**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Resposta da lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* Tan.) a diferentes
porcentagens de área molhada**

Fábio Jordão Rocha

**Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Agronomia. Área de concentração:
Irrigação e Drenagem**

**Piracicaba
2008**

Fábio Jordão Rocha
Engenheiro Agrônomo

**Resposta da laranja ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.) a diferentes porcentagens de
área molhada**

Orientador:

Prof. Dr. **MARCOS VINÍCIUS FOLEGATTI**

**Dissertação apresentada para obtenção do título
de Mestre em Agronomia. Área de concentração:
Irrigação e Drenagem**

**Piracicaba
2008**

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Rocha, Fábio Jordão

Resposta dalima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.) a diferentes porcentagens de área molhada / Fábio Jordão Rocha. - - Piracicaba, 2008.
56 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Ecofisiologia vegetal 2. Irrigação localizada 3. Lima I. Título

CDD 634.31
R672r

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

A minha esposa Camila e ao meu
filho Pedro.

Dedico

A minha mãe Maria Beatriz e meus
irmãos Thiago e Renata, a minha
avó Cecília e ao meu avô Alcione
(*in memoriam*).

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Os agradecimentos vão a todas as pessoas que me acompanharam desde a iniciação científica até a conclusão desse trabalho:

Ao Professor Dr. Marcos Vinícius Folegatti, pelas orientações na iniciação científica e mestrado, pela amizade e pelo incentivo;

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelas bolsas de iniciação científica e de mestrado;

A minha esposa Camila pelo amor e amizade, e ao meu filho pela alegria;

A minha mãe, por ser a principal incentivadora desse trabalho, e um exemplo de dedicação a vida acadêmica;

Aos Professores do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP pelos ensinamentos e orientações na vida acadêmica, em especial ao Professor Dr. Rubens Duarte Coelho, pelo empréstimo da câmara de pressão e opiniões e sugestões sobre o tema do trabalho;

Aos colegas de pós-graduação, em especial a Cícero Renê Barboza Júnior e Andrea Inés Irigoyen pelas idéias e conselhos imprescindíveis para o bom desenvolvimento da pesquisa;

Aos alunos e ex-alunos do Grupo de Práticas em Irrigação e Drenagem (GPID), em especial a Alexandre Guariento Ribeiro Braga, Ana Clara Borges Fanton, Bruno José Zanchim, Guilherme de Oliveira Rodrigues, Pedro Rodrigues Alves Silveira, pela ajuda no desenvolvimento da pesquisa, pela amizade e companheirismo;

Aos Doutores Cláudio Ricardo da Silva, Tonny José Araújo da Silva, José Alves Júnior, pelo exemplo de dedicação dada aos estudos;

Ao Professor Doutor Luis Fernando de Souza Magno Campeche, por ter iniciado os estudos com os lisímetros e lima ácida 'Tahiti' na fazenda Areão.

As secretárias, Davilmar Aparecida Domingues Colevatti, Sandra Regina T. Silveira Mello e em especial a Beatriz Regina Novaes pela ajuda, apoio e organização;

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, em especial ao Lino Stênico pelo apoio nas atividades da fazenda;

A bibliotecária Silvia Maria Zinsly pelo auxílio na formatação da dissertação;

A minha amiga Lena, pelo café e carinho de todas as manhãs;

A República K-labouço, moradores e ex-moradores, pela certeza de que sempre terei amizades verdadeiras – “A corrente jamais será quebrada”.

*"Para realizar grandes conquistas,
devemos não apenas agir, mas
também sonhar; não apenas
planejar, mas também acreditar."
(Anatole France)*

*"Um pouco de ciência nos afasta de
Deus. Muito, nos aproxima."
(Louis Pasteur)*

*"No meio da dificuldade encontra-
se a oportunidade".
Albert Einstein (1879-1955)*

SUMÁRIO

RESUMO	9
ABSTRACT	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	12
1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 A cultura da lima ácida ‘Tahiti’	15
2.2 Ecofisiologia das plantas cítricas.....	16
2.3 Irrigação localizada e porcentagem de área molhada.....	20
2.4 Fisiologia do estresse.....	24
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 Características da área experimental	27
3.2 Calibração e monitoramento de massa do lisímetro	29
3.3 Tratos culturais	31
3.4 Tratamentos	31
3.5 Determinações	32
3.5.1 Condutância estomática e transpiração.....	33
3.5.2 Potencial de água na folha	34
3.5.3 Temperatura da folha.....	35
3.5.4 Potencial matricial do solo	36
3.5.5 Clorofila.....	36
3.5.6 Produção e qualidade de frutos.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 Porcentagem de área molhada (PW)	37
4.2 Condutância estomática e transpiração.....	38
4.3 Temperatura da folha.....	41
4.4 Potencial de água na folha (Ψ_f)	43
4.5 Clorofila.....	44
4.6 Produção e qualidade de frutos.....	47

5 CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS	50

RESUMO

Resposta da lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.) a diferentes porcentagens de área molhada

A irrigação na citricultura ganhou grande importância nos últimos oito anos, devido à utilização de porta-enxertos menos tolerantes a seca. Hoje grande parte da citricultura irrigada é feita por gotejamento, sistema em que apenas uma porcentagem do sistema radicular recebe água. Esses pontos tornam de grande valia estudos relacionados às respostas das plantas submetidas a diferentes áreas molhadas de solo e também ao estresse hídrico. Esse trabalho foi conduzido com o objetivo de avaliar as respostas fisiológicas de lima ácida 'Tahiti' a pequenas porcentagens de área molhada. Foi avaliada condutância estomática (g_s), transpiração (T), temperatura foliar (T_f), potencial de água na folha (Ψ), teor de clorofila e produtividade e qualidade de frutos. O experimento foi conduzido na fazenda Areão ESALQ/USP, Piracicaba, SP, em um pomar de 1ha de lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tanaka) enxertadas em citromelo 'Swingle' (*Poncirus trifoliata* (L.) x *Citrus paradisi* Macf.) no espaçamento 7x4m e irrigados por gotