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, sob irrigação por gotejamento.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Fator A - Tempo	2	75,6806*
Resíduo (a)	6	0,7222
Fator B - Tratos	7	12,3631*
Interação AxB	14	0,4107 <sup>NS</sup>
Resíduo (b)	42	0,5317
CV (%)		5,24

<sup>NS</sup> - F não significativo e \* - F significativo a 5 %.

As médias dos potenciais hídricos do ramo das plantas dos oito tratamentos, durante as fases II e III de crescimento do fruto, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade são apresentadas na Tabela 21.

Apesar dos valores apresentados tanto na fase II como na fase III não caracterizarem condição de *déficit* hídrico, ocorreram diferença significativa entre as médias do tratamento T1 (sem irrigação) e dos tratamentos T2, T3, T4, T5, T6 e T8, durante a fase II. Nesta situação apenas o tratamento T7, que na ocasião estava submetido a RDI com redução de 70% da ETc, não diferiu estatisticamente do tratamento sem irrigação (T1). Com relação aos demais tratamentos, o T4, que também estava submetido a uma redução de 40% da lâmina de irrigação durante a Fase II, não

chegou a apresentar um valor de potencial hídrico do ramo estatisticamente diferente dos demais, que não passavam por qualquer restrição hídrica naquele momento.

Tabela 21. Média do potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem} - \text{bar}$ ), por tratamento, nas fases II e III de crescimento do fruto, da mangueira ‘Tommy Atkins’, sob irrigação por gotejamento.

Tratamento	FASE II	Tratamento	FASE III
T1 – Sem irrig.	-14,42 A	T1 – Sem irrig.	-16,22 A
T7 - 30% FII	-13,08 AB	T8 - 30 % FIII	-15,00 B
T4 - 60 % FII	-12,00 BC	T5 - 60 % FIII	-14,22 BC
T6 - 30 % FI	-12,00 BC	T7 - 30% FII	-13,44 CD
T3 - 60 % FI	-11,50 C	T2 -100 % ETc	-13,22 CD
T8 - 30 % FIII	-11,33 C	T4 - 60 % FII	-13,11 D
T5 - 60 % FIII	-11,08 C	T3 - 60 % FI	-13,00 D
T2 -100 % ETc	-10,83 C	T6 - 30 % FI	-13,00 D

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Os tratamentos T3 e T6, que passaram restrição hídrica na Fase I (40 e 70% da ETc, respectivamente), no momento já tinha as condições hídricas restabelecidas e apresentaram médias de potencial hídrico do ramo estatisticamente iguais ao tratamento T2, que não foi submetido a restrição hídrica em momento algum.

Observa-se ainda na Tabela 21, durante a fase II, que os tratamentos que estavam submetidos a uma restrição hídrica parcial durante a Fase II (T4 e T7) e o tratamento T6, que esteve submetido a restrição hídrica de 70% da ETc durante a fase anterior, apresentaram valores de potencial hídrico do ramo estatisticamente iguais, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Entretanto, as médias de potencial hídrico do ramo dos tratamentos T4 e T6 não diferiram estatisticamente da média do tratamento T2, não submetido a restrição hídrica durante a irrigação.

Durante a fase III de desenvolvimento do fruto os resultados encontrados foram semelhantes, diferindo principalmente pelo fato da média do tratamento T1, sem irrigação, apresentar estatisticamente diferente de todos os demais, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Também o tratamento T8, submetido a restrição hídrica de 70% da ETc, durante a irrigação desta fase, apresentou média de potencial hídrico do ramo, estatisticamente diferente da média dos tratamentos não submetidos a restrição hídrica durante a irrigação neste período (T2, T3, T4, T6 e T7), sendo estatisticamente igual apenas ao tratamento T5 que também estava submetido à restrição hídrica de 40% da ETc durante a irrigação desta fase. Os tratamentos T4 e T7, que sofreram restrição durante a irrigação da fase II, juntamente com os tratamentos T3 e T6, que sofreram

restrição durante a irrigação da fase I, apresentaram valores médios de potencial hídrico do ramo estatisticamente igual ao valor apresentado pelo tratamento T2, que não foi submetido a qualquer restrição. Este comportamento mostra a capacidade de recuperação das condições hídricas da mangueira, com o retorno da irrigação completa aos tratamentos T4 e T7 durante a fase III de desenvolvimento do fruto.

Da análise dos resultados de potencial hídrico do ramo encontrados percebe-se que, apesar de não evidenciar uma condição de *déficit* hídrico na mangueira, principalmente pela condição de lençol freático elevado na área, as diferenças no manejo da irrigação com RDI foram constatadas através do acompanhamento deste parâmetro.

Na Tabela 22 são apresentadas as equações de regressão ajustadas para o potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem}$  - bar) da mangueira Tommy Atkins, em função do tempo (dias após o início da fase), nas fases II e III de crescimento do fruto, sob irrigação por gotejamento. Durante a fase I, devido a realização de apenas uma determinação de potencial hídrico do ramo, não foi possível o ajuste da equação de regressão.

Tabela 22. Equações de regressão ajustadas para o potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem}$ ) da mangueira ‘Tommy Atkins’, em função do tempo, nas fases II e III de crescimento do fruto, sob irrigação por gotejamento.

Período	Equações de Regressão	R <sup>2</sup>
Fase II	$\hat{Y} = 11,6979 - 0,1104 D + 0,6165 * D^2$	0,9966
Fase III	$\hat{Y} = 13,9028$	

\* – significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t.

#### 4.7.2. Irrigação por microaspersão

A Figura 52 mostra a variação do potencial hídrico do ramo ao longo das fases I, II e III de desenvolvimento do fruto da mangueira, nos oito tratamentos, sob irrigação por microaspersão, em 2007.

Como já constatado sob irrigação por gotejamento a Figura 52 mostra também que o tratamento submetido a maior *déficit* (T1- sem irrigação) foi o que apresentou menores valores de potencial hídrico do ramo. Os tratamentos sob RDI apresentaram menores valores de potencial hídrico do ramo durante as fases em que estavam submetidos a *déficit* hídrico à exceção da segunda semana da fase II onde o tratamento não submetido a *déficit* (T2) apresentou potencial hídrico do ramo inferior ao tratamento (T7) que estava submetido a *déficit* de 70% da ETc na ocasião.

Também, como já observado sob gotejamento, o gráfico da Figura 52 mostra que os valores de potencial hídrico do ramo foram maiores na fases I e foram reduzindo com a aproximação do final do ciclo (fase III) refletindo possivelmente um aumento da demanda evapotranspirométrica neste sentido, corroborada pelo aumento da ETo estimada e do déficit de saturação de vapor ( $\Delta e$ ) observados na Tabela 1. Além de Torrecillas *et al.* (1993), já citado, trabalhando com RDI em limão Fino, também Gonzáles-Altozano e Castel (2000), em pesquisa com RDI em tangerina, e Ruiz-Sánchez *et al.* (2000), em pesquisa com RDI em damasco, todos na Espanha, constataram uma redução do potencial hídrico foliar do meio-dia, do início para o final do ciclo de desenvolvimento das respectivas fruteiras estudadas.

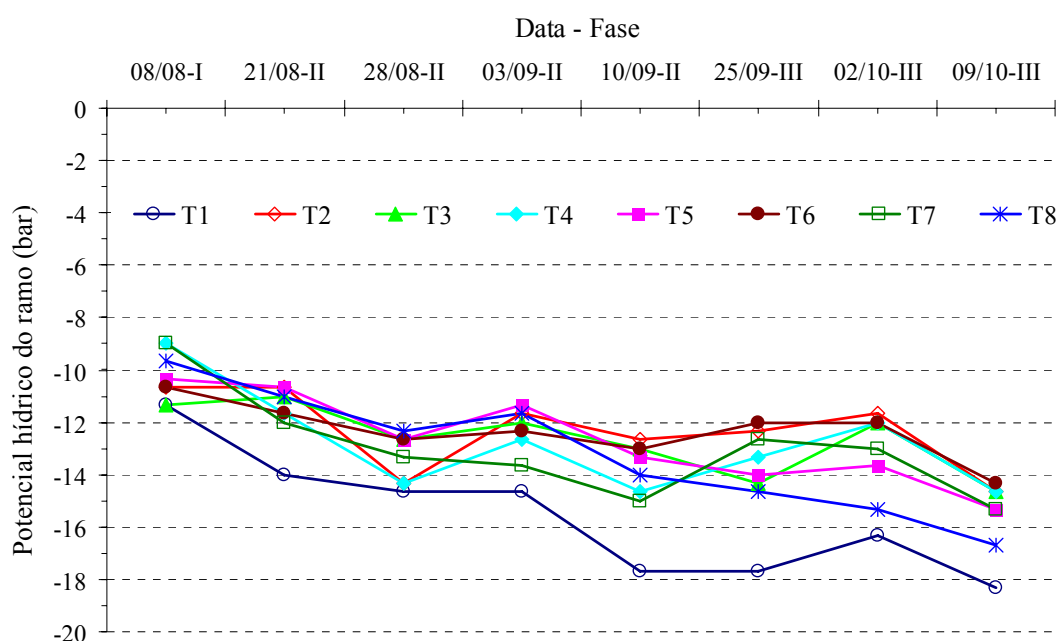


Figura 52. Variação do potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem}$ ) durante as fases de desenvolvimento do fruto da mangueira 'Tommy Atkins', nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, sob irrigação por microaspersão, em 2007.

Também sob irrigação por microaspersão, os valores de potencial hídrico do ramo obtidos na fase I de crescimento do fruto não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos quando submetidos à análise de variância, no DIC, conforme Tabela 23.

Os dados observados durante a fase II de desenvolvimento do fruto, também sob irrigação por microaspersão, foram submetidos à análise de variância em um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas o tempo e nas subparcelas os tratamentos, no delineamento inteiramente casualizado, com 3 repetições, conforme Tabela 24.

Tabela 23. Análise de variância do potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem}$ ) da mangueira Tommy Atkins, na fase I de crescimento do fruto, nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, sob irrigação por microaspersão.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Tratamentos	7	2,6429 <sup>NS</sup>
Resíduo	16	1,6250
CV (%)		12,44

<sup>NS</sup> - F não significativo a 5 %.

Tabela 24. Análise de variância do potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem}$ ) da mangueira Tommy Atkins, na fase II de crescimento do fruto, nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, sob irrigação por microaspersão.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Fator A - Tempo	3	29,7882*
Resíduo (a)	8	1,0208
Fator B - Tratos	7	14,3914*
Interação Ax B	21	1,2723 <sup>NS</sup>
Resíduo (b)	56	0,9494
CV (%)		7,55

<sup>NS</sup> - F não significativo e \* - F - significativo a 5 %.

Dos resultados apresentados pode-se observar que houve efeito significativo das fontes de variação Tempo e Tratamento e não houve efeito da interação Tempo x Tratamento ao nível de 5 % de probabilidade. Portanto não existe interação entre os fatores Tempo e Lâmina de irrigação e o comportamento de um fator não é influenciado pelos níveis do outro fator, sendo os mesmos independentes, podendo ser estudados isoladamente.

Durante a fase III de crescimento do fruto, sob irrigação por microaspersão, o procedimento foi o mesmo seguido na irrigação por gotejamento. Também foram efetuadas três determinações espaçadas de 7 dias, com três repetições em cada uma delas. O resumo da análise de variância da variável potencial hídrico do ramo, para esta fase, encontra-se na Tabela 25. Observa-se que também houve efeito significativo das fontes de variação Tempo e Tratamento e não houve efeito da interação Tempo x Tratamento ao nível de 5% de probabilidade, significando a inexistência de interação e a possibilidade de estudar os fatores isoladamente.

Na Tabela 26 encontram-se as médias dos potenciais hídricos do ramo das mangueiras dos oito tratamentos, durante as fases II e III de crescimento do fruto, sob irrigação por microaspersão, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Observa-se que também nesta situação os valores encontrados tanto na fase II como na

fase III não chegaram a caracterizar condição de *déficit* hídrico acentuado, entretanto ocorreram diferenças significativas entre as médias de alguns tratamentos analisados.

Tabela 25. Análise de variância do potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem}$ ) da mangueira Tommy Atkins, na fase III de crescimento do fruto, nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, sob irrigação por microaspersão.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Fator A - Tempo	2	32,3750*
Resíduo (a)	6	0,3750
Fator B - Tratos	7	22,4266*
Interação AxB	14	1,0099 <sup>NS</sup>
Resíduo (b)	42	0,6607
CV (%)		5,72

<sup>NS</sup> - F não significativo e \* - F significativo a 5 %.

Pode-se observar na Tabela 26 que o tratamento T1 (sem irrigação) diferiu estatisticamente de todos os demais tratamentos, durante a fase II de crescimento do fruto, a nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. Nesta situação o tratamento T7, que na ocasião estava submetido a RDI com redução de 70% da ETc, e o tratamento T4, que estava submetido a RDI com redução de 40% da ETc na irrigação, não diferiram estatisticamente do tratamento T2, que não sofreu restrição hídrica em qualquer das fases. O tratamento T7 foi estatisticamente diferente dos tratamentos T3 e T5, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, sem uma explicação mais lógica para tal fato, mesmo porque não diferiu estatisticamente do tratamento T2 (irrigação completa). Na oportunidade o tratamento T3 já havia passado por uma restrição de 40% da ETc na lâmina de irrigação durante a fase I e o tratamento T5 ainda não havia sido submetido a qualquer espécie de restrição hídrica na irrigação. Portanto, seria mais racional a diferença entre os tratamentos, desde que diferisse estatisticamente também do tratamento T2.

Observa-se ainda na Tabela 26, durante a fase II, que os tratamentos que estavam submetidos a uma restrição hídrica parcial durante a Fase II (T4 e T7) diferiram estatisticamente do tratamento T5, que não havia sido submetido a qualquer restrição hídrica até aquele momento.

Durante a fase III de desenvolvimento do fruto, sob irrigação por microaspersão, também houve semelhança entre os resultados encontrados. Aqui também o tratamento T1 (sem irrigação) diferiu estatisticamente dos demais, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Também o tratamento T8, submetido a um *déficit* de 70% da ETc,

durante a irrigação desta fase, apresentou média de potencial hídrico do ramo, estatisticamente diferente dos demais. Os tratamentos T4 e T7, que sofreram restrição durante a irrigação da fase II, juntamente com os tratamentos T3 e T6, que sofreram restrição durante a irrigação da fase I, apresentaram valores médios de potencial hídrico do ramo estatisticamente igual ao valor apresentado pelo tratamento T2, que não foi submetido a qualquer restrição.

Tabela 26. Média do potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem} - \text{bar}$ ), por tratamento, nas fases II e III de crescimento do fruto, da mangueira ‘Tommy Atkins’, sob irrigação por microaspersão.

Tratamento	FASE II	Tratamento	FASE III
T1 -Sem irrig.	-15,25 A	T1 - Sem irrig.	-17,44 A
T7 -30% FII	-13,50 B	T8 -30% FIII	-15,56 B
T4 -60% FII	-13,33 BC	T5 -60% FIII	-14,33 C
T6 -30% FI	-12,42 BCD	T7 -30% FII	-13,67 CD
T2 -100% ETc	-12,33 BCD	T3 -60% FI	-13,67 CD
T8 -30% FIII	-12,25 BCD	T4 -60% FII	-13,33 CD
T3 -60% FI	-12,17 CD	T2 -100% ETc	-12,89 D
T5 -60% FIII	-12,00 D	T6 -30% FI	-12,78 D

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Ainda na Tabela 26 observa-se que o tratamento T5, que estava submetido a redução de 40 % da ETc durante a irrigação da fase III, não diferiu estatisticamente dos tratamentos T3, T7 e T4, que sofreram redução na irrigação em fases anteriores, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As equações de regressão ajustadas para o potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem} - \text{bar}$ ) da mangueira ‘Tommy Atkins’, em função do tempo (dias após o início da fase), nas fases II e III de crescimento do fruto, sob irrigação por microaspersão são apresentadas na Tabela 27. Também sob irrigação por microaspersão não foi possível o ajuste da equação de regressão durante a fase I de crescimento do fruto, devido a realização de apenas uma determinação de potencial hídrico do ramo nesta fase.

Tabela 27. Equações de regressão ajustadas para o potencial hídrico do ramo ( $\Psi_{stem}$ ) da mangueira ‘Tommy Atkins’, em função do tempo, nas fases II e III de crescimento do fruto, sob irrigação por microaspersão.

Período	Equações de Regressão	$r^2$
Fase II	$\hat{Y} = 11,1875 + 0,0982 * D$	0,6346
Fase III	$\hat{Y} = 14,2083$	

\* – significativo a 5% de probabilidade, pelo teste t.

## 4.8. Parâmetros biométricos

### 4.8.1. Produtividade

A produtividade, o número de frutos por planta e o tamanho médio dos frutos das mangueiras que constituíam os diversos tratamentos foram acompanhados durante o ciclo produtivo da cultura em 2006, quando apenas a irrigação com *déficit* regulado (RDI) foi monitorada nas áreas irrigadas por gotejamento e microaspersão. Durante o ciclo produtivo da cultura no ano de 2007, estes parâmetros foram novamente avaliados utilizando-se RDI com uma redução mais acentuada na lâmina aplicada, além do acompanhamento da umidade do solo, com TDR, multiplexadores e “datalogger”, e também do fluxo de seiva da planta, através da instalação de sensores de dissipação térmica de *Granier* acoplados a multiplexadores e “datalogger”.

Na Tabela 28 encontra-se o resumo da análise de variância das variáveis produtividade, eficiência de uso da água, número de frutos por planta e peso médio de frutos, obtidas durante o ciclo produtivo da cultura no ano de 2006, sob irrigação por gotejamento e microaspersão.

Tabela 28. Resumo da análise de variância da produtividade média, da eficiência de uso da água, do número de frutos por planta e do peso médio dos frutos da mangueira cv. Tommy Atkins, nos tratamentos T0, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 e T9 sob irrigação por gotejamento e por microaspersão, no ano de 2006.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Produtividade média (kg planta <sup>-1</sup> )	Eficiência de uso da água (kg m <sup>-3</sup> )	Número de frutos por planta (ud)	Peso médio dos frutos (kg)
<b>Irrigação por Gotejamento</b>					
Tratamento	9	2668,1800 <sup>NS</sup>	20,6554 <sup>NS</sup>	7785,3870 <sup>NS</sup>	1457,8990 <sup>NS</sup>
Resíduo	40	1699,7010	8,8966	5347,8700	3082,8590
CV (%)		35,21	36,60	35,48	9,75
<b>Irrigação por Microaspersão</b>					
Tratamento	9	1850,3360 <sup>NS</sup>	4,5750 <sup>NS</sup>	7518,6700 <sup>NS</sup>	2110,6460 <sup>NS</sup>
Resíduo	20	6042,8870	7,5782	20482,4300	3116,4650
CV (%)		44,82	41,55	46,48	9,79

<sup>NS</sup> – F não-significativo a 5% de probabilidade.

Verifica-se que não houve efeito significativo dos tratamentos aplicados sobre as variáveis estudadas em nível de 5% de probabilidade tanto para irrigação por gotejamento quanto por microaspersão. Os valores do coeficiente de variação foram de 35,21%; 36,60%; 35,48%; e 9,75%, para produtividade média, eficiência de uso da água, número de frutos por planta e peso médio de frutos, sob gotejamento, e de

44,82%; 41,55%; 46,48%; e 9,79%, para os mesmos parâmetros, sob microaspersão. Estes resultados mostram uma maior variação dos dados em torno da média para os parâmetros produtividade média, eficiência de uso da água e número de frutos por planta e uma menor variação dos dados em torno da média, ou seja, uma maior uniformidade dos dados quando se refere ao parâmetro peso médio dos frutos, tanto para plantas sob gotejamento quanto para plantas sob microaspersão.

O resumo da análise de variância das variáveis produtividade, eficiência de uso da água, número de frutos por planta e peso médio de frutos, obtidos durante o ciclo produtivo da mangueira no ano de 2007, sob gotejamento e microaspersão, encontra-se na Tabela 29. Verifica-se também que não houve efeito significativo dos tratamentos aplicados sobre as variáveis estudadas a nível de 5% de probabilidade nos dois casos.

Tabela 29. Resumo da análise de variância da produtividade média, da eficiência de uso da água, do número de frutos por planta e do peso médio dos frutos da mangueira cv. Tommy Atkins, nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, sob irrigação por gotejamento e por microaspersão, no ano de 2007.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		Produtividade média (kg planta <sup>-1</sup> )	Eficiência de uso da água (kg m <sup>-3</sup> )	Número de frutos por planta (ud)	Peso médio dos frutos (kg)
<b>Irrigação por Gotejamento</b>					
Tratamento	7	534,1230 <sup>NS</sup>	534,1230 <sup>NS</sup>	3654,4200 <sup>NS</sup>	412,9544 <sup>NS</sup>
Resíduo	24	1809,3380	1809,3380	11481,5100	753,6187
CV (%)		27,71	27,52	28,52	6,69
<b>Irrigação por Microaspersão</b>					
Tratamento	7	5290,1510 <sup>NS</sup>	5,6625 <sup>NS</sup>	28067,4300 <sup>NS</sup>	758,4000 <sup>NS</sup>
Resíduo	16	3299,6100	2,8493	12565,7100	524,5085
CV (%)		26,17	23,79	21,16	5,76

<sup>NS</sup> – F não-significativo a 5% de probabilidade.

Resultados semelhantes foram relatados por Pavel e De Villiers (2004) trabalhando com RDI em manga cv. Kent, no estado de Westfália, África do Sul, que encontraram diferença não significativa para a produtividade entre os tratamentos, e também por Coelho Filho e Coelho (2005) aplicando RDI em manga cv Tommy Atkins, na região de Itaberaba, BA, que mesmo com a redução de até 50% da ETc na lâmina de irrigação em uma das fases de desenvolvimento do fruto, não constataram diferença significativa a nível de 5% de probabilidade, entre produtividade, número de frutos por planta e peso médio dos frutos dos tratamentos

Os valores do coeficiente de variação foram de 27,71%; 27,52%; 28,52% e 6,69%, para produtividade média, eficiência de uso da água, número de frutos por

planta e peso médio de frutos, sob gotejamento, e de 26,17%; 23,79%; 21,16% e 5,76%, para os mesmos parâmetros, sob microaspersão. Estes resultados evidenciam novamente uma maior variação dos dados em torno da média quando se refere a produtividade, eficiência de uso da água e número de frutos por plantas e uma menor variação dos dados em torno da média, ou seja, uma maior uniformidade dos dados quando se refere ao parâmetro peso médio dos frutos, tanto sob gotejamento quanto sob microaspersão. Este último fator pode estar associado ao excesso de vento durante parte do ciclo produtivo da mangueira na região de Ceraíma, quando ocorre um queda acentuada de frutos, promovendo uma maior uniformidade entre os remanescentes, que muitas vezes constitui um montante menor que a capacidade de suporte da planta.

#### 4.8.1.1. Irrigação por gotejamento

Nas Tabelas 30 e 31 são apresentados os valores de produtividade média da mangueira (P), quantidade de água aplicada (LBA), eficiência de uso da água (EUA), número de frutos por planta e peso médio dos frutos, por tratamento, nas três fases de crescimento do fruto, para a mangueira cv. Thommy Atkins, durante os ciclos produtivos de 2006 e 2007, sob irrigação por gotejamento.

Tabela 30. Produtividade média ( $t\ ha^{-1}$ ), lâmina bruta aplicada (mm), eficiência de uso da água ( $kg\ m^{-3}$ ), número de frutos por planta (ud) e peso médio do fruto (kg) para os tratamentos em mangueiras Tommy Atkins, sob gotejamento, no ano de 2006, em Guanambi, Bahia.

Tratamento	Produtividade média ( $t\ ha^{-1}$ )	Lâmina bruta aplicada (mm)	Eficiência de uso da água ( $kg\ m^{-3}$ )	Número de frutos por planta (ud)	Peso médio do fruto (kg)
T0 - 100 % ETc	37,71A	503,67	7,49A	206,00A	0,585A
T1 - 40 % FI	32,48A	323,19	10,05A	178,00A	0,581A
T2 - 40 % FII	48,09A	426,87	11,27A	273,00A	0,562A
T3 - 40 % FIII	26,48A	458,74	5,77A	154,00A	0,550A
Média	35,68	402,93	9,03	201,67	0,564
T4 - 60 % FI	41,16A	383,34	10,74A	226,00A	0,582A
T5 - 60 % FII	45,84A	452,47	10,13A	261,00A	0,560A
T6 - 60 % FIII	30,01A	473,72	6,34A	171,00A	0,560A
Média	39,00	436,51	9,07	219,33	0,567
T7 - 80 % FI	36,01A	443,51	8,12A	200,00A	0,574A
T8 - 80 % FII	28,89A	478,07	6,04A	172,00A	0,536A
T9 - 80 % FIII	39,19A	488,69	8,02A	215,00A	0,581A
Média	34,69	470,09	7,39	195,33	0,563

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Pela Figura 4 pode-se observar que não ocorreram chuvas durante a Fase I de crescimento do fruto para o ciclo produtivo em 2006, e as chuvas que precipitaram nos meses de outubro e novembro do mesmo ano, corresponderam a 29% da irrigação na Fase II e a 24% da irrigação da Fase III. Já durante o ciclo produtivo da cultura em 2007 não ocorreram precipitações em qualquer das três fases de crescimento do fruto.

Não houve efeitos significativos em nível de 5% de probabilidades dos tratamentos aplicados sobre as variáveis estudadas no ano de 2006: produtividade, EUA, número de frutos por planta e peso médio por fruto (Tabela 30). As plantas pertencentes ao tratamento sem deficiência hídrica nas fases estudadas (T0) não foram associado às maiores produtividades, o que pode evidenciar um possível excesso de água no manejo da irrigação utilizado. Como não houve diferença estatística entre os tratamentos a opção pelas menores lâminas parece ser a mais viável, como conclusão do experimento de 2006, pois as três menores lâminas estão associadas aos três maiores valores de EUA. Tais observações evidenciam a possibilidade de redução na lâmina atual de irrigação sem afetar significativamente a produtividade da cultura.

Tabela 31. Produtividade média ( $t\ ha^{-1}$ ), lâmina bruta aplicada (mm), eficiência de uso da água ( $kg\ m^{-3}$ ), número de frutos por planta (ud) e peso médio do fruto (kg) para os tratamentos em mangueiras Tommy Atkins, sob gotejamento, no ano de 2007, em Guanambi, Bahia.

Tratamento	Produtividade média ( $t\ ha^{-1}$ )	Lâmina bruta aplicada (mm)	Eficiência de uso da água ( $kg\ m^{-3}$ )	Número de frutos por planta (ud)	Peso médio do fruto (kg)
T1 - Sem irrig.	42,37A	0,00	-	323,00A	0,421A
T2 - 100 % ETc	55,51A	502,61	11,04A	433,00A	0,410A
T3 - 60 % FI	47,80A	417,29	11,46A	366,00A	0,418A
T4 - 60 % FII	46,46A	450,24	10,32A	373,00A	0,399A
T5 - 60 % FIII	47,76A	439,26	10,87A	382,00A	0,400A
Média	47,34	435,60	10,88	373,67	0,406
T6 - 30 % FI	48,26A	353,30	13,66A	382,00A	0,404A
T7 - 30% FII	47,26A	410,96	11,50A	364,00A	0,415A
T8 - 30 % FIII	48,39A	391,75	12,35A	381,00A	0,406A
Média	47,97	385,34	12,50	375,67	0,408

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Ficou evidente que os déficits aplicados na fase I proporcionam maior economia de água em função da maior duração da mesma nos dois períodos (Tabelas 30 e 31).

No ano de 2007, apesar de manutenção da inexistência de efeitos significativos dos tratamentos sobre as variáveis estudadas (produtividade, EUA, número de frutos por

planta e peso médio por fruto), o tratamento sem irrigação (T1) foi o que apresentou menor produtividade e o com irrigação completa (T2) o que apresentou maior produtividade, conforme Tabela 31, corroborando as medidas fisiológicas dos resultados fisiológicos de  $\Psi_{stem}$ . Esta observação, reforçada pelo fato da diferença significativa constatada entre o potencial hídrico do ramo dos tratamentos T1, T7 e T8 não induzir uma diferença significativa de produtividade entre estes tratamentos e os demais, ratificam a possibilidade de redução na lâmina atual de irrigação sem afetar significativamente a produtividade da cultura e a qualidade do fruto.

Observa-se ainda na Tabela 31, que a produtividade média dos demais tratamentos, submetidos a RDI (T3, T4, T5, T6, T7 e T8), se mantiveram entre 46 e 48 ton ha<sup>-1</sup>, evidenciando a inexistência de efeitos dos tratamentos já constatada na análise de variância (Tabela 29).

A Figura 53 mostra a produtividade da mangueira Tommy Atkins em cada tratamento isolado e a produtividade considerando a média dos tratamentos agrupados em função do *déficit* hídrico aplicado em cada uma das fases de crescimento do fruto (RDI), para as safras de 2006 e 2007 sob irrigação por gotejamento.

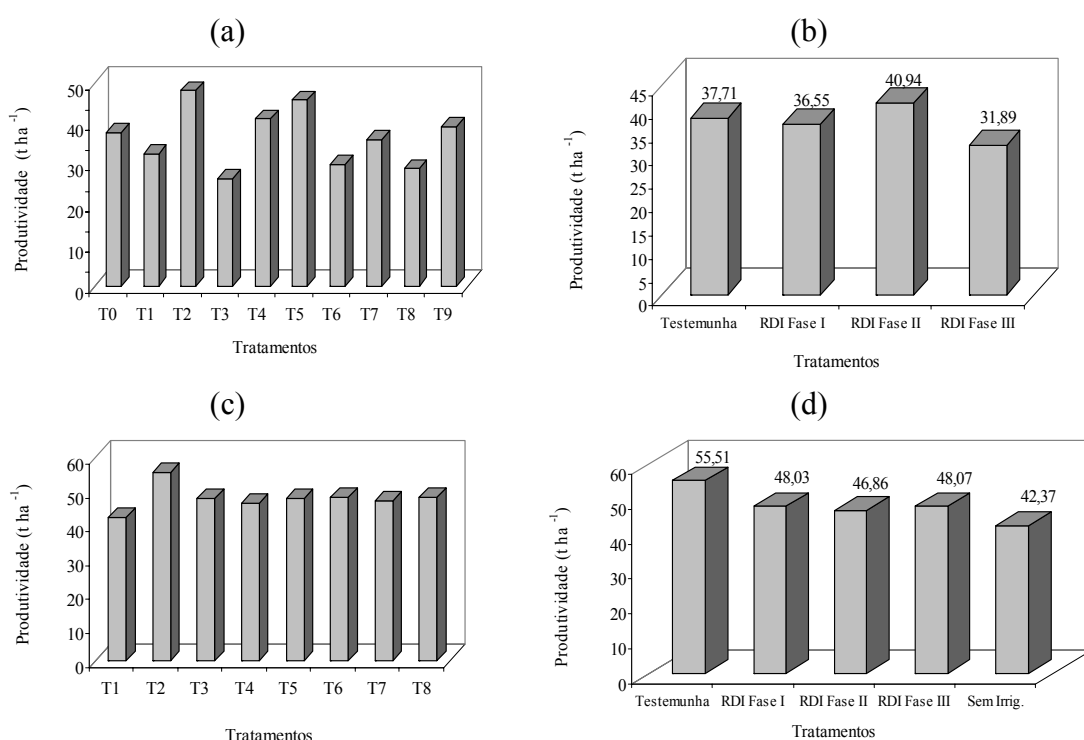


Figura 53. Produtividade individual em cada tratamento (a) e produtividade considerando a média dos tratamentos, agrupados em função do *déficit* aplicado em cada uma das fases de crescimento do fruto para a safra 2006(a,b) e 2007(c,d), sob irrigação por gotejamento.

No ano de 2006, apesar da inexistência de efeitos dos tratamentos sobre as variáveis estudadas, quando se analisa os tratamentos agrupados por fase de crescimento do fruto, Figura 53 (b), verifica-se que a maior produtividade média ocorreu quando os déficits foram aplicados na Fase II de crescimento do fruto enquanto a menor aconteceu quando os *déficits* foram aplicados na Fase III. Estes resultados de produtividade estão de acordo com pesquisas desenvolvidas com RDI em citros por González-Altozano e Castel (1999) e em pêra e pêssego por Goodwin e Boland (2000) e discordam parcialmente de resultados encontrados por Coelho Filho e Coelho (2005), para manga cv. Tommy Atkins, que indicam as fases II e III como menos sensíveis ao *déficit* hídrico, sendo a fase III a mais indicada para a utilização da RDI.

Durante o ciclo produtivo da cultura no ano de 2007, conforme Figura 53(d), mesmo após o agrupamento dos tratamentos com RDI por fase de crescimento do fruto, não há uma definição clara sobre a ocorrência da maior ou menor produtividade, pois os resultados de produtividade dos tratamentos com RDI se apresentam muito próximos. Mesmo no tratamento sem irrigação, a produtividade encontrada foi bastante considerável ( $42,37 \text{ t ha}^{-1}$ ), sendo este fator atribuído à presença de lençol freático elevado no perímetro, em consequência do método de irrigação por sulco ainda ser utilizado na grande maioria dos lotes. Também o fato de não se observar uma tendência definida de crescimento da produtividade com o aumento da lâmina bruta aplicada por tratamento pode ser justificado por este fator

Os valores de produtividade observados nos tratamentos são superiores aos apresentados como produtividade média histórica da cultura no semi-árido para efeitos de rentabilidade, conforme Araújo *et al.* (2002), que recomenda o valor de  $25 \text{ t ha}^{-1}$  para mangueira Tommy Atkins entre o sexto e o vigésimo ano de idade. Também conforme Teixeira *et al.* (2008) que relata como  $20,8 \text{ t ha}^{-1}$  a produtividade estatística média da manga para o ano de 1998 em Petrolina, grande região produtora do Vale do São Francisco.

#### **4.8.1.2. Irrigação por microaspersão**

Os valores de produtividade média da mangueira (P), quantidade de água aplicada (LBA) e eficiência de uso da água (EUA, número de frutos por planta e peso médio dos frutos, por tratamento, nas três fases de crescimento do fruto, para a mangueira cv. Thommy Atkins, durante os ciclos produtivos da cultura nos anos de 2006 e 2007, sob irrigação por microaspersão, são mostrados nas Tabelas 32 e 33.

Como os experimentos sob microaspersão e gotejamento foram conduzidos em paralelo, as condições de tempo foram as mesmas, ou seja, apenas no ano de 2006 ocorreram precipitações, durante as fases II e III de crescimento do fruto, enquanto que para o ciclo produtivo da cultura em 2007 não ocorreram precipitações em qualquer das três fases de crescimento do fruto.

Apesar da inexistência de efeitos significativos dos tratamentos como já observado na Tabela 29, também sob microaspersão, o tratamento com irrigação completa durante todo o ciclo produtivo da cultura em 2006, (T0) não foi o que apresentou maior produtividade. Neste caso os tratamentos com uso da irrigação com *déficit* regulado, utilizando-se 40 e 60% da ETc, foram os que apresentaram em média maior produtividade (Tabela 32), evidenciando a possibilidade de redução da lâmina de irrigação sem uma queda na produtividade da cultura.

Tabela 32. Produtividade média ( $t\ ha^{-1}$ ), lâmina bruta aplicada (mm), eficiência de uso da água ( $kg\ m^{-3}$ ), número de frutos por planta (ud) e peso médio do fruto (kg) para os tratamentos em mangueiras Tommy Atkins, sob microaspersão, no ano de 2006, em Guanambi, Bahia.

Tratamento	Produtividade média ( $t\ ha^{-1}$ )	Lâmina bruta aplicada (mm)	Eficiência de uso da água ( $kg\ m^{-3}$ )	Número de frutos por planta (ud)	Peso médio do fruto (kg)
T0 -100% ETc	25.45A	503,67	5,05A	275.00A	0,591A
T1 - 40% FI	28.52A	323,19	8,82A	321.00A	0,568A
T2 - 40% FII	27.62A	426,87	6,47A	316.00A	0,558A
T3 - 40% FIII	34.24A	458,74	7,46A	397.00A	0,552A
Média	30,13	402,93	7,58	344,67	0,559
T4 - 60% FI	21.33A	383,34	5,57A	230.00A	0,594A
T5 - 60% FII	31.57A	452,47	6,98A	363.00A	0,556A
T6 - 60% FIII	28.17A	473,72	5,95A	315.00A	0,572A
Média	27,02	436,51	6,17	302,67	0,574
T7 - 80% FI	22.41A	443,51	5,05A	244.00A	0,586A
T8 - 80% FII	25.90A	478,07	5,42A	314.00A	0,527A
T9 - 80% FIII	25.80A	488,69	5,28A	300.00A	0,549A
Média	24,70	470,09	5,25	286,00	0,554

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Observa-se também na Tabela 32 que a produtividade máxima foi obtida com uma economia de água da ordem de 9%, quando se utilizou a irrigação com *déficit* regulado aplicando 40% da ETc durante a fase III de crescimento do fruto, enquanto que a maior eficiência de uso da água ocorreu durante a Fase I de crescimento do fruto também sob RDI com aplicação de 40% da ETc.

Ficou evidente ainda que os *déficits* aplicados na fase I proporcionam maior economia de água em função da maior duração da mesma tanto em 2006 quanto em 2007 (Tabelas 32 e 33).

Na Tabela 33, apesar da inexistência de efeitos significativos dos tratamentos sobre as variáveis estudadas, conforme já constatado anteriormente, observa-se que o tratamento sem irrigação (T1) foi o que apresentou menor produtividade. A maior produtividade foi constatada no tratamento (T3) sob irrigação com *déficit* regulado (RDI) com utilização de 60% da ETc durante a fase I e 100% da ETc nas fases II e III. Possivelmente a redução de apenas 40% da ETc não tenha sido suficiente para a formação de uma condição de *déficit* hídrico diante da presença do lençol freático elevado na área do experimento, como na maioria do Perímetro Irrigado de Ceraíma.

Tabela 33. Produtividade média ( $t\ ha^{-1}$ ), lâmina bruta aplicada (mm), eficiência de uso da água ( $kg\ m^{-3}$ ), número de frutos por planta (ud) e peso médio do fruto (kg) para os tratamentos em mangueiras Tommy Atkins, sob microaspersão, no ano de 2007, em Guanambi, Bahia

Tratamento	Produtividade média ( $t\ ha^{-1}$ )	Lâmina bruta aplicada (mm)	Eficiência de uso da água ( $kg\ m^{-3}$ )	Número de frutos por planta (ud)	Peso médio do fruto (kg)
T1 - Sem irrig.	24,90A	0,00	-	379,00A	0,420A
T2 - 100 % ETc	34,22A	502,61	6,81A	535,00A	0,409A
T3 - 60 % FI	44,29A	417,29	10,61A	725,00A	0,391A
T4 - 60 % FII	30,93A	450,24	6,87A	499,00A	0,394A
T5 - 60 % FIII	34,84A	439,26	7,93A	573,00A	0,389A
Média	36,69	435,60	8,47	599,00	0,391
T6 - 30 % FI	32,46A	353,30	9,19A	507,00A	0,409A
T7 - 30% FII	31,58A	410,96	7,68A	524,00A	0,386A
T8 - 30 % FIII	29,14A	391,75	7,44A	493,00A	0,378A
Média	31,06	385,34	8,10	508,00	0,391

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Com relação à eficiência de uso da água (EUA), Teixeira *et al.* (2008), trabalhando com mangueiras Tommy Atkins de 18 anos de idade, espaçadas de 10 por 10 metros e irrigadas por microaspersão sem *déficits*, em Petrolina, encontraram valores de  $4,8\ kg\ m^{-3}$  para a safra 2003-2004 e de  $4,3\ kg\ m^{-3}$  para a safra 2004-2005, com produtividade média de  $41,59$  e  $48,40\ t\ ha^{-1}$  respectivamente. Os resultados encontrados no presente trabalho, para os tratamentos sem *déficits* (T0 em 2006 e T2 em 2007), sob microaspersão, foram respectivamente de  $5,05$  e  $6,81\ kg\ m^{-3}$  sob produtividade de  $25,45$  e  $34,22\ t\ ha^{-1}$ , conforme Tabelas 32 e 33. Tais distorções possivelmente ocorreram pelo fato de no presente trabalho ter sido considerado a quantidade total de água aplicada

apenas durante a fase produtiva da manga, ou seja, da floração até a colheita, enquanto que no trabalho citado foi considerada a irrigação em todo o ano agrícola da cultura. Considerando apenas a lamina bruta aplicada da floração até a colheita os valores de EUA, no trabalho supra mencionado, passariam a 6,92 e 8,60 kg m<sup>-3</sup>, que estão mais coerentes e podem ser considerados mais próximos aos resultados deste trabalho, se levar em consideração a diferença de produtividade nos dois casos.

Também Spreer *et al.* (2007) na Tailândia, aplicando RDI com 50% da ETc em plantas de manga “Chok Anan” de 10 anos de idade, irrigadas por microaspersão encontraram valores de EUA entre 4,20 e 8,60 kg m<sup>-3</sup> e portanto próximos da faixa de valores encontradas em todos os tratamento do presente trabalho que situou entre 5,05 e 10,61 kg m<sup>-3</sup>.

Na seqüência a Figura 54 mostra a produtividade da mangueira Tommy Atkins em cada tratamento isolado e a produtividade considerando a média dos tratamentos agrupados em função do *déficit* hídrico aplicado em cada uma das fases de crescimento do fruto (RDI), para as safras de 2006 e 2007 sob irrigação por microaspersão.

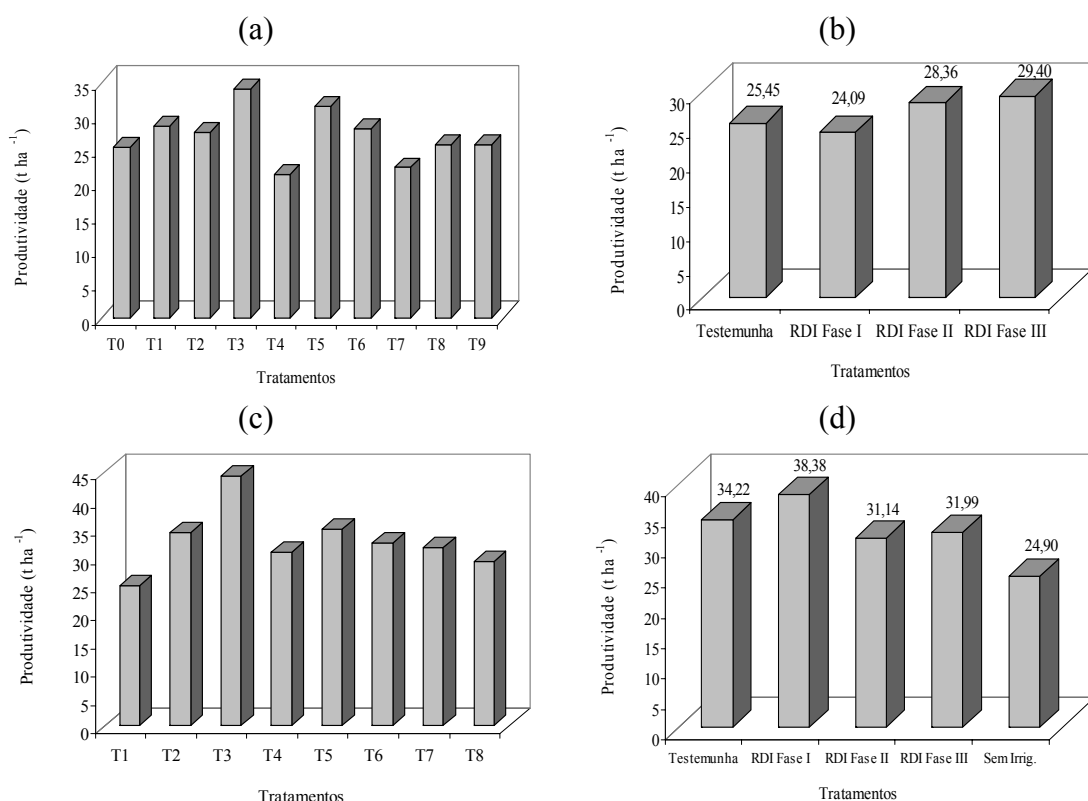


Figura 54. Produtividade individual em cada tratamento e produtividade considerando a média dos tratamentos, agrupados em função do *déficit* aplicado em cada uma das fases de crescimento do fruto para a safra 2006 (a,b) e 2007 (c,d), sob irrigação por microaspersão.

Durante o ciclo produtivo da cultura em 2006, apesar da inexistência de efeitos dos tratamentos sobre as variáveis estudadas, como já evidenciado na Tabela 28, quando se analisa os tratamentos agrupados por fase de crescimento do fruto, Figura 54(b), verifica-se que a maior produtividade média ocorreu quando os *déficits* foram aplicados na Fase III e a menor quando os *déficits* foram aplicados na Fase I. Tais achados estão em concordância com os resultados encontrados por Coelho Filho e Coelho (2005), já citado recentemente.

Já durante o ciclo produtivo da cultura no ano de 2007, analisando a Figura 54(d) após o agrupamento dos tratamentos com RDI por fase de crescimento do fruto verifica-se que se repetiu o comportamento do ano anterior. Neste caso não foi constatado a sensibilidade da fase I de crescimento do fruto ao déficit hídrico aplicado através da RDI, levando a um resultado inesperado. Possivelmente a presença do lençol freático, que se mostrava mais elevado exatamente na área sob microaspersão, tenha contribuído para este comportamento. Também a produtividade considerável, de 24,09 t ha<sup>-1</sup>, apresentada pelo tratamento sem irrigação (T1) pode estar associado a este fator.

Ainda nas Figuras 53 e 54 pode-se observar uma grande diferença de produtividade entre as áreas irrigadas por gotejamento e microaspersão e constatar que esta diferença é conseqüência da maior densidade de plantas encontrada na área sob gotejamento onde o espaçamento é de 4 por 8 metros em comparação com a microaspersão onde o espaçamento é de 8 metros entre plantas por 8 metros entre fileiras. Não se pode atribuir esta diferença aos sistemas de irrigação mesmo porque a umidade do solo esteve próxima ou superior à capacidade de campo em praticamente todos os tratamentos tanto irrigados por microaspersão quanto irrigados por gotejamento.

Como na região Nordeste a água para irrigação esta se tornando um recurso cada vez mais escasso e constituindo em um fator limitante ao aumento sustentável da produção agrícola. Os resultados encontrados dão suporte à teoria de que a irrigação com déficit regulado é apropriada para tornar a produção de manga mais sustentável.

#### **4.8.2. Crescimento do Fruto**

Observações do comprimento do fruto da mangueira cv. Tommy Atkins, em mm, médias de quatro repetições por tratamentos, sob irrigação por gotejamento, obtidas semanalmente a partir do quadragésimo primeiro dia após a antese (DAA), são

apresentadas na Tabela 34 e valores semelhantes, obtidos de três repetições por tratamento, sob irrigação por microaspersão são apresentados na Tabela 35.

Tabela 34. Valores de comprimento médio do fruto (mm), por tratamento, durante as três fases de crescimento do fruto, da mangueira ‘Tommy Atkins’, sob irrigação por gotejamento, em 2007.

Data/Fase	DAA (dia)	Comprimento do fruto (mm)								Média dos Tratamentos
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
01/08- I	41	45,25	45,50	39,50	43,50	45,50	45,25	44,25	41,70	43,81
08/08- I	48	52,00	53,25	50,25	48,55	52,00	51,78	52,63	50,75	51,40
15/08- II	55	63,00	66,25	59,00	59,00	60,50	60,50	62,25	59,50	61,25
22/08- II	62	75,25	76,75	69,75	67,50	72,50	71,25	72,50	68,75	71,78
29/08- II	69	87,00	86,75	85,00	79,75	85,25	82,25	85,75	83,25	84,38
05/09- II	76	96,75	95,75	95,50	88,25	95,00	89,75	96,00	94,00	93,88
12/09-III	83	104,50	100,25	102,75	94,00	100,00	94,50	100,50	103,25	99,97
19/09-III	90	107,75	102,50	106,50	96,00	102,25	97,25	102,75	106,50	102,69
26/09-III	97	109,50	103,25	108,00	96,75	103,25	97,75	104,50	107,50	103,81
03/10-III	104	111,00	104,25	109,75	98,75	104,00	99,00	105,25	108,50	105,06
10/10-III	111	111,50	105,75	110,00	99,25	105,00	100,00	105,75	110,50	105,97
Média	(mm)	87,59	85,48	85,09	79,21	84,11	80,84	84,74	84,93	84,00

Tabela 35. Valores de comprimento médio do fruto (mm), por tratamento, durante as três fases de crescimento do fruto, da mangueira ‘Tommy Atkins’, sob irrigação por microaspersão, em 2007.

Data/Fase	DAA (dia)	Comprimento do fruto (mm)								Média dos Tratamentos
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
01/08- I	41	45,00	42,00	41,33	47,67	42,33	41,00	41,00	43,67	43,00
08/08- I	48	52,00	49,00	49,00	55,67	51,00	50,33	50,00	50,00	50,88
15/08- II	55	62,33	57,67	56,33	64,67	61,33	59,33	58,67	61,33	60,21
22/08- II	62	73,00	71,00	67,00	77,00	69,67	69,00	67,67	73,67	71,00
29/08- II	69	85,67	83,00	80,67	88,33	77,33	85,67	78,67	82,33	82,71
05/09- II	76	93,67	92,00	90,67	94,67	90,00	96,67	90,67	88,67	92,13
12/09-III	83	98,00	101,67	95,33	98,13	98,67	105,33	96,00	93,00	98,27
19/09-III	90	99,33	106,67	98,00	98,33	103,67	109,00	98,33	94,33	100,96
26/09-III	97	100,67	109,67	99,67	99,67	105,33	110,67	99,67	96,67	102,75
03/10-III	104	102,67	111,67	101,00	100,67	107,00	112,00	101,33	97,67	104,25
10/10-III	111	103,00	112,00	101,67	101,67	106,67	112,33	101,67	97,67	104,58
Média	(mm)	83,21	85,12	80,06	84,22	83,00	86,48	80,33	79,91	82,79

Na Tabela 36, apresenta-se o resumo da análise de variância do comprimento dos frutos da mangueira cv. Tommy Atkins, para os tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8 durante todo o ciclo produtivo da cultura no ano de 2007, sob irrigação por gotejamento e por microaspersão. Verifica-se que houve efeito ( $P < 0,05$ ) dos tratamentos e do tempo (dia após a antese) enquanto que para a interação Tratamento x

Tempo o efeito foi não significativo. Ou seja, a hipótese sobre o efeito da interação foi aceita, concluindo que os tratamentos e o tempo atuaram independentemente e neste caso devem-se estudar os dois fatores utilizando-se as médias periféricas de seus valores totais.

Tabela 36. Resumo da análise de variância do comprimento do fruto (mm), da mangueira Tommy Atkins, durante as três fases de crescimento do fruto, nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, sob irrigação por gotejamento e por microaspersão, em 2007.

Fonte de Variação	Sob gotejamento		Sob microaspersão	
	GL	Quadrado Médio	GL	Quadrado Médio
Fator A - Tempo	10	17170,6500*	10	12578,1100*
Resíduo (a)	33	28,0006	22	39,6628
Fator B - Tratamentos	7	318,0803*	7	203,2592*
Interação AxB	70	22,7933 <sup>NS</sup>	70	31,6044 <sup>NS</sup>
Resíduo (b)	231	35,8490	154	35,3685
CV (%)		7,13		7,18

<sup>NS</sup> - F não significativo e \* - F significativo a 5 %.

O efeito significativo dos tratamentos na oportunidade vem corroborar com comentários de Doorenbos e Kassam (2000), onde afirmam que diferentes características hídricas do solo podem alterar o padrão de crescimento dos frutos.

Os valores do coeficiente de variação foram de 7,13% sob irrigação por gotejamento e de 7,18% sob irrigação por microaspersão, respectivamente, mostrando que apesar dos déficits aplicados houve bastante uniformidade no crescimento do fruto, sob os dois sistemas de irrigação.

Os comprimentos médios dos frutos dos oito tratamentos, durante as três fases de crescimento do fruto, sob irrigação por gotejamento e microaspersão, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade são apresentadas na Tabela 37.

Um resultado considerado inesperado é apresentado logo na parte superior da Tabela 37, onde mostra maior comprimento médio de frutos para o tratamento sem irrigação (T1), na área irrigada por gotejamento. Tal fato pode ser parcialmente justificado pela menor produtividade e menor número de frutos apresentado pelo tratamento, como pode ser verificado na Figura 53. A presença de uma menor quantidade de frutos fixos após a última queda fisiológica possivelmente contribuiu para um maior desenvolvimento dos frutos remanescentes nesta planta. Também a condição de *deficit* hídrico verificada para os tratamentos sem irrigação (Figuras 25 e 26) não

chegou a ser restritiva à cultura da mangueira, possivelmente em decorrência da presença do lençol freático elevado na área, pois não ocorreram precipitações durante o ciclo produtivo da cultura em 2007.

Tabela 37. Média de comprimento do fruto (mm), por tratamento, durante as três fases de crescimento do fruto, da mangueira ‘Tommy Atkins’, sob irrigação por gotejamento e por microaspersão.

Tratamento	Gotejamento	Tratamento	Microaspersão
T1 -Sem irrig.	87,59 A	T6 -30% FI	86,48 A
T2 -100% ETc	85,47 A	T2 -100% ETc	85,12 A
T3 -60% FI	85,09 A	T4 -60% FII	84,21 AB
T8 -30% FIII	84,92 A	T1 -Sem irrig.	83,21 AB
T7 -30% FII	84,73 A	T5 -60% FIII	83,00 AB
T5 -60% FIII	84,11 AB	T7 -30% FII	80,33 B
T6 -30% FI	80,84 BC	T3 -60% FI	80,06 B
T4 -60% FII	79,20 C	T8 -30% FIII	79,90 B

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra maiúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Apesar da situação descrita, observa-se também que para seis (T1, T2, T3, T5, T7 e T8) entre os oito tratamentos sob gotejamento o comprimento médio dos frutos não diferiu estatisticamente. Apenas os tratamentos T4 e T6 apresentaram padrão de crescimento do fruto inferior e diferiram estatisticamente, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidades, dos tratamentos T1, T2, T3, T7 e T8, que apresentaram um padrão de crescimento superior. Para o tratamento T6, que foi submetido à restrição hídrica de 70% da ETc durante a fase I de crescimento do fruto, este menor crescimento do fruto é parcialmente justificável pelo fato da referida fase ser a de maior duração. Entretanto o menor crescimento do fruto apresentado pelo tratamento T4, que foi submetido à restrição hídrica de apenas 40% da ETc durante a fase II de crescimento do fruto não é facilmente justificável apenas pelas condições hídricas do solo. Pois tratamentos com restrição hídrica até superior na mesma fase, como é o caso do T7 (RDI com 30% da ETc na Fase II), apresentou crescimento médio de fruto superior ao apresentado pelo T4. Possivelmente outros fatores como vigor da planta, distribuição do sistema radicular e posição do lençol freático em relação à superfície naquele local venham a justificar tais distorções.

Sob irrigação por microaspersão os valores de comprimento médio dos frutos encontrados apresentam semelhanças com os anteriores, sob gotejamento. Da comparação entre as médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, pode se

concluir que os frutos com um padrão de crescimento maior, dos tratamentos T6 e T2, diferiram estatisticamente dos frutos com padrão de crescimento menor, dos tratamentos T7, T3 e T8. Os frutos dos tratamentos T1, T4 e T5, com padrão de crescimento intermediário, não diferiram estatisticamente de nenhum dos demais pelo mesmo teste.

Outra distorção observada sob irrigação por microaspersão constitui no tratamento T6 (RDI com 30% da ETc na Fase I) apresentar um padrão de crescimento dos frutos superior àquele apresentado pelo tratamento T3 (RDI com 60% da ETc na Fase I) quando se constata que a restrição hídrica do primeiro foi superior à do segundo, durante a mesma fase de crescimento do fruto.

Na Tabela 38 encontram-se as equações ajustadas do crescimento dos frutos da mangueira, por comprimento, em função do tempo (DAA), considerando a média periférica dos totais de tratamentos, sob irrigação por gotejamento e por microaspersão. O modelo cúbico foi o que melhor ajustou aos dados e os coeficientes de determinação (R<sup>2</sup>) foram 0,9934 e 0,9950 respectivamente para cultura sob irrigação por gotejamento e sob irrigação por microaspersão.

Tabela 38. Equações de regressão ajustadas para a altura do fruto (mm) da mangueira ‘Tommy Atkins’, em função do tempo (DAA), durante as três fases de crescimento do fruto, sob irrigação por gotejamento e por microaspersão.

Sistema de irrigação	Equações de regressão	R <sup>2</sup>
Gotejamento	$\hat{Y} = 1,4913 + 0,1992 D + 0,0268 D^2 - 0,0002 * D^3$	0,9934
Microaspersão	$\hat{Y} = 2,3799 + 0,1721 D + 0,0264 D^2 - 0,0002 * D^3$	0,9950

\* - significativo 5% de probabilidade, pelo teste t.

A Figura 55 mostra a curva de crescimento do fruto da mangueira cv Tommy Atkins obtida da média dos valores dos tratamentos sob irrigação por gotejamento e sob irrigação por microaspersão. Ela apresenta um perfil semelhante ao encontrado por Lima *et al.* (2001), para a mesma cultivar, em Iaçú (BA), que tinha forma sigmoidal caracterizada por três períodos de crescimento.

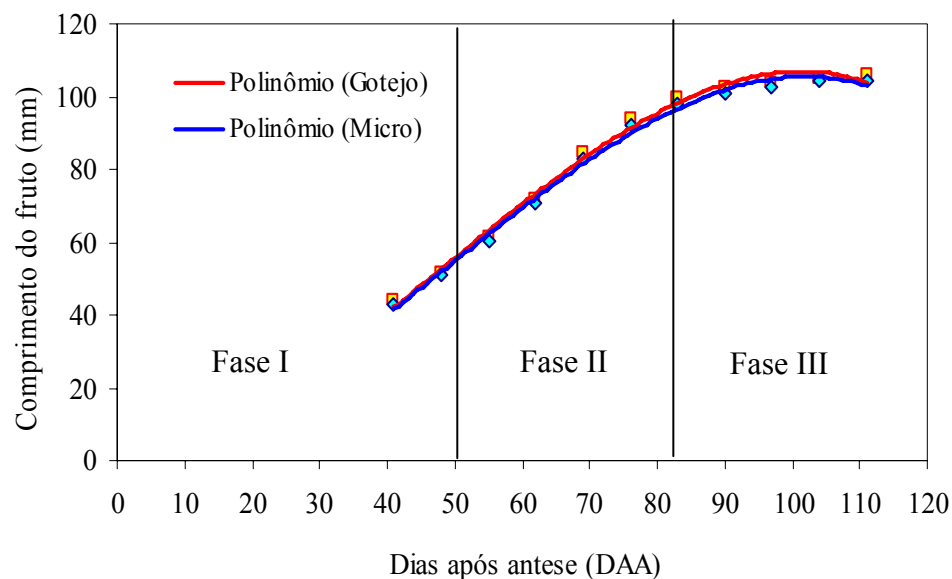


Figura 55. Curva de crescimento médio dos frutos da mangueira cv. Tommy Atkins nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, sob irrigação por gotejamento e por microaspersão.

#### 4.9. Qualidade dos frutos

##### 4.9.1. Qualidade física

Em análise visual os frutos apresentaram bom aspecto geral com formato ovalado, casca de coloração rósea avermelhada e polpa de coloração amarelo-laranja a laranja, quando maduro. Nas Tabelas 39 e 40 é apresentado uma classificação geral dos frutos por tratamento, para o ciclo produtivo da cultura da mangueira em 2007, sob irrigação por gotejamento e por microaspersão respectivamente.

Percebe-se, pela classificação proposta, que os frutos, em sua grande maioria, apresentaram tamanho compatível com a aceitação do mercado de comercialização nacional e/ou de exportação.

Para Botrel (1994) a preferência do consumidor brasileiro não é regulada pelo tamanho do fruto, mas, sim, pelo seu sabor, portanto, o fator tamanho não chegou a ser restritivo para o mercado interno. Por outro lado, o mesmo autor afirma que o mercado dos Estados Unidos exige frutos com peso entre 250 a 450 gramas enquanto Wyzykowsky *et al.* (2002) descreve que para a Europa a preferência esta na faixa de 300 a 450 gramas e para os EUA, entre 250 e 600 gramas, com coloração vermelha e brilhante.

Analisando o tamanho de frutos por tratamento na Tabela 39, sob irrigação por gotejamento, percebe-se que a grande maioria teve peso superior a 320 g, não apresentado, portanto qualquer restrição de mercado no que se refere a este aspecto físico. O tratamento que apresentou menor tamanho de fruto pela classificação utilizada foi o T7, onde mais de 87% dos frutos situaram entre as faixas 7 e 12, ou seja, com peso acima de 320 g. Por outro lado o tratamento T1 apresentou maior tamanho de fruto, sendo que mais de 98% de seus frutos apresentaram peso superior a 320 g, ou seja, também entre as faixas de classificação 7 e 12.

O Jornal Entre Posto - CEAGESP, (2007), após realização de entrevista entre os atacadistas do mercado de frutas, publica que os tipos de manga comercializados variam de 6 a 21, enquanto os tipos mais comercializados vão de 8 (peso médio de 744 g) a 15 (peso médio de 374 g). Os frutos muito grandes (tipos 6 e 7) e os frutos muito pequenos (tipos 19 a 21) são menos vendidos, enquanto os tipos preferidos pelos atacadistas são em ordem: 11 (522g), 12(557g), 13(489g) e 14(413g). A classificação proposta pela CEAGESP difere um pouco da utilizada neste trabalho, sendo o limite inferior (tipo 21) com peso médio de 268 gramas e o limite superior (tipo 6) com peso médio de 931 gramas.

Tabela 39. Classificação dos frutos colhidos da mangueira ‘Tommy Atkins’, nos diversos tratamentos, sob irrigação por gotejamento.

Tipo do Fruto	Quantidade de Frutos (Unidade)							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Refugo (<240 g)	0	0	0	0	0	0	0	1
16 (241-280 g)	0	8	3	8	6	11	0	1
14 (281-320 g)	5	33	11	15	15	23	45	12
12 (321-370 g)	68	87	89	135	151	135	82	90
10 (371-425 g)	119	119	98	67	80	61	107	146
9 (426-470 g)	63	113	100	119	84	90	64	77
8 (471-530 g)	62	54	33	28	30	53	42	36
7 (531-600 g)	6	21	34	2	17	10	25	20
Total	323	435	368	374	283	383	365	383

Sob irrigação por microaspersão o tamanho dos frutos se apresentou ligeiramente inferior em consequência do maior número de frutos/planta encontrado na área. Devido ao maior espaçamento entre plantas nessa área (8 x 8 m) a produtividade individual de cada uma delas (Tratamento) foi superior em comparação com plantas da área sob gotejamento, onde o espaçamento é de 4 x 8 m. Entretanto, quando a

produtividade foi extrapolada por área (hectare), a gleba sob gotejamento foi mais produtiva, devido ao maior adensamento das plantas.

Tabela 40. Classificação dos frutos colhidos da mangueira ‘Tommy Atkins’, nos diversos tratamentos, sob irrigação por microaspersão.

Tipo do Fruto	Quantidade de Frutos (Unidade)							
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
Refugo (<240 g)	0	0	0	0	0	0	0	0
16 (241-280 g)	0	9	16	0	0	0	0	0
14 (281-320 g)	24	24	117	29	65	36	28	83
12 (321-370 g)	54	184	172	128	159	130	186	154
10 (371-425 g)	153	94	222	199	216	154	182	163
9 (426-470 g)	58	99	95	141	102	82	96	74
8 (471-530 g)	66	119	65	2	32	85	32	20
7 (531-600 g)	23	6	38	0	0	21	0	0
Total	378	535	725	499	574	508	524	494

O percentual de frutos com peso acima de 320 gramas variou de 81,56% no tratamento T3 até 94,59% no tratamento T7, mostrando que também sob microaspersão, a grande maioria dos frutos não apresentou restrição aos mercados interno ou externo, no que se refere ao aspecto tamanho.

Se considerarmos a classificação para mangas estabelecida por Donadio *et al.* (1982) que considera frutos pequenos (< 250 g), médios (250 a 350 g), grandes (350 a 500 g) e muito grandes (> 500g), os frutos produzidos durante o presente trabalho, se enquadram, quase na totalidade, como médios, grande e muito grande.

#### 4.9.2. Qualidade química

Apenas os sólidos solúveis totais foram determinados para atestar a qualidade química dos frutos. A Figura 56 mostra os valores de sólidos solúveis totais obtidos da média de três repetições por tratamento, sob irrigação por gotejamento e por microaspersão para o ciclo produtivo da cultura no ano de 2007.

O resumo da análise de variância dos sólidos solúveis totais, obtidos durante o ciclo produtivo da mangueira no ano de 2007, sob irrigação por gotejamento e microaspersão, encontra-se na Tabela 41. Verifica-se que não houve efeito significativo dos tratamentos aplicados sobre a variável estudada a nível de 5% de probabilidade para os dois tipos de irrigação. Os seja a irrigação com déficit regulado (RDI) nas fases de

crescimento do fruto não chegou a alterar a composição dos frutos no que se refere a sólidos solúveis totais.

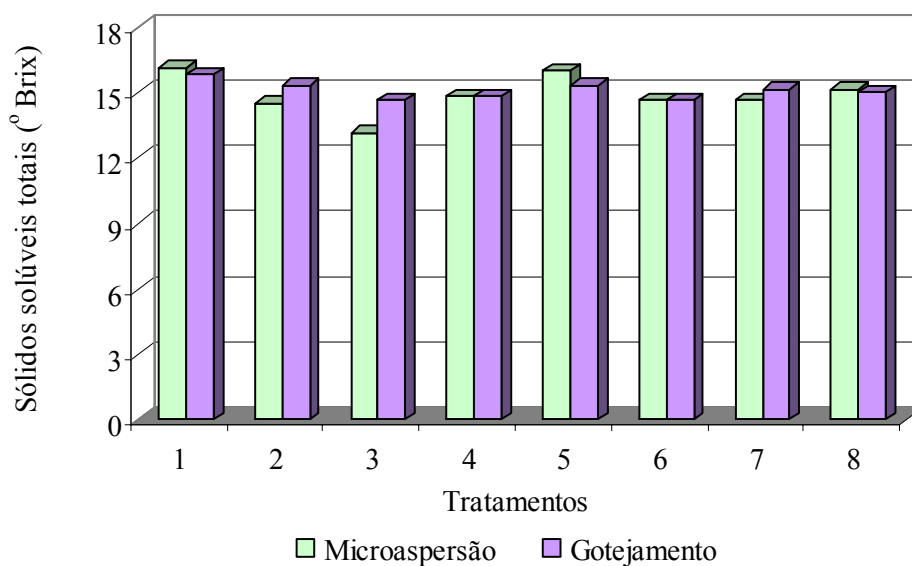


Figura 56. Sólidos solúveis totais (° Brix) do fruto da mangueira Tommy Atkins, nos tratamentos, sob irrigação por microaspersão e por gotejamento, em 2007.

Apesar de não ser constatada diferenças significativas entre os valores de sólidos solúveis totais, os frutos do tratamento submetido ao maior déficit (T1-sem irrigação), apresentaram os maiores valores para este parâmetro, conforme já esperado. Na seqüência, os frutos dos tratamentos submetidos a *déficit* durante a fase III (T5-60% da ETc na fase III, e T8-30 % da ETc na fase III), apresentaram valores mais elevados para sólidos solúveis totais.

Tabela 41. Resumo da análise de variância dos sólidos solúveis totais (°Brix) do fruto da mangueira Tommy Atkins, nos tratamentos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8, sob irrigação por gotejamento e por microaspersão, em 2007.

Fonte de Variação	Sob gotejamento		Sob microaspersão	
	GL	Quadrado Médio	GL	Quadrado Médio
Tratamento	7	0,4733 <sup>NS</sup>	7	2,6414 <sup>NS</sup>
Resíduo	16	0,8004	16	1,0938
CV (%)		5,92		7,02

<sup>NS</sup> – F não significativo a 5 %.

Os valores médios de sólidos solúveis totais, em °Brix, encontrados para os diversos tratamentos, de 15,10 sob irrigação por gotejamento e de 14,89 sob irrigação por microaspersão estão dentro da faixa de valores medidos por Bleinroth *et al.* (1985), ao avaliarem 22 cultivares de mangas, a maioria indianas melhoradas, vindas da Flórida,

que encontraram um teor médio de sólidos solúveis de 15,85 °Brix, dentro de um intervalo de 12,10 a 19,00 °Brix.

Também Carvalho *et al.* (2004) avaliando duas cultivares de mangueiras obtidas pelo Instituto Agronômico de Campinas (IAC 103 Espada Vermelha e IAC 109 Votupa) e comparando com quatro cultivares de origem americana cultivadas no Estado de São Paulo (Tommy Atkins, Van Dyke, Palmer e IAC Haden 2H) encontraram, para a cv. Tommy Atkins, valores médios de sólidos solúveis totais de 16,60 °Brix, ligeiramente superior aos encontrados neste trabalho. Portanto os resultados de sólidos solúveis totais também estão dentro do padrão de qualidade da manga em nosso país.

#### 4.10. Eficiência de irrigação

Na Tabela 42 encontram-se os valores de eficiência de irrigação calculados para os tratamentos que tiveram acompanhamento da umidade do solo através do equipamento de TDR, sob irrigação por gotejamento e microaspersão, com e sem cobertura da área irrigada com lona plástica, durante o ciclo produtivo da cultura no ano de 2007. Estes valores contemplam o tratamento T2 (irrigação completa), durante as três fases de crescimento do fruto, e os tratamentos T3, T4 e T5 apenas durante o período de irrigação com lâmina reduzida (60% da ETc), ou seja, durante as fases I, II e III respectivamente.

Tabela 42. Valores de eficiência de irrigação (%) calculados para os tratamentos que tiveram a umidade do solo acompanhada através do equipamento de TDR, sob irrigação por gotejamento e microaspersão, com e sem cobertura da área irrigada, em 2007.

Valores de Eficácia de Irrigação (%)			
	Tratamento	Sem cobertura do solo	Com cobertura do solo
Gotejamento	T2 -100% ETc	80,62	82,48
	T3 -60% FI	90,51	92,62
	T4 -60% FII	73,35	76,65
	T5 -60% FIII	68,10	69,50
Microaspersão	T2 -100% ETc	84,67	85,37
	T3 -60% FI	78,06	62,07
	T4 -60% FII	68,66	67,23
	T5 -60% FIII	62,74	72,02

De uma análise superficial percebe-se que os valores encontrados variaram dentro da amplitude de 68,10 a 92,62% sob irrigação por gotejamento e de 62,07 e 85,37% sob irrigação por microaspersão.

Em irrigação da cultura de uva sob gotejamento, utilizando manejo com RDI (irrigação com *déficit* regulado) e PRD (irrigação lateralmente alternada), Silva (2005) encontrou valores de eficiência de irrigação variando entre 77,00 e 83,86% sob manejo com RDI e entre 73,34 e 90,54% sob manejo com PRD, mostrando certa aproximação com os valores encontrados no presente trabalho, sob gotejamento.

Ainda da Tabela 42 observa-se que para o tratamento T2, onde a irrigação foi efetuada com 100% da evapotranspiração da cultura, a eficiência do sistema de irrigação por microaspersão foi ligeiramente superior aquela do sistema por gotejamento, apesar do efeito do vento sobre a distribuição de água dos microaspersores tender a levar para uma situação inversa. O fato da distribuição de água do sistema por gotejamento ser efetuado através de dez gotejadores distribuídos em um rabicho, em volta do tronco da planta, possivelmente tenha reduzido a área molhada neste sistema, aumentando a intensidade de aplicação de água e afetando fatores como percolação profunda e armazenamento de água no solo na zona radicular da cultura. O sistema de irrigação por microaspersão, por distribuir a água em uma área maior e apresentar menor intensidade de aplicação de água, tende a influir positivamente na eficiência de irrigação podendo anular os efeitos negativos do vento, quando comparado com o sistema de irrigação por gotejamento na situação descrita.

Sob irrigação por gotejamento observa-se um aumento na eficiência de irrigação quando há uma redução de 40% da  $ET_c$  no manejo da irrigação durante a fase I de crescimento do fruto (T3) tanto com como sem cobertura da área irrigada. Possivelmente a redução da lâmina aplicada, durante a fase I, contribuiu para uma maior variação no armazenamento de água no solo em consequência de uma menor percolação profunda. Entretanto quando esta redução de 40% na lâmina é durante as fases II e III, após irrigação completa das plantas nas fases I e II, que correspondem respectivamente aos tratamentos T4 e T5, observa-se na verdade uma redução da eficiência em comparação com o tratamento T2, onde há irrigação completa durante as três fases de crescimento do fruto. Possivelmente, com a irrigação completa por mais de 50 dias (Fase I) antes da redução da lamina na fase II (T4) e por mais de 80 dias (Fase I e II) antes da redução da lâmina na fase III (T5), o aumento residual da umidade ao longo do

tempo tenha possibilitado a presença de percolação, a redução da variação do armazenamento e conseqüentemente reduzido também a eficiência de irrigação.

Sob irrigação por microaspersão o valor de eficiência de irrigação do tratamento T3, inferior ao valor do T2 se traduz em um resultado inesperado, possivelmente o efeito do vento tenha contribuído para tal distorção. Já para os tratamentos T4 e T5, a redução na eficiência de irrigação em relação a T2, possivelmente seja justificada pelos mesmos motivos já enumerados anteriormente sob irrigação por gotejamento.

## 5. CONCLUSÕES

Após análise e discussão dos resultados chegou-se às seguintes conclusões:

- Não foram constatadas diferenças significativas entre produtividade, peso médio dos frutos, número de frutos por planta e eficiência de uso da água dos tratamentos, através da análise de variância, utilizando-se o teste de Tukey a 5 % de probabilidades, tanto sob microaspersão quanto sob gotejamento nos anos de 2006 e 2007.
- No Perímetro Irrigado de Ceraíma, nas condições em que o experimento foi conduzido, é possível a redução dos níveis de irrigação aplicados atualmente sem prejuízos na qualidade dos frutos e de significativas perdas de produtividades do pomar de manga, a partir da aplicação de *déficits* controlados na irrigação nas fases de desenvolvimento do fruto.
- Como não houve diferença estatística entre os tratamentos a opção pelas menores lâminas parece ser a mais viável para o Perímetro Irrigado de Ceraíma, pois elas estão associadas aos maiores valores de EUA e conseqüentemente promoverá um maior economia de água, em uma região onde o insumo é cada vez mais escasso.
- Os *déficits* controlados podem ser aplicados em qualquer das fases de desenvolvimento do fruto.

## 6. REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J.A.; MEDINA, V.D.; MOUCO, M.A.C. Indução floral. In: GENU, P.J.C e PINTO, A.C.Q. (Ed.) **A cultura da mangueira**, cap. 13, Brasília, 2002. p. 261-276.

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 310 p. (Irrigation and drainage Paper, 56).

ANDRADE, C.L.T.; SEDIYAMA, G.C.; COUTO, L.; SANS, L.M.A.; FERREIRA, P.A. Balanço hídrico num Latossolo Vermelho-Escuro álico cultivado com milho com irrigação por aspersão. **Revista Ceres**, Viçosa, UFV, v. XXXV, n. 197, p.89-104, 1988.

ANUÁRIO Brasileiro da Fruticultura 2005/Romar Rudolfo Beling... [et al.] **Produção**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2005. 136 p.

ARAÚJO, D.F.; COELHO, S.L.; TEIXEIRA, A.S. Calibração de um sensor de temperatura aplicado a um tensiômetro eletrônico de leitura automática. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. **Anais...** Jaboticabal, SP: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2003. 1 CD-ROM.

ARAÚJO, J.L.P.; CORREIA, R.C.; ARAÚJO, E.P.; BRITTO, W.S.F. Custos de Produção e Rentabilidade. In: GENU, P.J.C & PINTO, A.C.Q. (Ed.) **A cultura da mangueira**, cap. 20, Brasília, 2002. p. 445-452.

BERNARDO, S.; SOARES, A.A.; MANTOVANI, E.C. **Manual de irrigação**. 8ª edição, Viçosa: Ed. UFV, 2006. 625P.

BERTONHA, A.; FRIZZONE, J.; MARTINS, E. N. Irrigação e adubação nitrogenada na produção de Laranja Pêra, **Acta Scientiarum**. Maringá, v.21, n.3, p.537-542, 1999.

BLANEY, H. F.; CRIDDLE. W. D. **Determining water requirements in irrigated areas from climatological and irrigatio data**. Washington: USDA, 1950. 48 p.

BLEINROTH, E.W.; FIGUEIREDO, I.B. de; VEIGA, A. de A.; SOARES, N.B.; MEDINA, J.C.; SABINO, J.C. Avaliação de novas cultivares de manga para industrialização. I. Análise das características físico-geométricas e químicas da matéria-prima. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.22, n. 2, p. 217-246, 1985.

BRITO, R.A.L.; COUTO, L.; SANTANA, D.P. Agricultura irrigada, recursos hídricos e produção de alimentos. Uma interação produtiva e positiva. **Revista Irrigação e Tecnologia Moderna, ITEM**, Brasília, n. 55. 3º trimestre, 2002.

BOTREL, N. Manga: variedades, qualidade e tecnologia pós-colheita. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.17, n. 179, p.55-60, 1994.

CARVALHO, C.R.L.; ROSSETTO, C.J.; MANTOVANI, D.M.B.; MORGANO, M.A.; CASTRO, J.V.; BORTOLETTO, N. Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo instituto agrônomo de campinas comparadas a outras de importância comercial **Rev. Bras. Frutic.**, Jaboticabal - SP, v. 26, n. 2, p. 264-271, Agosto 2004

CASTRO NETO, M.T.; REINHARDT, D.H.; LEDO, C.A. da S. Determination of Water Potential on Mango Trees by Pressure Chamber. In: **Proc. VII th IS on Mango** Eds. A.C.Q. Pinto et al. Acta Hort 645, ISHS 2004, p. 425-427.

CHALMERS, D. J., MITCHEL, P.D., VAN HECK L. Control of peach tree growth and productivity by regulated water supply, tree density and summer pruning. **Journal Am. Soc. Hort. Sci.** n. 106, p. 307-312, 1981;

CHRISTOFIDIS, D. Os recursos hídricos e a prática da irrigação no Brasil e no mundo. **Revista Irrigação e Tecnologia Moderna, ITEM**, Brasília, n. 49. 1º trimestre, 2001.

CHRISTOFIDIS, D. **Recursos hídricos e irrigação no Brasil**. Centro de Desenvolvimento Sustentável, UnB, Brasília, 1999, 34p.

CHOUDHURY, E.N.; SOARES, J.M. Comportamento do sistema radicular de fruteiras irrigadas. I. Mangueira em solo arenoso, sob irrigação por aspersão subcopia. **Rev. Bras. de Frutic.** Jaboticabal – SP, v. 14, n.3, p. 169-176, 1992.

COELHO, E. F.; ANDRADE, C. L. T.; OR, D.; LOPES, L. C.; SOUZA, C. F. Desempenho de diferentes guias de ondas para uso com analisador de umidade Trase. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 81-87, 2001a.

COELHO, E. F.; ARRUDA, F. B. Aplicações da técnica de TDR: manejo da água no solo. In: WORKSHOP SOBRE APLICAÇÕES DA TÉCNICA DE TDR (REFLECTOMETRIA NO DOMÍNIO DO TEMPO) NA AGRICULTURA, 1., 2001, Campinas. **Aplicações da técnica de TDR na agricultura**. Campinas, SP: UNICAMP, FEAGRI, 2001. p. 129-145.

COELHO, E.F.; BORGES, A. L. Necessidades hídricas e produtividade da bananeira Prata Anã e Grand Naine sob irrigação suplementar In XII CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12, Uberlândia 2002, **Anais**. Uberlândia, ABID, 2002. (CD-Rom).

COELHO, E.F.; OLIVEIRA, F.C.; ARAÚJO, E.C.E.; VASCONCELOS, L.F.L.; LIMA, D.M. Distribuição do sistema radicular da mangueira sob irrigação localizada em solo arenoso de tabuleiros costeiros. **Rev. Bras. de Frutic.** Jaboticabal – SP, v. 23, n.2, p. 250-256, agosto 2001b.

COELHO, E.F.; OLIVEIRA, A.S.; NETO, A.O.A.; TEIXEIRA, A.E.C.; ARAÚJO, E.C.E.; BASSOI, L.H. Irrigação. In: GENU, P.J.C & PINTO, A.C.Q. (Ed.) **A cultura da mangueira**, cap. 9, Brasília, 2002. p. 167-189.

COELHO, E.F.; OLIVEIRA F. C.; VASCONCELOS, L. F. L.; ARAUJO, E. C. Produção da cultura da manga sob diferentes níveis de irrigação nas condições

edafoclimáticas de Teresina-PI In. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 30, Foz do Iguaçu 2001c, **Anais**. Foz do Iguaçu, SBEA, 2001c. (CD-Rom).

COELHO, E. F.; SOUSA, V. F.; AGUIAR NETO, A. O.; OLIVEIRA, A. S. **Manejo de irrigação em fruteiras tropicais**. Cruz das Almas, Ba: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2000. 48 p. 23,5 cm. (Embrapa Circular Técnica, 40).

COELHO, E.F.; VELLAME, L. M.; COELHO FILHO, M. A. **Sonda de TDR para estimativa da umidade e condutividade elétrica do solo, com uso de multiplexadores**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 475-480, 2005.

COELHO, E. F.; VELLAME, L. M.; COELHO FILHO, M. A.; LEDO, C. A. S. **Desempenho de modelos de calibração de guias de onda acopladas a TDR e a multiplexadores em três tipos de solo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Brasília, v. 30, p. 23-30, 2006.

COELHO FILHO, M.A. **Determinação da transpiração máxima em um pomar jovem de lima ácida ‘Tahiti’ (Citrus latifolia Tan.) e sua relação com a evapotranspiração de referência**. Piracicaba, SP, 2002. 91f. Tese (Doutorado) - ESALQ-USP, Piracicaba.

COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F. Uso da regulação do déficit de irrigação e produtividade de mangueira Tommy Atkins em condições semi-áridas In. CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15, Teresina, 2005, **Anais**. Teresina, ABID, 2005.

COELHO FILHO, M. A.; VELLAME, L. M.; COELHO, E. F.; CASTRO NETO, M. T.; PAZ, F. P. S. Uso de sensores Granier para determinação da transpiração de mangueiras In. CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 16, Goiania, 2006, **Anais**. Goiania, ABID, 2006.

COSTA, J. G. e SANTOS, C.A.F., Cultivares. In. MOUCO, M. A. do C., **O cultivo da mangueira**, Petrolina: EMBRAPA Semi-Árido, julho/2004, Sistemas de Produção 2, Versão Eletrônica.

DELGADO-ROJAS, J.S.; RIGHI, C.A.; KARASAWA, S.; ANGELOCCI, L.R.; BERNARDES, M.S.; FOLEGATTI, M.V. Desempenho do método de dissipação térmica na medida do fluxo de seiva em seringueira. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v.26, n.3, p.722-729, set./dez. 2006

DELVIN, R.M. **Fisiologia vegetal**. Barcelona: Omega, 1975. 614 p.

DOMINGO, R.; RUIZ-SÁNCHEZ, M.C.; TORRECILLAS, A. Water relations, growth and yield of Fino Lemon trees under regulated deficit irrigation. **Irrigation Science**, v. 16, p.115-123, 1996.

DONADIO, L.C. Variedades de Mangueira. In: SÃO JOSÉ, A. R.; SOUZA, I.V.B.; MARTINS FILHO, J.; MORAES, O.M. (Ed.) **Manga: tecnologia de produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1996. p. 32-56.

DOORENBOS, J. e KASSAN, A.H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 33, 1979). Versão em Português – 2ª. Edição, Campina Grande, Dept. Eng. Agrícola, UFPB, 2000. 221 p.

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

FERREIRA, M. I.; SILVESTRE, J. C. Medição da transpiração em cobertos descontínuos: Vinha em diferentes declives, na região do oeste. In: CONGRESSO DA ÁGUA, 7., 2004, Lisboa, Portugal. **Anais...**Lisboa, Portugal: LNEC, 2004. Disponível em:<[http://www.isa.utl.pt/wateruse/PUBLICATIONS/ferreiraesilvestre2004\\_CA.pdf](http://www.isa.utl.pt/wateruse/PUBLICATIONS/ferreiraesilvestre2004_CA.pdf)>. Acesso em: 15/06/2008.

FERREIRA, M.I.; DAVID, T.S., PEREIRA, J.S.; DAVID, J.S.; VALANCOGNE, C.; BERBIGIER, P.; LOUSTAU, D.. Evapotranspiration in several woody species of central Portugal. In: HOCEVAR, A. (ed.), **Proceed. 14th International Congress of Biometeorology**, Ljubljana, Slovenia, 1-8 Setembro 1997, p. 53-60.

FERREIRA, M.N.L.; **Distribuição radicular e consumo de água de goiabeira (*Psidium Guajava L.*) irrigada por microaspersão em Petrolina-PE**. Piracicaba, 2004. 106p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 2004.

FORD, C.R.; ROBERT, M.H.; BRIAN D.K.; JAMES, M.V. A comparison of sap flux-based evapotranspiration estimates with catchment-scale water balance. **Agricultural and Forest Meteorology**, v.145, p.176–185, 2007.

GARNIER, E. e BERGER, A. Testing water potential in peach trees as an indicator of water stress. **Journal of Horticultural Science**, v.60, p.47-56, 1985.

GIRONA, J.; MOTA, M.; GOLDHAMMER, D. A.; JOHNSON, R. S.; DEJONG, T. M. Patters of soil and tree water status and leaf functioning during regulated deficit irrigation scheduling in peach. **Journal Am. Soc. Hort. Sci.** n. 118, p. 80-586, 1993.

GOOGLE EARTH. ©Europa Technologies. Image © 2008. Terra Metrics. Disponível em: <<http://earth.google.com>>. 2006. Acesso em: 01 jul. 2008.

GOODWIN, I., BOLAND, A.-M. Scheduling deficit irrigation of fruit trees for optimizing water use efficiency In. **Deficit Irrigation Practices, Water Reports**, n. 22, p. 67-78, 2000. Roma, FAO, 2000.

GONZALES-AUTOZANO, P.; CASTEL, J.R. Regulated déficit irrigation in “Clementin a Nules” citrus tree. I Yeld nad fruit quality efects. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v.74, n.6, p.706-713, 1999.

GONZALES-AUTOZANO, P.; CASTEL, J.R. Effects of regulated deficit irrigation on "Clementin de Nules" citrus tree growth, yield and fruit quality. **Acta Hortic.** Valencia, n.537, p.749-758, 2000.

GRANIER, A. Une nouvelle méthode pour la mesure du flux de sève brute dans le tronc des arbres. **Annales des Sciences Forestières**, Nancy, v.42, n.2, p.193-200, 1985.

GREMINER, P. J.; SUD, Y. K.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of field measured soil-water characteristics. **Soil Science Society of América Journal**, Madison, v.49, p.1075-1081, 1985.

GUERREIRO, F. **Fruticultura irrigada na Bahia**, Salvador, Desembahia – Agencia de Fomento do Estado da Bahia, 2002, 27 p. Disponível em: <[http://www.desembahia.ba.gov.br/recursos/news/vídeo\\_Artigo\\_07.pdf](http://www.desembahia.ba.gov.br/recursos/news/vídeo_Artigo_07.pdf)>

HARGREAVES, G.H. **Water requirements manual for irrigated crops and rainfed agriculture**. Logan: Utah State University, 1977. 41 p.

HERRMANN JÚNIOR, P.S. de P. Aspectos básicos da reflectometria no domínio do tempo (TDR) e potencialidades de aplicação na física do solo. In: WORKSHOP SOBRE APLICAÇÕES DA TÉCNICA DE TDR (REFLECTOMETRIA NO DOMÍNIO DO TEMPO) NA AGRICULTURA, 1, 2001. Campinas. **Aplicações da técnica de TDR na agricultura**. Campinas, SP: UNICAMP, FEAGRI, 2001. p. 37-50.

HILLEL, D. **Soil and water: Physical principles and processes**. New York: Academic Press, 1971. 288 p.

IBRAF, **Comparativo das Exportações Brasileiras de Frutas Frescas 2006-2007**. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br/Estatísticas e Revista>>. Acesso em 05 de junho de 2008.

ITEM. Na Bahia, a agricultura vai bem, obrigado, graças à irrigação. **Irrigação e Tecnologia Moderna**, n.58, Brasília, p.8-15, abr./jun. 2003.

JENSEN, E.M.; HAISE, H.R. Estimating evapotranspiration from solar radiation. **Journal of Irrigation and Drainage**, New York, v. 89, p. 15-41, 1963.

JONES, H.G.. Plant water relations and implications for irrigation scheduling. **Acta Horticulturae**. V. 278, p. 67-76. 1990.

JORNAL ENTRE POSTO, Programa Brasileiro para Modernização da Horticultura, CQH - Centro de Qualidade em Horticultura da Ceagesp, **Para entender a comercialização da manga**. Disponível em: < <http://www.jornalentreposto.com.br/ago2007/cqh5.htm>>. Acesso em 6 de novembro de 2008.

KATERJI, N. Les indicateurs de l'état hydrique de la plante. In: Riou, C., Bonhomme, R., Chassin, P., Neveu, A. & Papy, F. (ed.), **L'Eau dans l'Espace Rural**, INRA, Paris, p. 169-177. 1997.

KLAR, A.E. **Irrigação**: frequência e quantidade de aplicação. São Paulo: Nobel, 1991. 153 p.

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**, 1ª. Ed. Piracicaba: Departamento de Física e Meteorologia (ESALQ/USP). 1995.497p.

LIMA, D. M.; COELHO, E. F.; SILVA, T. S. M.; ALVES, A. A. C.; TAKAHASHI, R. Floração e crescimento do fruto de manga sob diferentes níveis de irrigação em condições semi-áridas In. CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 11, Fortaleza, 2001, **Anais**. Fortaleza: ABID, 2001. p. 137-141.

LIMA FILHO, J.M.P. Methodology for water potential measurement on mango using the pressure chamber. In.: **Proc. VII th IS on Mango**, Eds. A.C.Q. Pinto et al. Acta Hort 645, ISHS 2004 p. 459-461.

LINACRE, E.T. A simple formula for estimating evaporation in various climates using temperature alone. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 18, p. 409-424, 1997.

LIU, H-J.; COHEN, S.; TANNY, J.; LEMCOFF, J.H.; HUANG, G. Transpiration estimation of banana (*Musa sp.*) plants with the thermal dissipation method. **Plant Soil**, v.375, p.227-238, 2008.

LU, P.; CHACKO, E. Evaluation of Granier's sap flux sensor in young mango trees. **Agronomie**, v.18, p.461-471, 1998.

LU, P.; WOO, K.-C.; LIU, Z.-T. Estimation of whole-plant transpiration of bananas using sap flow measurements. **Journal of Experimental Botany**, v.53, n.375, p.1771-1779, 2002.

MARIN, F. R.; ANGELOCCI, L. R.; PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SENTELHAS, P. C. Fluxo de seiva e evapotranspiração num pequeno pomar de citros irrigado. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 9, n. 2, p. 219-226, 2001

MARIN, R.R.; ANGELOCCI, L.R.; PEREIRA, A.R.; SENTELHAS, P.C.; VILLA NOVA, N.A. Balanço de energia e consumo hídrico em pomar de lima ácida 'Tahiti'. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 17, n. 2, p. 219-228. 2002.

MARTINS, D.P. **Resposta do maracujazeiro amarelo (*passiflora edulis Sims var flavicarpa Deg.*) a lâminas de irrigação e doses de nitrogênio e potássio**. 1998. 84 f. Tese (Doutorado) Centro de Ciências e Tecnologias, Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes. 1998

MEDEIROS, A.T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas, em Paraipaba, CE**. Piracicaba, SP: ESALQ, 2002. 103 f. Tese (Doutorado em Agronomia)- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2002.

MEDINA, U.V.M. Distribution of roots of native mango trees *Mangifera indica* L. grafted with three different cultivars. **Agricultura Técnica on México**, v. 9, n. 2, p. 165-178, 1983.

MERRIAN, J.L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation**. Department of Agricultural and Irrigation Engineering, Utah State University. 1978.

MONTEITH, J.L. Evaporation and environmental the state and movement of water in living organisms. In: SYMPOSIUM SOCIETY EXPERIMENTAL BIOLOGY, 19, 1965, New York. **Proceedings...** New York. Academic Press, p. 205-234, 1965

NAOR, A. Relations between leaf and stem water potentials and stomatal conductance in three field-grown woody species. **Journal of Horticultural Science & biotechnology**, v. 73, p.431-436. 1998.

OGUNTUNDE, P.G.; OGUNTUASE, A.M. Influence of environmental factors on the sap flux density of mango trees under rain-fed cropping systems in West Africa. **International Journal of Plant Production**, v.2, p. 179-188, 2007.

OLIVEIRA, F. das C. **Uso e manejo da água na produção de manga sob condições sub úmidas no estado do Piauí**. Cruz das Almas, BA, 2001. 99 p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas.

OLIVEIRA, G.X.S.; Coelho Filho, M.A.; Pereira, F.A.C.; Coelho, E.F.; Paz, V.P.S.; Castro Neto, M.T. Relações entre transpiração máxima, evapotranspiração de referência e área foliar em quatro variedades de mangueira. **Rev. Bras. Frutic.** [online]. 2009, vol.31, n.1, pp. 20-27. ISSN 0100-2945. doi: 10.1590/S0100-29452009000100005.

PAÇO, M.T.G.A. **Modelação da evapotranspiração em cobertos descontínuos. Programação da rega em pomar de pessegueiro**. Lisboa, 2003. 227 f. Tese de Doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa.

PAÇO, M.T.G.A.; FERREIRA, M.I.F.R. Medição da evapotranspiração em cobertos descontínuos: Necessidade de rega em pomar de pessegueiro. In: CONGRESSO DA ÁGUA, 7., 2004, Lisboa, Portugal. **Anais...**Lisboa, Portugal: LNEC, 2004. Disponível em:<[http://www.isa.utl.pt/wateruse/PUBLICATIONS/106\\_pessegueiro.pdf](http://www.isa.utl.pt/wateruse/PUBLICATIONS/106_pessegueiro.pdf)>. Acesso em: 16/06/2008.

PAVEL, E.W.; DE VILLIERS, A.J. Responses of mango trees to reduced irrigation regimes. **Acta horticulture**. (ISHS) Mendoza, no. 646, p.63-68, 2004.

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceedings of Royal Society of London, Série A**, London, v. 193, p. 120-145, 1948.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

PINTO, A.C. de Q. **Capa: a produção, o consumo e a qualidade da manga no Brasil**. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal – SP, vol.24, no.3, p.00-00. Dec. 2002,

PINTO, A.C. de Q.; COSTA, J.G.; SANTOS, C.A.F. Principais Variedades. In: GENU, P.J.C & PINTO, A.C.Q. (Ed.) **A cultura da mangueira**, cap. 9, Brasília, 2002. p. 167-189.

REICHARDT, K. **Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera**. Campinas: Fundação Cargil, 1985, 445 p.

REICHARDT, K.; TIMM, L. C. **Solo, Planta e Atmosfera: conceitos, Processos e Aplicações**. Barueri, SP: Manole, 2004. 478 p.

ROJAS, J. S. D. **Avaliação do uso do fluxo de seiva e da variação do diâmetro do caule e de ramos na determinação das condições hídricas de citros, como base para o manejo de irrigação**. Piracicaba, SP, 2003, 110 f. Tese (Doutorado), Escola Superior de Agricultura “Luís de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

RUIZ-SÁNCHEZ, M.C.; TORRECILLAS, A.; PÉREZ-PASTOR, A.; DOMINGO, R. Regulated deficit irrigation in apricot trees. **Acta Hortic.**, Valencia, n. 537, p.759-766, 2000.

SAKURATANI, T. A heat balance method for measuring water sap flow in the stem of intact plant. **Journal of Agricultural Meteorology**, v. 39, n. 1, p. 9-17, 1981.

SANTOS, C.A.S. **Distribuição espacial e absorção de água pelo sistema radicular da cultura da manga (*Mangifera indica L.*) irrigada por microaspersão**. Piracicaba, SP, 1997. 51 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

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

SEDIYAMA, G.C. **Necessidade de água para os cultivos**. Brasília, Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior, 1990. 143p. (ABEAS, Curso de Engenharia de Irrigação – Módulo 4).

SEDIYAMA, G. C. Estimativa da evapotranspiração: Histórico, evolução e análise crítica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 1, p. 1-12, 1996.

SILVA, A. A. G. **Maracujá amarelo: aspectos relativos a fenologia, demanda hídrica e conservação pós-colheita**. Botucatu, SP, 2002. 98 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de São Paulo, Faculdade de Ciências Agrárias, Botucatu.

SILVA, J.A.M. **Irrigação lateralmente alternada e com déficit controlado na videira cv. Petite Syrah**. Viçosa, MG, UFV, 2005. 92 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SILVA, M.A.V. da; NOGUEIRA, R.J.M.C.; OLIVEIRA, A.F.M. de; SANTOS, V.F. dos; Resposta estomática e produção de matéria seca em plantas jovens de aroeira

submetidas a diferentes regimes hídricos. **Rev. Árvore**, Viçosa – MG, V.32, n.2, p.335-344, 2008.

SILVA, V.P.R. **Estimativa das necessidades hídricas da mangueira**. Campina Grande, PB, 2000. 129 f. Tese (Doutorado). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande.

SILVA, V.P.R. da; AZEVEDO, P.V.; SILVA, B.B.; BASSOI, L.H.; TEIXEIRA, A.H.C.; SOARES, J.M.; SILVA, J.A.M. Estimativa da evapotranspiração da mangueira com base no balanço hídrico do solo. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambient.**, set./dez. 2001, vol.5, no.3, p.456-462, 2001.

SIMOES, W. L. **Influência de diferentes disposições de microaspersores na extração de água do solo e nas características morfofisiológicas do *citrus latifolia tanaka* sobre o porta-enxerto *citrus limonia osbeck***. Viçosa, MG, 2007. 114 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SIMÕES W.L.; COELHO, E.F.; COELHO FILHO, M.A. Extração de água pelas raízes da mangueira sob irrigação por microaspersão em condições semi-áridas. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 15, Teresina. **Anais**. Viçosa: ABID, 2005. (CD-ROM).

SCHOLANDER, P.F.; HAMMER, H.T.; BRADSTREET, E.D.; HANINGSEN, E.A. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Washington, v.148, p.339-346, 1965;

SOUZA, C.F.; MATSURA, E.E. Avaliação de sondas de TDR multi-haste segmentadas para estimativa da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 63-68, 2002.

SOUZA, J.S.; ALMEIDA, C.O.; ARAÚJO, J.L.P.; CARDOSO, C.E.L.C. Aspectos Socioeconômicos. In: GENU, P.J.C & PINTO, A.C.Q. (Ed.) **A cultura da mangueira**, cap. 9, Brasília, 2002. p. 20-29.

SOUZA, V. F. de. **Níveis de irrigação e doses de potássio aplicados via fertirrigação por gotejamento no maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis Sims f. flavicarpa Deg.*)**. Piracicaba, SP, 2000. 617 f. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

SPREER, W.; NAGLE, M.; NEIDHART, S.; CARLE, R.; ONGPRASERT, S.; MÜLLER, J. Effect of regulated deficit irrigation and partial rootzone drying on the quality of mango fruits (*Mangifera indica L.*, cv. “Chok Anan”). **Agric. Water Manage.** v. 88, p. 173-180, 2007;

SYVERTSEN, J.P. Minimum leaf water potential and stomatal closure in citrus leaves of different ages. **Annals of Botany**, Oxford, v. 49, p. 827-834, 1982.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed., Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TEIXEIRA, A.H. de 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, p.1524–1537, 2008.

THORNTHWAITE, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical Review**, New York, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

TIMM, L.C.; OLIVEIRA, J.C.M.; TOMINAGA, T.T.; CÁSSARO, F.A.M.; REICHARDT, K.; BACCHI, O.O.S. Water balance of a sugarcane crop: quantitative and qualitative aspects of its measurement. **Rev. Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande (PB), v.6, n.3, p.57-62, 2002.

TOMMASELLI, J.T.G. **Influência de algumas características do solo sobre a calibração de um aparelho TDR (Time domain reflectometry)**. Piracicaba, SP: ESALQ/USP, 1997. 108 f. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

TOPP, G.C.; DAVIS, J.L.; ANNAN, A.P. Electromagnetic determination of soil water content; measurement in coaxial lines. **Water Resources Research**, v. 16, n. 3, p. 574-582, 1980.

TORRECILLAS, A.; RUIZ-SÁNCHEZ, M.C.; DOMINGO, R.; HERNÁNDEZ-BARROTO, J. Regulated deficit irrigation on Fino lemon trees. **Acta hort.** n.335, p.205-213, 1993;

VALANCOGNE, C. e NASR, Z.. Measuring sap flow in the stem of small trees by the heat balance method. **Hortscience**, v. 24, n. 2, p. 383-385, 1989.

VELLAME, L.M. **Transpiração em plantas de laranja e manga utilizando sonda de dissipação térmica e balanço de calor**. Cruz das Almas, BA, 2007. 67 f. Tese (Mestrado) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas.

VILLAGRA, M.M.; BACCHI, O.O.S.; TUON, R.L.; REICHARDT, K. Difficulties of estimating evapotranspiration from the water balance equation. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v.72, n.1, p.317-325, 1995.

XILOYANNIS, C., URIU, K. e MARTIN, G.C.. Seasonal and diurnal variations in abscisic acid, water potential, and diffusive resistance in leaves from irrigated and non irrigated peach trees. **Journal of American Society of Horticulture Science**, v. 105, p. 412-415, 1980.

WYZYKOWSKY, J.; ARAÚJO, J.L.P.; ALMEIDA, C.O. Mercado e comercialização. In: GENU, P.J.C e PINTO, A.C.Q. (Ed.) **A cultura da mangueira**, cap. 19, Brasília, 2002. p. 435-444.

## 7. ANEXOS

Tabela 1. Procedimento de cálculo da lâmina bruta aplicada diariamente na irrigação da mangueira Tommy Atkins, com 100% da  $ET_c$ , sob gotejamento e microaspersão em 2006.

Dia	ET <sub>o</sub> (Classe A) (mm)	K <sub>c</sub> (decimal)	Gotejamento			Precipitação (mm)	Microaspersão		
			K <sub>1</sub> (decimal)	Eficiência (decimal)	Lamina Bruta (mm)		K <sub>1</sub> (decimal)	Eficiência (decimal)	Lamina Bruta (mm)
18/7/2006	4,90	0,45	0,80	0,90	3,40	0,00	0,70	0,90	2,97
19/7/2006	6,40	0,45	0,80	0,90	4,44	0,00	0,70	0,90	3,89
20/7/2006	4,48	0,45	0,80	0,90	3,11	0,00	0,70	0,90	2,72
21/7/2006	5,42	0,45	0,80	0,90	3,76	0,00	0,70	0,90	3,29
22/7/2006	5,20	0,45	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
23/7/2006	5,30	0,45	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
24/7/2006	5,95	0,45	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
25/7/2006	6,09	0,45	0,80	0,90	4,23	0,00	0,70	0,90	3,70
26/7/2006	5,69	0,45	0,80	0,90	3,95	0,00	0,70	0,90	3,45
27/7/2006	6,16	0,45	0,80	0,90	4,27	0,00	0,70	0,90	3,74
28/7/2006	4,90	0,45	0,80	0,90	3,40	0,00	0,70	0,90	2,97
29/7/2006	5,95	0,54	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
30/7/2006	6,04	0,54	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
31/7/2006	6,15	0,54	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
1/8/2006	6,30	0,54	0,80	0,90	5,31	0,00	0,70	0,90	4,65
2/8/2006	4,90	0,54	0,80	0,90	4,13	0,00	0,70	0,90	3,61
3/8/2006	5,20	0,54	0,80	0,90	4,38	0,00	0,70	0,90	3,84
4/8/2006	5,30	0,54	0,80	0,90	4,47	0,00	0,70	0,90	3,91
5/8/2006	5,66	0,54	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
6/8/2006	6,97	0,54	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
7/8/2006	5,20	0,54	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
8/8/2006	4,45	0,59	0,80	0,90	4,11	0,00	0,70	0,90	3,60
9/8/2006	4,97	0,59	0,80	0,90	4,59	0,00	0,70	0,90	4,02
10/8/2006	4,39	0,59	0,80	0,90	4,06	0,00	0,70	0,90	3,55
11/8/2006	4,87	0,59	0,80	0,90	4,50	0,00	0,70	0,90	3,94
12/8/2006	3,90	0,59	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
13/8/2006	5,00	0,59	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
14/8/2006	4,55	0,59	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
15/8/2006	4,39	0,59	0,80	0,90	4,06	0,00	0,70	0,90	3,55
16/8/2006	4,90	0,59	0,80	0,90	4,53	0,00	0,70	0,90	3,96
17/8/2006	5,25	0,59	0,80	0,90	4,85	0,00	0,70	0,90	4,24
18/8/2006	5,53	0,66	0,80	0,90	5,64	0,00	0,70	0,90	4,94
19/8/2006	5,20	0,66	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
20/8/2006	5,52	0,66	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
21/8/2006	6,02	0,66	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
22/8/2006	5,85	0,66	0,80	0,90	5,97	0,00	0,70	0,90	5,22
23/8/2006	5,39	0,66	0,80	0,90	5,50	0,00	0,70	0,90	4,81
24/8/2006	5,95	0,66	0,80	0,90	6,07	0,00	0,70	0,90	5,31
25/8/2006	6,17	0,66	0,80	0,90	6,30	0,00	0,70	0,90	5,51
26/8/2006	5,98	0,66	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
27/8/2006	5,20	0,66	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
28/8/2006	4,48	0,71	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
29/8/2006	4,55	0,71	0,80	0,90	5,03	0,00	0,70	0,90	4,40
30/8/2006	5,52	0,71	0,80	0,90	6,10	0,00	0,70	0,90	5,33
31/8/2006	5,30	0,71	0,80	0,90	5,85	0,00	0,70	0,90	5,12
1/9/2006	5,04	0,71	0,80	0,90	5,57	0,00	0,70	0,90	4,87
2/9/2006	4,35	0,71	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
3/9/2006	4,39	0,71	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
4/9/2006	4,55	0,71	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
5/9/2006	5,74	0,71	0,80	0,90	6,34	3,00	0,70	0,90	5,55
6/9/2006	4,76	0,71	0,80	0,90	5,26	0,00	0,70	0,90	4,60
7/9/2006	4,76	0,71	0,80	0,90	5,26	0,00	0,70	0,90	4,60
8/9/2006	4,90	0,76	0,80	0,90	5,76	0,00	0,70	0,90	5,04
9/9/2006	5,20	0,76	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
10/9/2006	5,55	0,76	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
11/9/2006	4,55	0,76	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
12/9/2006	6,69	0,76	0,80	0,90	7,87	0,00	0,70	0,90	6,88
13/9/2006	3,90	0,76	0,80	0,90	4,59	0,00	0,70	0,90	4,01

Continuação .....

14/9/2006	4,48	0,76	0,80	0,90	5,27	0,00	0,70	0,90	4,61
15/9/2006	5,12	0,76	0,80	0,90	6,02	0,00	0,70	0,90	5,27
16/9/2006	5,85	0,76	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
17/9/2006	5,74	0,76	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
18/9/2006	5,26	0,79	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
19/9/2006	5,23	0,79	0,80	0,90	6,46	0,00	0,70	0,90	5,65
20/9/2006	6,93	0,79	0,80	0,90	8,56	0,00	0,70	0,90	7,49
21/9/2006	6,17	0,79	0,80	0,90	7,62	0,00	0,70	0,90	6,67
22/9/2006	6,82	0,79	0,80	0,90	8,42	0,00	0,70	0,90	7,37
23/9/2006	6,50	0,79	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
24/9/2006	6,20	0,79	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
25/9/2006	5,25	0,79	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
26/9/2006	5,74	0,79	0,80	0,90	7,09	0,00	0,70	0,90	6,20
27/9/2006	5,89	0,79	0,80	0,90	7,27	0,00	0,70	0,90	6,37
28/9/2006	5,27	0,82	0,80	0,90	6,75	0,00	0,70	0,90	5,91
29/9/2006	5,17	0,82	0,80	0,90	6,63	0,00	0,70	0,90	5,80
30/9/2006	5,59	0,82	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
1/10/2006	5,69	0,82	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
2/10/2006	5,65	0,82	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
3/10/2006	5,62	0,82	0,80	0,90	7,20	0,00	0,70	0,90	6,30
4/10/2006	5,85	0,82	0,80	0,90	7,50	0,00	0,70	0,90	6,56
5/10/2006	5,98	0,82	0,80	0,90	7,67	8,50	0,70	0,90	6,71
6/10/2006	5,20	0,82	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
7/10/2006	5,26	0,82	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
8/10/2006	5,30	0,82	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
9/10/2006	5,07	0,85	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
10/10/2006	4,55	0,85	0,80	0,90	5,99	0,00	0,70	0,90	5,24
11/10/2006	5,52	0,85	0,80	0,90	7,26	0,00	0,70	0,90	6,36
12/10/2006	5,88	0,85	0,80	0,90	7,74	0,00	0,70	0,90	6,77
13/10/2006	6,72	0,85	0,80	0,90	8,84	0,00	0,70	0,90	7,74
14/10/2006	6,30	0,85	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
15/10/2006	4,90	0,85	0,80	0,90	0,00	31,00	0,70	0,90	0,00
16/10/2006	4,80	0,85	0,80	0,90	0,00	18,00	0,70	0,90	0,00
17/10/2006	4,22	0,85	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
18/10/2006	4,87	0,85	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
19/10/2006	4,55	0,86	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
20/10/2006	3,85	0,86	0,80	0,90	5,15	0,00	0,70	0,90	4,51
21/10/2006	5,20	0,86	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
22/10/2006	4,29	0,86	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
23/10/2006	6,11	0,86	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
24/10/2006	6,50	0,86	0,80	0,90	8,70	0,00	0,70	0,90	7,61
25/10/2006	6,56	0,86	0,80	0,90	8,78	0,00	0,70	0,90	7,68
26/10/2006	6,82	0,86	0,80	0,90	9,12	0,00	0,70	0,90	7,98
27/10/2006	6,40	0,86	0,80	0,90	8,56	0,00	0,70	0,90	7,49
28/10/2006	7,00	0,86	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
29/10/2006	4,55	0,87	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
30/10/2006	4,25	0,87	0,80	0,90	0,00	44,00	0,70	0,90	0,00
31/10/2006	4,20	0,87	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
1/11/2006	5,74	0,87	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
2/11/2006	5,81	0,87	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
3/11/2006	5,52	0,87	0,80	0,90	7,44	0,00	0,70	0,90	6,51
4/11/2006	6,30	0,87	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
5/11/2006	6,26	0,87	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
6/11/2006	6,65	0,87	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
7/11/2006	5,20	0,87	0,80	0,90	7,00	8,50	0,70	0,90	6,13
8/11/2006	5,67	0,87	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00

Tabela 2. Procedimento de cálculo da lâmina bruta aplicada diariamente na irrigação da mangueira Tommy Atkins, com 100% da ETC, sob gotejamento e microaspersão em 2007.

Dia	ETo (PM) (mm)	Kc (decimal)	Gotejamento			Precipitação (mm)	Microaspersão		
			K <sub>i</sub> (decimal)	Eficiência (decimal)	Lamina Bruta (mm)		K <sub>i</sub> (decimal)	Eficiência (decimal)	Lamina Bruta (mm)
20/6/2007	5,39	0,45	0,80	0,90	3,74	0,00	0,70	0,90	3,27
21/6/2007	5,00	0,45	0,80	0,90	3,47	0,00	0,70	0,90	3,04
22/6/2007	4,72	0,45	0,80	0,90	3,27	0,00	0,70	0,90	2,87
23/6/2007	4,64	0,45	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
24/6/2007	4,40	0,45	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
25/6/2007	4,00	0,45	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
26/6/2007	5,65	0,45	0,80	0,90	3,92	0,00	0,70	0,90	3,43
27/6/2007	5,12	0,45	0,80	0,90	3,55	0,00	0,70	0,90	3,11
28/6/2007	4,80	0,45	0,80	0,90	3,33	0,00	0,70	0,90	2,91
29/6/2007	4,64	0,45	0,80	0,90	3,22	0,00	0,70	0,90	2,82
30/6/2007	4,36	0,45	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
1/7/2007	4,20	0,54	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
2/7/2007	4,13	0,54	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
3/7/2007	4,23	0,54	0,80	0,90	3,57	0,00	0,70	0,90	3,12
4/7/2007	4,27	0,54	0,80	0,90	3,60	0,00	0,70	0,90	3,15
5/7/2007	4,02	0,54	0,80	0,90	3,39	0,00	0,70	0,90	2,97
6/7/2007	4,03	0,54	0,80	0,90	3,40	0,00	0,70	0,90	2,97
7/7/2007	4,22	0,54	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
8/7/2007	4,35	0,54	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
9/7/2007	4,90	0,54	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
10/7/2007	4,87	0,54	0,80	0,90	4,11	0,00	0,70	0,90	3,59
11/7/2007	5,20	0,59	0,80	0,90	4,80	0,00	0,70	0,90	4,20
12/7/2007	5,15	0,59	0,80	0,90	4,76	0,00	0,70	0,90	4,16
13/7/2007	5,13	0,59	0,80	0,90	4,74	0,00	0,70	0,90	4,15
14/7/2007	4,19	0,59	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
15/7/2007	4,45	0,59	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
16/7/2007	4,32	0,59	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
17/7/2007	4,87	0,59	0,80	0,90	4,50	0,00	0,70	0,90	3,94
18/7/2007	5,00	0,59	0,80	0,90	4,62	0,00	0,70	0,90	4,04
19/7/2007	5,20	0,59	0,80	0,90	4,80	0,00	0,70	0,90	4,20
20/7/2007	5,35	0,59	0,80	0,90	4,94	0,00	0,70	0,90	4,33
21/7/2007	5,63	0,66	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
22/7/2007	5,26	0,66	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
23/7/2007	5,74	0,66	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
24/7/2007	5,95	0,66	0,80	0,90	6,07	0,00	0,70	0,90	5,31
25/7/2007	5,84	0,66	0,80	0,90	5,96	0,00	0,70	0,90	5,21
26/7/2007	4,39	0,66	0,80	0,90	4,48	0,00	0,70	0,90	3,92
27/7/2007	4,51	0,66	0,80	0,90	4,60	0,00	0,70	0,90	4,03
28/7/2007	4,90	0,66	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
29/7/2007	5,04	0,66	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
30/7/2007	5,70	0,66	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
31/7/2007	5,60	0,71	0,80	0,90	6,18	0,00	0,70	0,90	5,41
1/8/2007	4,87	0,71	0,80	0,90	5,38	0,00	0,70	0,90	4,71
2/8/2007	5,60	0,71	0,80	0,90	6,18	0,00	0,70	0,90	5,41
3/8/2007	5,50	0,71	0,80	0,90	6,07	0,00	0,70	0,90	5,32
4/8/2007	5,49	0,71	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
5/8/2007	5,26	0,71	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
6/8/2007	5,21	0,71	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
7/8/2007	4,86	0,71	0,80	0,90	5,37	0,00	0,70	0,90	4,70
8/8/2007	4,68	0,71	0,80	0,90	5,16	0,00	0,70	0,90	4,52
9/8/2007	4,70	0,71	0,80	0,90	5,20	0,00	0,70	0,90	4,55
10/8/2007	4,38	0,71	0,80	0,90	4,84	0,00	0,70	0,90	4,23
11/8/2007	4,31	0,76	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
12/8/2007	4,66	0,76	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
13/8/2007	4,60	0,76	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
14/8/2007	3,63	0,76	0,80	0,90	4,27	0,00	0,70	0,90	3,73
15/8/2007	4,25	0,76	0,80	0,90	5,00	0,00	0,70	0,90	4,38
16/8/2007	4,36	0,76	0,80	0,90	5,13	0,00	0,70	0,90	4,49
17/8/2007	4,42	0,76	0,80	0,90	5,20	0,00	0,70	0,90	4,55
18/8/2007	4,91	0,76	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00

Continuação .....

19/8/2007	5,16	0,76	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
20/8/2007	4,97	0,76	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
21/8/2007	5,46	0,79	0,80	0,90	6,74	0,00	0,70	0,90	5,90
22/8/2007	5,29	0,79	0,80	0,90	6,54	0,00	0,70	0,90	5,72
23/8/2007	4,84	0,79	0,80	0,90	5,97	0,00	0,70	0,90	5,23
24/8/2007	4,87	0,79	0,80	0,90	6,01	0,00	0,70	0,90	5,26
25/8/2007	5,30	0,79	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
26/8/2007	6,22	0,79	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
27/8/2007	5,82	0,79	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
28/8/2007	6,10	0,79	0,80	0,90	7,53	0,00	0,70	0,90	6,59
29/8/2007	5,46	0,79	0,80	0,90	6,75	0,00	0,70	0,90	5,90
30/8/2007	4,85	0,79	0,80	0,90	5,99	0,00	0,70	0,90	5,24
31/8/2007	5,07	0,82	0,80	0,90	6,49	0,00	0,70	0,90	5,68
1/9/2007	5,76	0,82	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
2/9/2007	5,62	0,82	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
3/9/2007	5,00	0,82	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
4/9/2007	4,48	0,82	0,80	0,90	5,74	0,00	0,70	0,90	5,02
5/9/2007	4,65	0,82	0,80	0,90	5,97	0,00	0,70	0,90	5,22
6/9/2007	5,25	0,82	0,80	0,90	6,73	0,00	0,70	0,90	5,89
7/9/2007	5,14	0,82	0,80	0,90	6,59	0,00	0,70	0,90	5,77
8/9/2007	5,60	0,82	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
9/9/2007	5,54	0,82	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
10/9/2007	5,60	0,82	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
11/9/2007	5,83	0,85	0,80	0,90	7,68	0,00	0,70	0,90	6,72
12/9/2007	5,88	0,85	0,80	0,90	7,74	0,00	0,70	0,90	6,77
13/9/2007	4,82	0,85	0,80	0,90	6,35	0,00	0,70	0,90	5,55
14/9/2007	5,57	0,85	0,80	0,90	7,33	0,00	0,70	0,90	6,42
15/9/2007	5,49	0,85	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
16/9/2007	6,25	0,85	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
17/9/2007	6,70	0,85	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
18/9/2007	6,22	0,85	0,80	0,90	8,19	0,00	0,70	0,90	7,16
19/9/2007	5,87	0,85	0,80	0,90	7,72	0,00	0,70	0,90	6,75
20/9/2007	5,64	0,85	0,80	0,90	7,42	0,00	0,70	0,90	6,50
21/9/2007	5,80	0,86	0,80	0,90	7,76	0,00	0,70	0,90	6,79
22/9/2007	6,31	0,86	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
23/9/2007	6,19	0,86	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
24/9/2007	6,71	0,86	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
25/9/2007	6,33	0,86	0,80	0,90	8,47	0,00	0,70	0,90	7,41
26/9/2007	5,23	0,86	0,80	0,90	7,00	0,00	0,70	0,90	6,12
27/9/2007	4,51	0,86	0,80	0,90	6,03	0,00	0,70	0,90	5,28
28/9/2007	4,95	0,86	0,80	0,90	6,63	0,00	0,70	0,90	5,80
29/9/2007	6,00	0,86	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
30/9/2007	5,71	0,86	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
1/10/2007	5,64	0,87	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
2/10/2007	5,11	0,87	0,80	0,90	6,88	0,00	0,70	0,90	6,02
3/10/2007	5,44	0,87	0,80	0,90	7,33	0,00	0,70	0,90	6,41
4/10/2007	5,80	0,87	0,80	0,90	7,82	0,00	0,70	0,90	6,84
5/10/2007	5,47	0,87	0,80	0,90	7,37	0,00	0,70	0,90	6,45
6/10/2007	5,88	0,87	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
7/10/2007	5,95	0,87	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
8/10/2007	5,11	0,87	0,80	0,90	0,00	0,00	0,70	0,90	0,00
9/10/2007	4,55	0,87	0,80	0,90	6,12	0,00	0,70	0,90	5,36
10/10/2007	5,40	0,87	0,80	0,90	7,28	0,00	0,70	0,90	6,37
11/10/2007	5,87	0,87	0,80	0,90	7,91	0,00	0,70	0,90	6,92

Tabela 3. Dados climáticos diário durante o período de desenvolvimento do fruto da mangueira Tommy Atkins, no ano de 2007, em Ceraíma, Guanambi – BA.

Dia/mês	Temp. Máxima °C	Temp. Mínima °C	Temp. Média °C	Radiação MJ m <sup>-2</sup> dia <sup>-1</sup>	Insolação (h dia <sup>-1</sup> )	UR máxima (%)	UR mínima (%)
20/6/2007	27,90	18,60	23,25	17,71	8,15	77,00	32,00
21/6/2007	27,70	18,80	23,25	17,37	7,87	76,00	34,00
22/6/2007	29,30	19,60	24,45	17,37	7,87	75,00	28,00
23/6/2007	28,80	20,20	24,50	17,54	8,01	66,00	34,00
24/6/2007	27,70	21,00	24,35	16,68	7,31	66,00	38,00
25/6/2007	27,10	19,70	23,40	16,85	7,45	75,00	40,00
26/6/2007	27,20	19,40	23,30	14,86	5,85	73,00	36,00
27/6/2007	26,60	18,80	22,70	14,95	5,92	64,00	39,00
28/6/2007	27,00	19,10	23,05	16,85	7,45	68,00	37,00
29/6/2007	26,50	18,20	22,35	16,24	6,97	72,00	33,00
30/6/2007	28,10	18,30	23,20	15,47	6,34	71,00	33,00
1/7/2007	27,20	18,90	23,05	15,12	6,06	96,00	39,00
2/7/2007	27,60	19,40	23,50	16,16	6,90	73,00	33,00
3/7/2007	27,10	18,70	22,90	16,76	7,38	73,00	34,00
4/7/2007	28,90	19,60	24,25	16,59	7,24	71,00	26,00
5/7/2007	28,50	19,30	23,90	15,03	5,99	77,00	30,00
6/7/2007	27,60	19,20	23,40	16,50	7,17	71,00	34,00
7/7/2007	25,10	18,50	21,80	16,68	7,31	70,00	39,00
8/7/2007	26,70	16,70	21,70	17,02	7,59	69,00	28,00
9/7/2007	26,90	17,00	21,95	17,11	7,66	55,00	27,00
10/7/2007	27,00	18,00	22,50	16,93	7,52	70,00	38,00
11/7/2007	26,00	19,40	22,70	8,38	0,62	71,00	38,00
12/7/2007	26,20	18,00	22,10	17,19	7,73	71,00	31,00
13/7/2007	27,40	17,40	22,40	17,88	8,29	55,00	21,00
14/7/2007	25,00	15,50	20,25	8,90	1,04	74,00	41,00
15/7/2007	26,10	14,60	20,35	16,85	7,45	83,00	29,00
16/7/2007	26,50	16,40	21,45	13,22	4,52	76,00	32,00
17/7/2007	26,90	14,90	20,90	18,06	8,43	79,00	29,00
18/7/2007	30,20	17,90	24,05	17,45	7,94	70,00	24,00
19/7/2007	30,20	18,80	24,50	17,71	8,15	73,00	23,00
20/7/2007	28,30	18,10	23,20	17,97	8,36	74,00	22,00
21/7/2007	27,80	17,00	22,40	18,06	8,43	58,00	26,00
22/7/2007	28,80	18,00	23,40	12,01	3,55	60,00	28,00
23/7/2007	29,00	18,10	23,55	17,54	8,01	76,00	26,00
24/7/2007	29,60	18,30	23,95	17,63	8,08	77,00	24,00
25/7/2007	30,20	19,70	24,95	17,80	8,22	56,00	18,00
26/7/2007	30,50	20,10	25,30	17,88	8,29	52,00	18,00
27/7/2007	27,00	18,70	22,85	15,21	6,13	66,00	33,00
28/7/2007	27,40	19,00	23,20	17,45	7,94	72,00	30,00
29/7/2007	27,50	17,90	22,70	14,00	5,15	63,00	26,00
30/7/2007	28,10	18,10	23,10	17,71	8,15	73,00	29,00
31/7/2007	29,20	19,70	24,45	18,40	8,71	59,00	23,00
1/8/2007	27,70	19,50	23,60	17,28	7,80	67,00	28,00
2/8/2007	30,30	19,90	25,10	18,23	8,57	53,00	21,00
3/8/2007	31,80	19,50	25,65	18,32	8,64	70,00	21,00
4/8/2007	33,20	18,70	25,95	10,71	2,50	62,00	19,00
5/8/2007	34,10	20,10	27,10	18,40	8,71	60,00	20,00
6/8/2007	32,53	19,07	25,80	21,21	8,96	78,00	45,00
7/8/2007	29,79	18,49	24,14	21,13	8,91	77,25	44,92
8/8/2007	28,91	19,47	24,19	21,02	8,83	82,87	44,99
9/8/2007	30,08	20,21	25,15	19,77	7,93	80,95	48,74
10/8/2007	29,53	19,84	24,69	14,51	4,14	84,32	40,07
11/8/2007	29,87	17,21	23,54	19,41	7,67	86,67	49,82
12/8/2007	30,00	19,85	24,92	19,41	7,67	80,00	49,00
13/8/2007	28,38	19,06	23,72	19,41	7,67	80,00	43,31
14/8/2007	27,02	13,73	20,37	15,40	4,78	90,47	45,42
15/8/2007	29,17	18,12	23,64	13,88	3,69	79,03	44,24
16/8/2007	28,11	17,98	23,04	20,46	8,43	85,27	46,63
17/8/2007	27,71	17,56	22,63	21,87	9,44	83,79	46,93
18/8/2007	29,29	16,86	23,08	22,65	10,00	76,66	41,33
19/8/2007	29,73	18,70	24,21	22,87	10,16	75,81	38,84

Continuação .....

20/8/2007	29,84	18,63	24,24	21,89	9,46	78,75	41,95
21/8/2007	32,67	18,05	25,36	22,52	9,91	83,81	31,61
22/8/2007	29,73	19,13	24,43	22,94	10,22	71,32	39,14
23/8/2007	29,47	19,69	24,58	19,54	7,77	78,20	42,07
24/8/2007	29,21	18,46	23,84	22,55	9,93	79,37	43,85
25/8/2007	32,52	18,58	25,55	22,70	10,04	83,58	39,29
26/8/2007	34,65	20,81	27,73	23,16	10,37	75,26	27,83
27/8/2007	34,73	20,03	27,38	20,96	8,79	79,62	31,29
28/8/2007	33,81	23,03	28,42	20,62	8,54	67,41	34,06
29/8/2007	29,93	20,64	25,29	23,31	10,48	74,78	34,75
30/8/2007	28,31	17,81	23,06	23,05	10,29	75,45	43,65
31/8/2007	29,10	18,04	23,57	23,82	10,85	73,69	42,86
1/9/2007	30,04	18,32	24,18	24,16	9,30	74,03	34,04
2/9/2007	30,46	18,33	24,40	23,72	9,02	78,13	36,13
3/9/2007	29,60	18,49	24,05	21,97	7,87	83,75	45,54
4/9/2007	28,46	19,22	23,84	16,95	4,57	89,98	40,09
5/9/2007	29,31	18,93	24,12	16,81	4,48	85,77	40,08
6/9/2007	29,04	19,19	24,11	23,91	9,14	79,80	45,17
7/9/2007	30,13	19,90	25,01	21,89	7,82	84,80	44,20
8/9/2007	29,53	19,51	24,52	23,79	9,06	73,81	39,86
9/9/2007	29,11	19,72	24,42	23,66	8,97	73,58	40,71
10/9/2007	30,45	18,97	24,71	24,63	9,61	79,31	40,35
11/9/2007	30,56	19,16	24,86	24,35	9,43	76,79	33,48
12/9/2007	30,26	18,66	24,46	24,77	9,70	73,66	33,14
13/9/2007	28,05	18,37	23,21	21,71	7,70	77,31	51,21
14/9/2007	29,25	19,12	24,19	24,99	9,85	74,50	41,80
15/9/2007	30,03	18,85	24,44	24,73	9,68	81,99	39,89
16/9/2007	33,22	19,52	26,37	24,23	9,35	79,58	28,37
17/9/2007	35,10	21,42	28,26	22,83	8,43	70,57	29,36
18/9/2007	31,96	21,78	26,87	24,19	9,32	71,74	36,65
19/9/2007	31,89	19,84	25,87	24,55	9,56	76,53	41,81
20/9/2007	30,88	18,03	24,45	23,76	9,04	80,31	34,67
21/9/2007	31,21	18,37	24,79	26,26	10,68	81,02	38,71
22/9/2007	32,86	20,15	26,51	25,83	10,40	81,20	29,82
23/9/2007	33,65	20,13	26,89	25,46	11,07	80,05	33,93
24/9/2007	35,99	21,24	28,61	24,23	10,25	72,73	31,69
25/9/2007	33,06	23,05	28,05	24,23	10,25	70,17	38,11
26/9/2007	29,38	20,47	24,92	23,75	9,93	76,85	48,63
27/9/2007	28,55	19,80	24,18	18,40	6,35	81,99	48,92
28/9/2007	29,94	18,84	24,39	21,29	8,28	83,61	43,05
29/9/2007	32,00	20,46	26,23	25,21	10,90	74,95	37,35
30/9/2007	31,18	20,15	25,66	25,28	10,95	76,43	42,80
1/10/2007	30,78	21,00	25,89	24,15	10,19	76,05	41,25
2/10/2007	29,34	19,42	24,38	23,70	9,89	78,82	47,58
3/10/2007	29,92	19,88	24,90	25,11	10,84	79,20	42,45
4/10/2007	30,74	20,57	25,65	25,60	11,17	76,53	37,44
5/10/2007	29,95	19,38	24,67	26,58	11,82	79,60	44,57
6/10/2007	31,43	20,88	26,15	26,35	11,67	76,92	41,43
7/10/2007	32,10	20,55	26,32	26,12	11,51	77,70	39,77
8/10/2007	30,77	20,25	25,51	16,75	5,25	74,78	37,70
9/10/2007	28,37	18,70	23,53	17,51	5,75	76,69	46,76
10/10/2007	30,14	19,41	24,77	25,77	11,28	82,03	43,27
11/10/2007	31,15	19,95	25,55	26,57	11,81	76,58	38,41

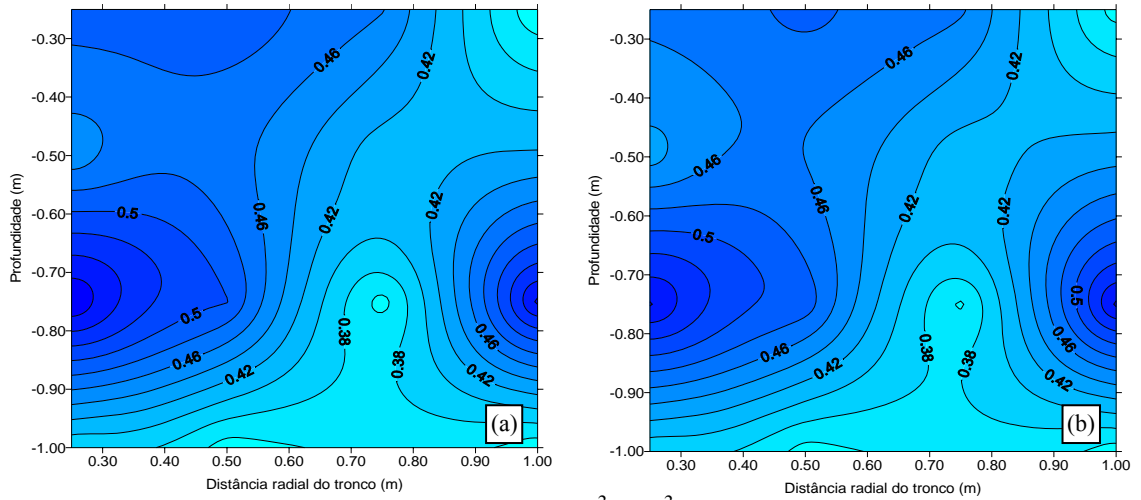


Figura 01. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T2, na fase II, sob gotejamento, em solo nu.

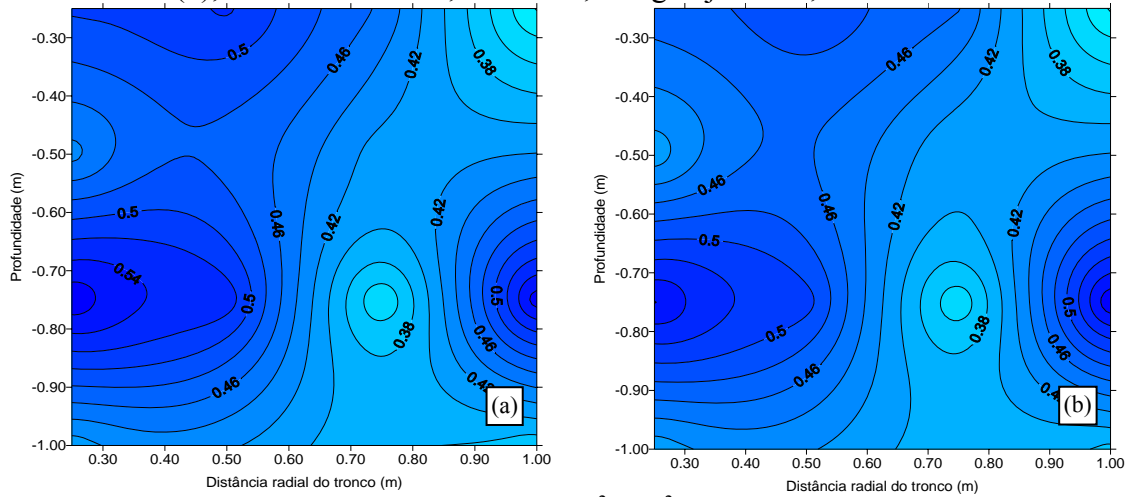


Figura 02. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T2, na fase II, sob gotejamento, em solo coberto.

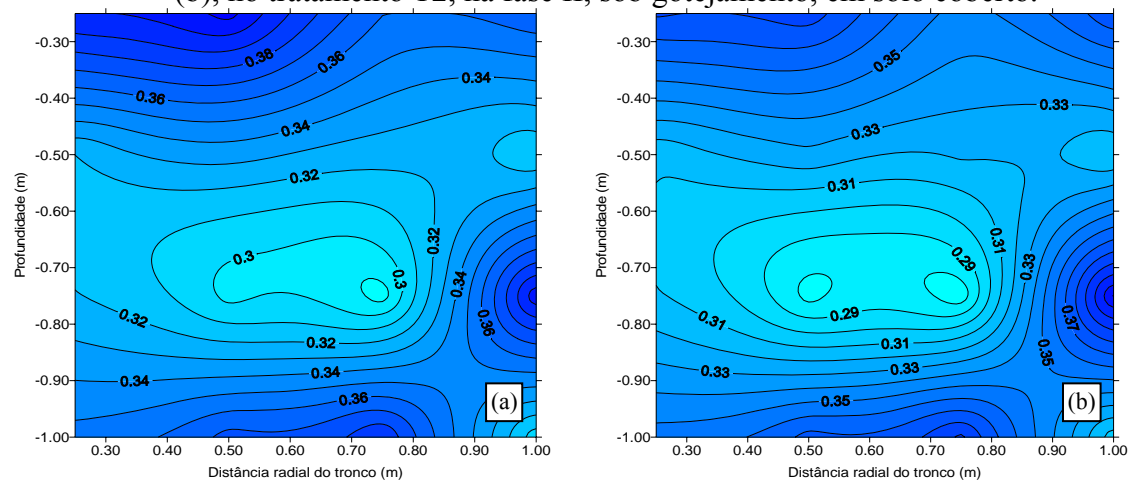


Figura 03. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T4, na fase II, sob gotejamento, em solo nu.

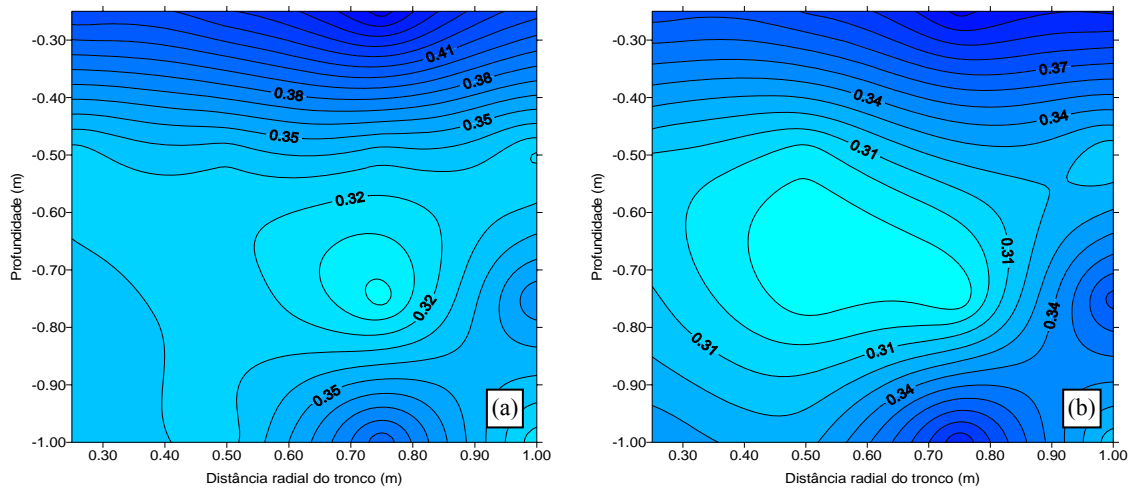


Figura 04. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T4, na fase II, sob gotejamento, em solo coberto.

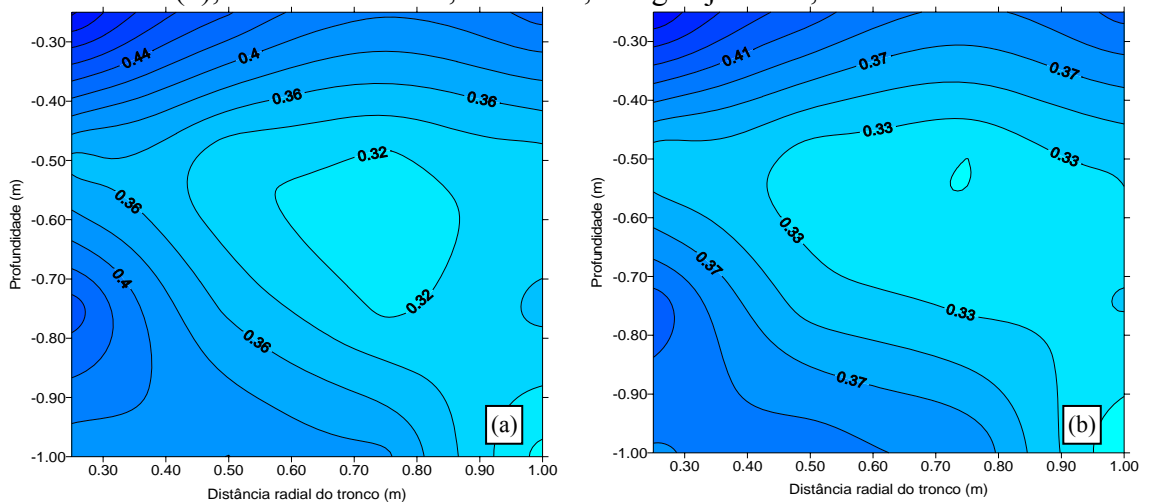


Figura 05. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T2, na fase III, sob gotejamento, em solo nu.

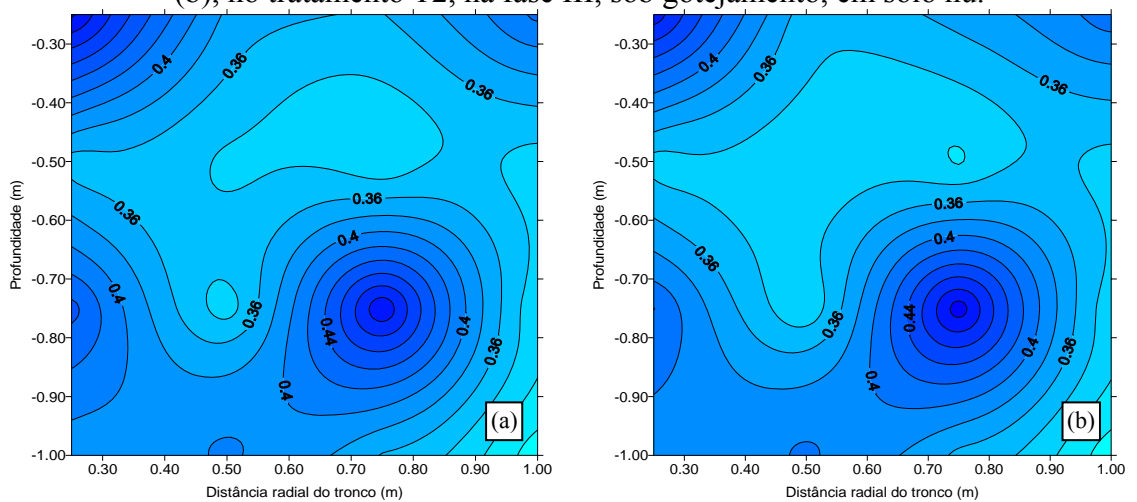


Figura 06. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T2, na fase III, sob gotejamento, em solo coberto.

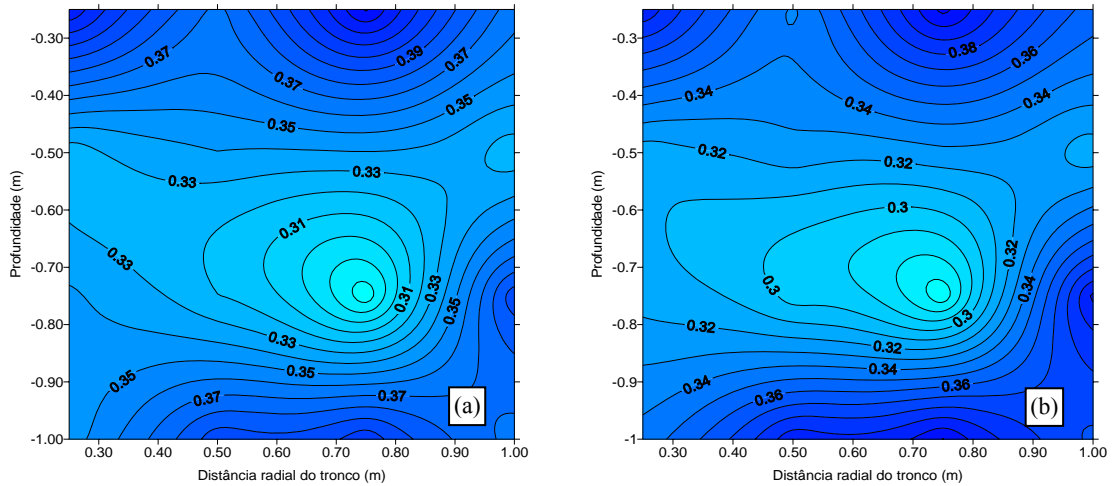


Figura 07. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T5, na fase III, sob gotejamento, em solo nu.

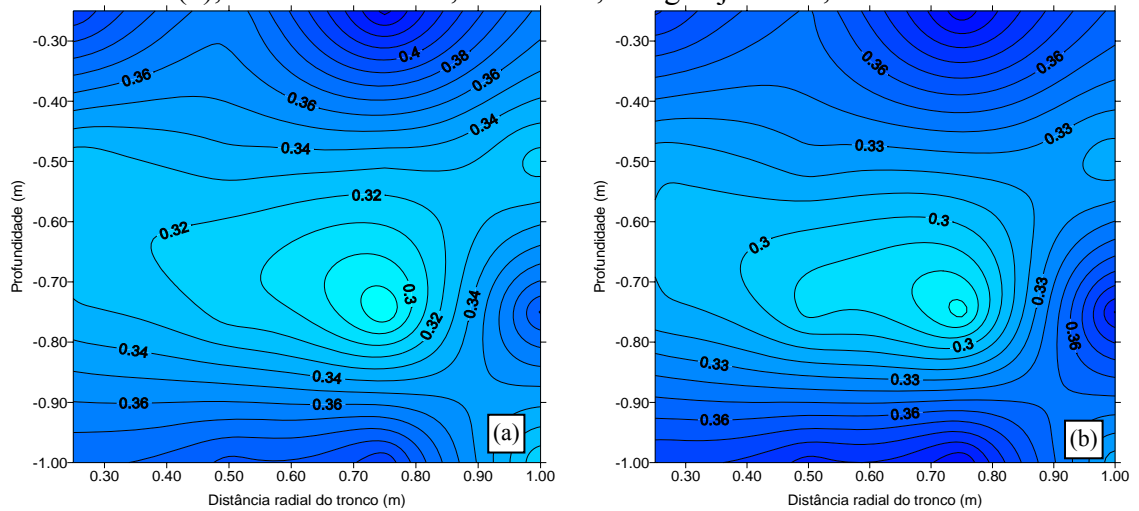


Figura 08. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T5, na fase III, sob gotejamento em solo coberto.

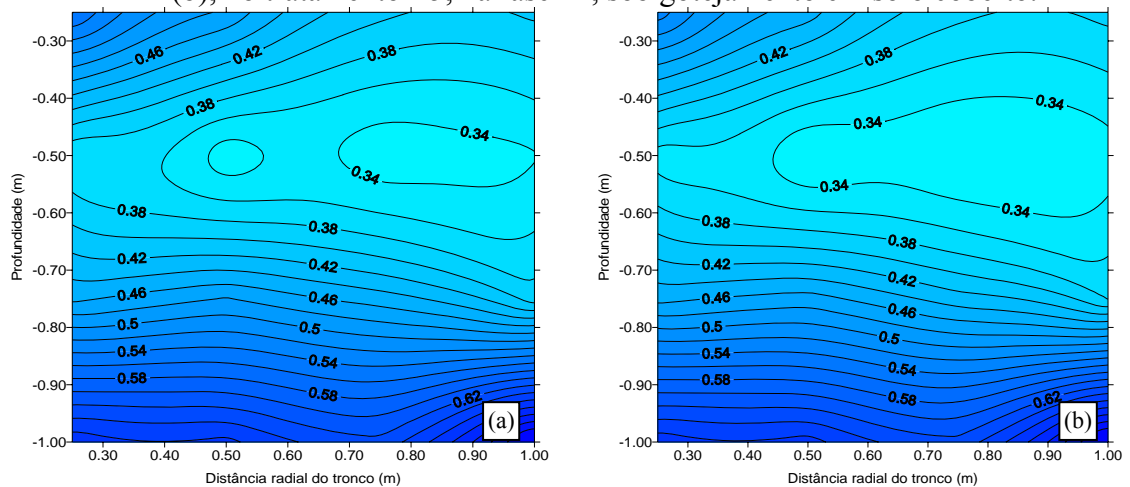


Figura 09. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T2, na fase II, sob microaspersão, em solo nu.

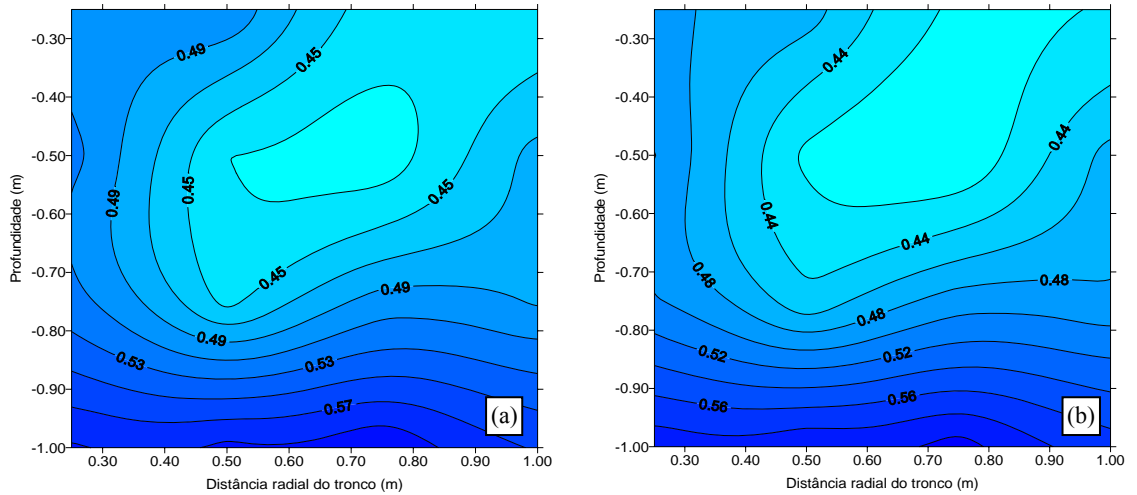


Figura 10. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T2, na fase II, sob microaspersão, em solo coberto.

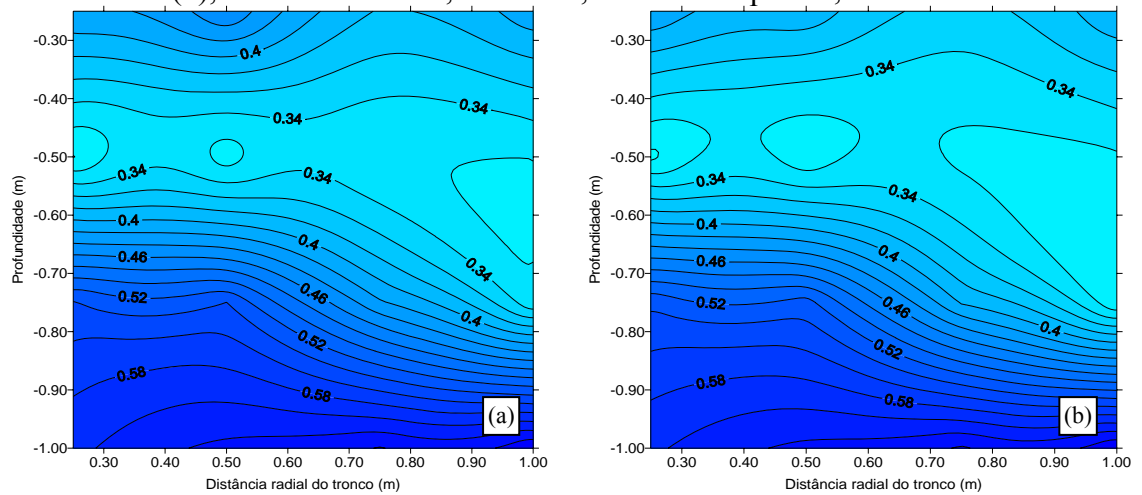


Figura 11. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T4, na fase II, sob microaspersão, em solo nu.

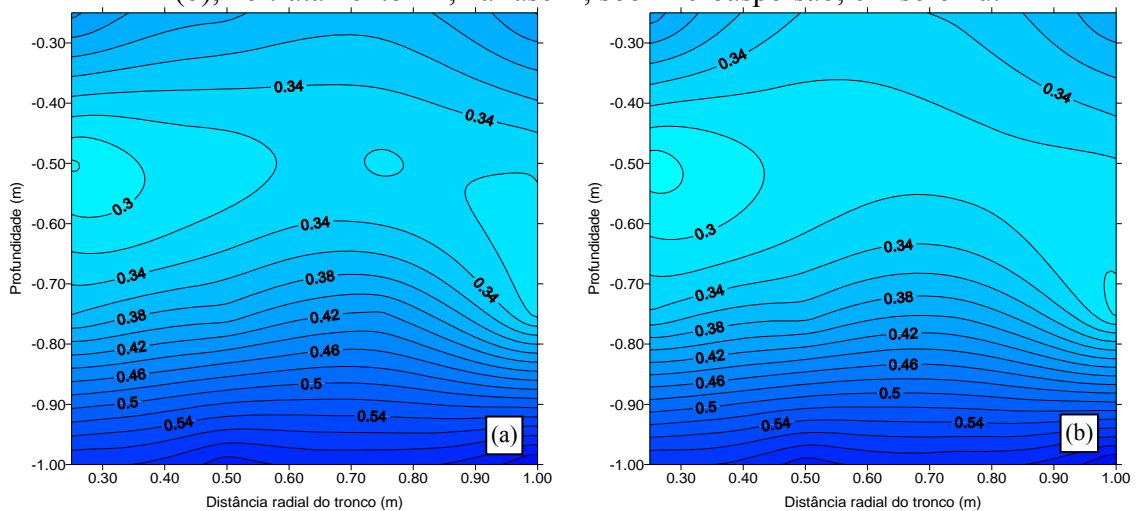


Figura 12. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T4, na fase II, sob microaspersão, em solo coberto.

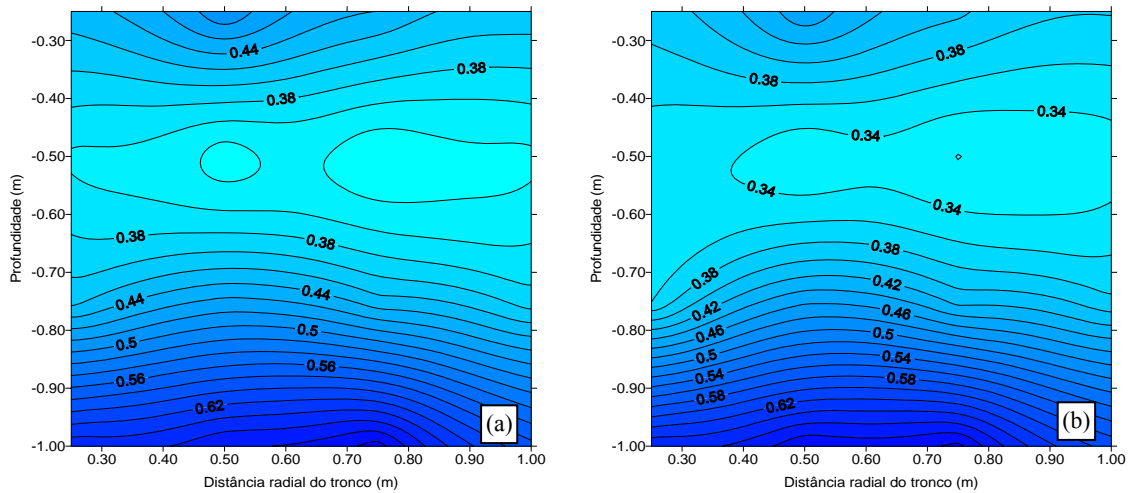


Figura 13. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T2, na fase III, sob microaspersão, em solo nu.

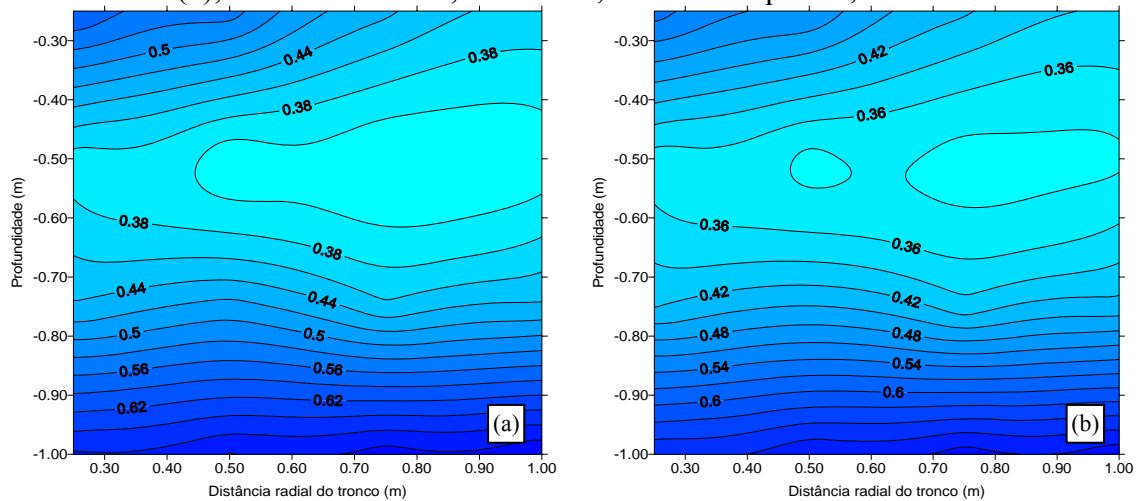


Figura 14. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T2, na fase III, sob microaspersão, em solo coberto.

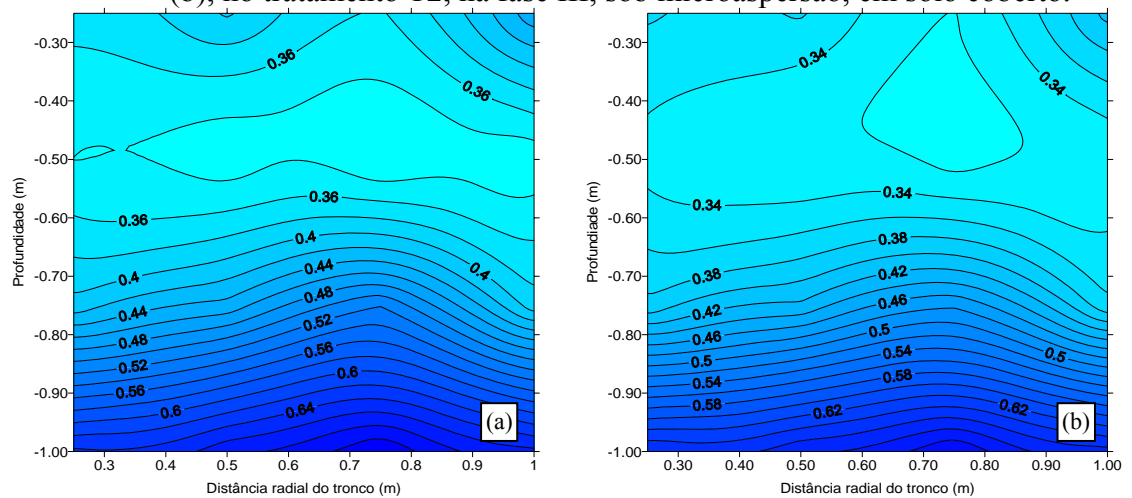


Figura 15. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T5, na fase III, sob microaspersão, em solo nu.

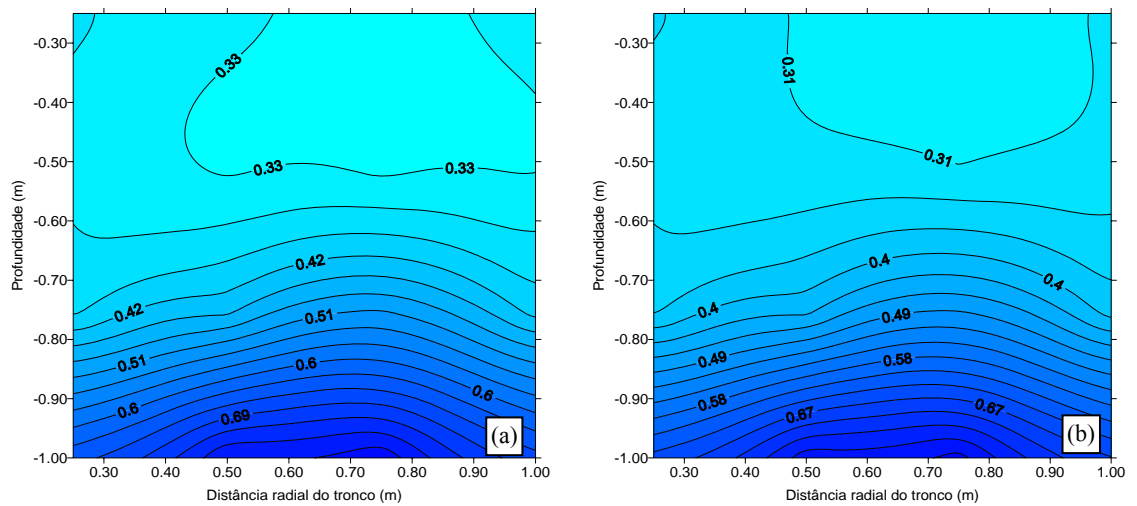


Figura 16. Teor médio de água no solo ( $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ) no perfil perpendicular à fileira de plantas uma hora após a irrigação (a) e imediatamente antes da próxima (b), no tratamento T5, na fase III, sob microaspersão, em solo coberto.

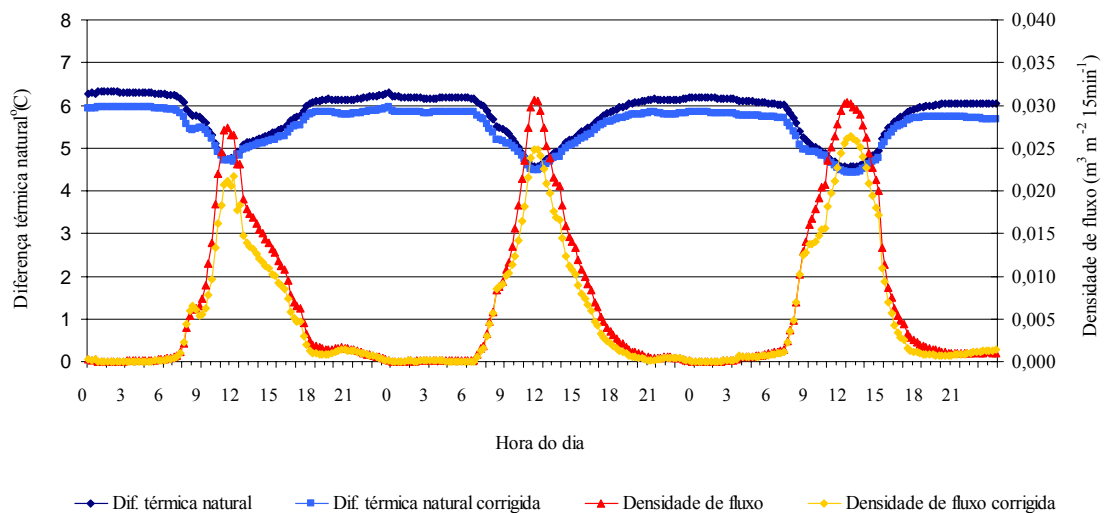


Figura 17. Diferenças térmicas naturais e densidades de fluxo de seiva estimadas, direta e corrigida, no ramo da mangueira adulta (T7), na fase I, sob microaspersão, ao longo dos dias 7, 8 e 9 de agosto de 2007.



Tabela 5. Exemplo de procedimento seguido no cálculo do movimento vertical de água no solo (Método do Balanço Hídrico), para estimar a evapotranspiração, nos dias 4 e 5 de setembro de 2007, no tratamento T3 na fase I, sob microaspersão, em solo nu.

R	Z	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
0,25	-0,25	0,448	0,447	0,446	0,445	<b>0,443</b>	0,441	0,441	0,440	0,499	0,529	0,498	0,469	0,470	0,469	0,469	0,477	0,476	0,475	0,478	0,476	0,477	0,477	0,471	0,463	0,460	0,463	
0,25	-0,5	0,430	0,429	0,429	0,429	<b>0,428</b>	0,428	0,428	0,439	0,473	0,501	0,452	0,450	0,452	0,452	0,452	0,452	0,452	0,452	0,452	0,452	0,452	0,451	0,468	0,467	0,462	0,454	
0,25	-0,75	0,427	0,434	0,430	0,432	<b>0,441</b>	0,423	0,426	0,431	0,467	0,449	0,453	0,455	0,458	0,438	0,432	0,425	0,420	0,428	0,432	0,431	0,441	0,433	0,443	0,434	0,426	0,426	
0,25	-1	0,508	0,505	0,502	0,501	<b>0,504</b>	0,504	0,504	0,504	0,504	0,503	0,503	0,503	0,504	0,505	0,505	0,504	0,505	0,504	0,504	0,504	0,504	0,503	0,504	0,503	0,504	0,504	
						<b>DP(mm)</b>	0,001	-0,012	0,006	0,007	-0,115	0,003	0,014	0,062	0,079	-0,028	-0,078	0,090	-0,040	-0,034	-0,064	0,055	-0,009	-0,039	0,070	-0,021	0,032	-0,011
						<b>PPtotal:</b>	<b>0,432</b>	A.C.	-0,460																			
0,5	-0,25	0,422	0,416	0,417	0,413	<b>0,415</b>	0,417	0,415	0,423	0,440	0,458	0,441	0,445	0,437	0,437	0,431	0,431	0,436	0,434	0,430	0,432	0,421	0,427	0,429	0,426	0,426	0,433	
0,5	-0,5	0,343	0,346	0,341	0,346	<b>0,341</b>	0,342	0,341	0,342	0,340	0,343	0,343	0,341	0,348	0,348	0,355	0,355	0,351	0,345	0,345	0,341	0,343	0,342	0,343	0,341	0,341	0,341	
0,5	-0,75	0,518	0,519	0,521	0,527	<b>0,524</b>	0,525	0,524	0,510	0,522	0,529	0,523	0,501	0,497	0,516	0,516	0,513	0,501	0,505	0,513	0,516	0,522	0,522	0,515	0,521	0,523	0,522	
0,5	-1	0,461	0,461	0,461	0,462	<b>0,465</b>	0,465	0,465	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466	0,466	0,467	0,469	0,468	0,470	0,471	0,472	0,472	0,473	0,473	0,473	0,474	0,474	0,474	
						<b>DP(mm)</b>	0,008	0,009	0,041	0,010	-0,013	-0,020	0,011	0,014	0,139	0,127	-0,057	0,175	0,102	0,093	0,041	0,047	0,049	0,020	0,029	0,075	0,016	0,120
						<b>DPtotal:</b>	<b>1,365</b>	A.C.	-0,090																			
0,75	-0,25	0,400	0,396	0,397	0,397	<b>0,397</b>	0,397	0,399	0,436	0,458	0,437	0,438	0,424	0,427	0,426	0,424	0,427	0,427	0,419	0,418	0,417	0,415	0,413	0,410	0,413	0,412	0,416	
0,75	-0,5	0,307	0,314	0,316	0,313	<b>0,316</b>	0,311	0,307	0,309	0,310	0,315	0,315	0,318	0,318	0,317	0,318	0,325	0,331	0,318	0,318	0,317	0,316	0,319	0,313	0,311	0,315	0,315	
0,75	-0,75	0,402	0,413	0,400	0,406	<b>0,405</b>	0,404	0,397	0,404	0,395	0,398	0,396	0,398	0,399	0,405	0,413	0,424	0,426	0,413	0,406	0,411	0,406	0,396	0,402	0,402	0,400	0,407	
0,75	-1	0,532	0,539	0,536	0,533	<b>0,532</b>	0,532	0,533	0,532	0,532	0,532	0,532	0,531	0,532	0,531	0,532	0,531	0,532	0,532	0,532	0,532	0,532	0,532	0,532	0,532	0,533	0,532	
						<b>DP(mm)</b>	-0,047	0,091	-0,035	-0,020	-0,008	-0,035	-0,019	0,027	-0,019	0,041	0,019	-0,017	0,002	0,033	0,003	0,002	-0,006	0,015	0,020	-0,031	0,055	-0,051
						<b>DPtotal:</b>	<b>0,359</b>	A.C.	-0,287																			
1	-0,25	0,489	0,490	0,490	0,495	<b>0,495</b>	0,493	0,488	0,489	0,493	0,534	0,524	0,512	0,512	0,512	0,516	0,515	0,519	0,519	0,517	0,516	0,515	0,511	0,517	0,517	0,512	0,511	
1	-0,5	0,379	0,379	0,378	0,378	<b>0,379</b>	0,374	0,372	0,370	0,428	0,497	0,492	0,413	0,417	0,417	0,416	0,416	0,403	0,399	0,391	0,393	0,385	0,388	0,388	0,383	0,384	0,390	
1	-0,75	0,495	0,496	0,503	0,481	<b>0,499</b>	0,477	0,484	0,494	0,491	0,507	0,518	0,516	0,512	0,509	0,504	0,499	0,490	0,485	0,481	0,482	0,498	0,500	0,491	0,494	0,500	0,504	
1	-1	0,510	0,511	0,509	0,509	<b>0,509</b>	0,510	0,511	0,511	0,511	0,512	0,512	0,512	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,513	0,514	0,513	0,512	0,512	0,511	0,510	
						<b>DP(mm)</b>	0,099	0,100	0,040	0,034	0,028	0,021	0,070	0,007	0,000	0,000	0,000	0,020	0,020	0,021	0,040	-0,043	-0,075	-0,076	-0,078	-0,071	-0,005	-0,093
						<b>DPtotal:</b>	<b>0,4069</b>	A.C.	-0,4728																			

	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	1	2	3	4	5
	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
DP	0,452	0,455	<b>0,450</b>	0,459	0,454	0,511	0,554	0,541	0,475	0,470	0,464	0,465	0,470	0,471	0,476	0,474	0,473	0,474	0,472	0,459	0,459	0,458	0,460	0,462	0,464	0,466	0,455
	0,449	0,443	<b>0,433</b>	0,429	0,424	0,442	0,515	0,521	0,521	0,468	0,467	0,466	0,465	0,468	0,469	0,468	0,466	0,468	0,469	0,470	0,470	0,468	0,468	0,468	0,466	0,456	0,448
	0,439	0,443	<b>0,440</b>	0,434	0,443	0,460	0,468	0,464	0,466	0,456	0,446	0,446	0,458	0,445	0,432	0,428	0,427	0,429	0,428	0,432	0,434	0,424	0,440	0,438	0,429	0,426	0,432
	0,504	0,504	<b>0,504</b>	0,504	0,504	0,504	0,504	0,504	0,505	0,505	0,505	0,505	0,505	0,506	0,506	0,506	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507	0,507
	-0,010	0,014	0,027	-0,004	-0,018	0,020	-0,010	0,030	0,014	-0,013	0,029	0,011	0,124	0,017	0,016	0,057	-0,003	-0,050	0,028	0,040	-0,049	0,011	0,018	-0,021	0,027	-0,027	
			<b>DP Total (mm)</b>	<b>0,468</b>	A.C.	-0,196																					
DP	0,418	0,415	<b>0,415</b>	0,426	0,427	0,430	0,435	0,432	0,435	0,436	0,462	0,467	0,462	0,461	0,456	0,440	0,433	0,433	0,429	0,437	0,431	0,427	0,432	0,435	0,427	0,435	0,433
	0,340	0,339	<b>0,340</b>	0,342	0,340	0,344	0,344	0,340	0,340	0,344	0,343	0,341	0,343	0,344	0,348	0,348	0,348	0,340	0,347	0,342	0,342	0,341	0,343	0,341	0,343	0,332	0,337
	0,521	0,526	<b>0,526</b>	0,521	0,518	0,516	0,550	0,514	0,517	0,527	0,524	0,521	0,522	0,517	0,516	0,516	0,508	0,512	0,514	0,519	0,516	0,515	0,519	0,511	0,521	0,521	
	0,476	0,477	<b>0,478</b>	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478	0,479	0,479	0,479	0,479	0,479	0,481	0,480	0,482	0,483	0,486	0,487	0,487	0,488	0,489
	0,115	0,137	-0,004	-0,012	0,030	0,000	0,052	-0,062	0,010	0,000	-0,010	0,030	0,050	-0,020	0,041	0,001	0,001	0,170	-0,073	0,229	0,092	0,245	0,100	0,023	0,077	0,073	
			<b>DP Total (mm)</b>	<b>1,225</b>	A.C.	-0,180																					
DP	0,419	0,408	<b>0,411</b>	0,419	0,408	0,418	0,506	0,487	0,468	0,466	0,449	0,445	0,445	0,442	0,439	0,433	0,430	0,427	0,422	0,418	0,417	0,417	0,413	0,409	0,414	0,413	0,417
	0,317	0,313	<b>0,317</b>	0,314	0,309	0,315	0,312	0,309	0,311	0,312	0,315	0,325	0,321	0,317	0,318	0,320	0,320	0,317	0,316	0,317	0,315	0,321	0,310	0,316	0,312	0,314	0,318
	0,413	0,400	<b>0,406</b>	0,408	0,406	0,403	0,407	0,400	0,395	0,401	0,394	0,400	0,407	0,416	0,418	0,424	0,420	0,418	0,404	0,414	0,405	0,396	0,406	0,402	0,398	0,404	0,413
	0,532	0,533	<b>0,533</b>	0,533	0,																						

Tabela 6. Exemplo de procedimento seguido no cálculo da Evapotranspiração da Cultura e da Eficácia de Aplicação de Água, pelo Método do Balanço Hídrico, nos dias 17, 18 e 19 de julho de 2007, no tratamento T3 na fase I, sob microaspersão, em solo nu.

Dia do Ano	Distancia da Planta (R)				média
	0,25	0,50	0,75	1,00	
<b>Drenagem profunda (mm)</b>					
17/7/2008	0,432	1,365	0,359	0,407	<b>0,641</b>
18/7/2008	0,468	1,225	0,261	0,142	<b>0,524</b>
19/7/2008	0,212	0,189	0,303	1,647	<b>0,588</b>
<b>média</b>	<b>0,371</b>	<b>0,926</b>	<b>0,308</b>	<b>0,732</b>	<b>0,584</b>
<b>Ascensão Capilar (mm)</b>					
17/7/2008	-0,460	-0,090	-0,287	-0,473	<b>-0,328</b>
18/7/2008	-0,196	-0,180	-0,632	-0,766	<b>-0,444</b>
19/7/2008	-0,457	-0,331	-0,505	-0,184	<b>-0,369</b>
<b>média</b>	<b>-0,371</b>	<b>-0,200</b>	<b>-0,475</b>	<b>-0,474</b>	<b>-0,380</b>
<b>Varição de armazenagem de água (mm)</b>					
17/7/2008	1,978	1,442	2,066	1,929	<b>1,854</b>
18/7/2008	1,998	1,616	2,302	1,847	<b>1,941</b>
19/7/2008	1,831	2,192	1,793	1,465	<b>1,820</b>
<b>média</b>	<b>1,936</b>	<b>1,750</b>	<b>2,054</b>	<b>1,747</b>	<b>1,872</b>
<b>Evapotranspiração da cultura (mm)</b>					
17/7/2008	1,643	0,876	1,456	1,731	<b>1,426</b>
18/7/2008	1,323	0,933	1,662	2,371	<b>1,572</b>
19/7/2008	2,007	1,543	2,002	0,665	<b>1,554</b>
<b>média</b>	<b>1,658</b>	<b>1,117</b>	<b>1,707</b>	<b>1,589</b>	<b>1,518</b>
<b>Lamina de irrig. aplicada (mm)</b>			<b>Eficácia de aplicação (%)</b>		
17/7/2008	3,593		73,56		
18/7/2008	3,593		83,18		
19/7/2008	3,593		77,54		
					<b>78,09</b>

Tabela 7. Exemplo de procedimento seguido no cálculo do fluxo de seiva no galho da mangueira (T7), através do Método da Sonda de Dissipação Térmica (Granier), no dia 08/08/2007, na fase I, sob microaspersão.

Ano	Dia	Hora	Temp	Dif 1	Dif 2	Dif 3	AT7	Correção	AT7 corr.	K	Js	F	Fluxo de Seiva
	Juliano		°C	°C	°C	°C	°C	(DifT7= - Dif 1)	°C		(m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> 15min <sup>-1</sup> )	(m <sup>3</sup> 15min <sup>-1</sup> )	no Dia
2007	08/08	0,00	23,81	-0,116	0,437	0,155	6,206	0,116	6,090	0,000	0,000	0	AT máx
2007	220	0,25	23,60	-0,118	0,436	0,157	6,201	0,118	6,083	0,001	0,000	2,003E-07	6,090
2007	220	0,50	23,42	-0,121	0,436	0,159	6,199	0,121	6,078	0,002	0,000	3,996E-07	Js(m <sup>3</sup> m <sup>-2</sup> 15min <sup>-1</sup> )
2007	220	0,75	23,25	-0,125	0,436	0,161	6,196	0,125	6,071	0,003	0,000	6,946E-07	0,556
2007	220	1,00	23,07	-0,128	0,435	0,162	6,193	0,128	6,065	0,004	0,000	1,022E-06	Diâmetro (cm)
2007	220	1,25	22,90	-0,129	0,436	0,163	6,190	0,129	6,060	0,005	0,000	1,244E-06	10,175
2007	220	1,50	22,73	-0,131	0,433	0,164	6,189	0,131	6,058	0,005	0,000	1,361E-06	Área ativa (m <sup>2</sup> )
2007	220	1,75	22,58	-0,133	0,430	0,164	6,190	0,133	6,057	0,005	0,000	1,392E-06	0,008
2007	220	2,00	22,44	-0,134	0,428	0,162	6,190	0,134	6,056	0,006	0,000	1,479E-06	Transpiração (l/dia)
2007	220	2,25	22,33	-0,133	0,425	0,162	6,181	0,133	6,048	0,007	0,000	1,936E-06	4,524
2007	220	2,50	22,23	-0,132	0,422	0,161	6,170	0,132	6,038	0,009	0,000	2,486E-06	
2007	220	2,75	22,14	-0,131	0,417	0,157	6,169	0,131	6,038	0,009	0,000	2,496E-06	
2007	220	3,00	22,06	-0,129	0,414	0,154	6,168	0,129	6,039	0,008	0,000	2,443E-06	
2007	220	3,25	21,97	-0,128	0,410	0,151	6,169	0,128	6,040	0,008	0,000	2,353E-06	
2007	220	3,50	21,88	-0,126	0,407	0,149	6,170	0,126	6,044	0,008	0,000	2,147E-06	
2007	220	3,75	21,78	-0,125	0,401	0,146	6,171	0,125	6,046	0,007	0,000	2,015E-06	
2007	220	4,00	21,68	-0,124	0,396	0,143	6,172	0,124	6,048	0,007	0,000	1,896E-06	
2007	220	4,25	21,59	-0,123	0,390	0,138	6,176	0,123	6,053	0,006	0,000	1,64E-06	
2007	220	4,50	21,52	-0,119	0,386	0,134	6,178	0,119	6,059	0,005	0,000	1,289E-06	
2007	220	4,75	21,47	-0,115	0,380	0,129	6,180	0,115	6,065	0,004	0,000	1,003E-06	
2007	220	5,00	21,48	-0,110	0,373	0,124	6,178	0,110	6,068	0,004	0,000	8,524E-07	
2007	220	5,25	21,52	-0,104	0,367	0,120	6,178	0,104	6,074	0,003	0,000	5,813E-07	
2007	220	5,50	21,57	-0,098	0,361	0,116	6,175	0,098	6,077	0,002	0,000	4,282E-07	
2007	220	5,75	21,61	-0,091	0,355	0,111	6,174	0,091	6,083	0,001	0,000	2,184E-07	
2007	220	6,00	21,63	-0,087	0,349	0,106	6,173	0,087	6,086	0,001	0,000	1,021E-07	
2007	220	6,25	21,64	-0,082	0,342	0,100	6,169	0,082	6,087	0,000	0,000	6,669E-08	
2007	220	6,50	21,64	-0,078	0,336	0,094	6,168	0,078	6,089	0,000	0,000	7,345E-09	
2007	220	6,75	21,62	-0,077	0,330	0,089	6,082	0,077	6,006	0,014	0,001	4,565E-06	
2007	220	7,00	21,57	-0,078	0,324	0,087	6,013	0,078	5,935	0,026	0,001	9,81E-06	
2007	220	7,25	21,53	-0,087	0,321	0,085	5,984	0,087	5,897	0,033	0,002	1,294E-05	
2007	220	7,50	21,50	-0,095	0,320	0,083	5,867	0,095	5,772	0,055	0,003	2,453E-05	
2007	220	7,75	21,44	-0,097	0,324	0,075	5,757	0,097	5,659	0,076	0,004	3,655E-05	
2007	220	8,00	21,38	-0,100	0,331	0,057	5,677	0,100	5,577	0,092	0,006	4,619E-05	
2007	220	8,25	21,42	-0,099	0,349	0,023	5,515	0,099	5,415	0,125	0,008	6,707E-05	
2007	220	8,50	21,63	-0,161	0,328	-0,046	5,486	0,161	5,326	0,143	0,010	7,979E-05	
2007	220	8,75	21,76	-0,247	0,275	-0,096	5,453	0,247	5,206	0,170	0,012	9,821E-05	
2007	220	9,00	21,88	-0,304	0,197	-0,088	5,377	0,304	5,072	0,201	0,015	0,0001205	
2007	220	9,25	22,07	-0,270	0,100	-0,039	5,328	0,270	5,058	0,201	0,015	0,000123	
2007	220	9,50	22,37	-0,139	-0,033	0,022	5,234	0,139	5,095	0,195	0,014	0,0001166	
2007	220	9,75	22,80	-0,023	-0,167	0,049	5,136	0,023	5,112	0,191	-0,014	0,0001137	
2007	220	10,00	23,31	0,050	-0,269	0,040	5,013	-0,050	5,063	0,203	0,015	0,0001221	
2007	220	10,25	23,92	0,106	-0,352	0,025	4,887	-0,106	4,993	0,220	0,017	0,0001348	
2007	220	10,50	24,54	0,147	-0,395	-0,002	4,801	-0,147	4,948	0,231	0,018	0,0001431	
2007	220	10,75	25,08	0,178	-0,403	-0,026	4,667	-0,178	4,845	0,257	0,020	0,0001634	
2007	220	11,00	25,61	0,172	-0,399	-0,056	4,584	-0,172	4,756	0,280	0,022	0,000182	
2007	220	11,25	26,11	0,165	-0,388	-0,074	4,557	-0,165	4,722	0,290	0,023	0,0001894	
2007	220	11,50	26,57	0,162	-0,366	-0,090	4,562	-0,162	4,725	0,289	0,023	0,0001889	
2007	220	11,75	27,01	0,162	-0,330	-0,106	4,598	-0,162	4,760	0,279	0,022	0,0001812	
2007	220	12,00	27,45	0,147	-0,292	-0,106	4,667	-0,147	4,814	0,265	0,021	0,0001697	
2007	220	12,25	27,91	0,120	-0,266	-0,109	4,740	-0,120	4,859	0,253	0,020	0,0001605	
2007	220	12,50	28,37	0,082	-0,248	-0,108	4,791	-0,082	4,872	0,250	0,019	0,000158	
2007	220	12,75	28,79	0,049	-0,239	-0,116	4,881	-0,049	4,929	0,235	0,018	0,0001468	
2007	220	13,00	29,17	0,023	-0,245	-0,115	4,902	-0,023	4,925	0,237	0,018	0,0001476	
2007	220	13,25	29,49	-0,001	-0,244	-0,102	4,918	0,001	4,917	0,239	0,018	0,0001492	
2007	220	13,50	29,75	-0,016	-0,231	-0,095	5,014	0,016	4,998	0,219	0,016	0,000134	
2007	220	13,75	30,02	-0,033	-0,220	-0,089	5,122	0,033	5,089	0,197	0,014	0,0001176	
2007	220	14,00	30,26	-0,047	-0,208	-0,083	5,182	0,047	5,135	0,186	0,014	0,0001098	
2007	220	14,25	30,40	-0,059	-0,190	-0,077	5,203	0,059	5,144	0,184	0,013	0,0001082	
2007	220	14,50	30,50	-0,066	-0,173	-0,064	5,241	0,066	5,175	0,177	0,013	0,0001032	
2007	220	14,75	30,60	-0,074	-0,152	-0,054	5,315	0,074	5,241	0,162	0,011	9,269E-05	
2007	220	15,00	30,63	-0,077	-0,131	-0,048	5,377	0,077	5,300	0,149	0,010	8,355E-05	
2007	220	15,25	30,67	-0,076	-0,113	-0,043	5,418	0,076	5,342	0,140	0,010	7,734E-05	
2007	220	15,50	30,70	-0,070	-0,095	-0,027	5,470	0,070	5,400	0,128	0,009	6,916E-05	
2007	220	15,75	30,63	-0,065	-0,096	-0,033	5,509	0,065	5,444	0,119	0,008	6,315E-05	
2007	220	16,00	30,61	-0,079	-0,082	-0,010	5,600	0,079	5,521	0,103	0,007	5,305E-05	
2007	220	16,25	30,41	-0,090	-0,068	-0,007	5,635	0,090	5,545	0,098	0,006	5,003E-05	
2007	220	16,50	30,12	-0,094	-0,046	-0,009	5,714	0,094	5,621	0,084	0,005	4,098E-05	
2007	220	16,75	29,86	-0,098	-0,017	-0,005	5,756	0,098	5,658	0,076	0,005	3,671E-05	
2007	220	17,00	29,63	-0,103	0,014	0,004	5,807	0,103	5,704	0,068	0,004	3,158E-05	
2007	220	17,25	29,38	-0,108	0,045	0,008	5,839	0,108	5,731	0,063	0,004	2,873E-05	
2007	220	17,50	29,10	-0,112	0,076	0,011	5,872	0,112	5,760	0,057	0,003	2,577E-05	
2007	220	17,75	28,82	-0,114	0,106	0,019	5,908	0,114	5,794	0,051	0,003	2,232E-05	
2007	220	18,00	28,53	-0,115	0,136	0,030	5,945	0,115	5,830	0,045	0,002	1,894E-05	
2007	220	18,25	28,24	-0,118	0,162	0,038	5,965	0,118	5,846	0,042	0,002	1,741E-05	
2007	220	18,50	27,94	-0,121	0,185	0,049	6,000	0,121	5,878	0,036	0,002	1,453E-05	
2007	220	18,75	27,68	-0,126	0,203	0,059	6,032	0,126	5,906	0,031	0,001	1,218E-05	
2007	220	19,00	27,46	-0,127	0,221	0,071	6,054	0,127	5,926	0,028	0,001	1,051E-05	
2007	220	19,25	27,29	-0,124	0,238	0,074	6,060	0,124	5,936	0,026	0,001	9,718E-06	
2007	220	19,50	27,16	-0,122	0,254	0,083	6,074	0,122	5,951	0,023	0,001	8,495E-06	
2007	220	19,75	27,02	-0,119	0,270	0,090	6,090	0,119	5,971	0,020	0,001	7,002E-06	
2007	220	20,00	26,85	-0,117	0,288	0,093	6,112	0,117	5,995	0,016	0,001	5,297E-06	
2007	220	20,25	26,67	-0,118	0,304	0,097	6,126	0,118	6,008	0,014	0,001	4,376E-06	
2007	220	20,50	26,49	-0,118	0,319	0,103	6,137	0,118	6,019	0,012	0,000	3,695E-06	
2007	220	20,75	26,29	-0,117	0,334	0,105	6,143	0,117	6,025	0,011	0,000	3,275E-06	
2007	220	21,00	26,12	-0,118	0,347	0,104	6,138	0,118	6,020	0,012	0,000	3,605E-06	
2007	220												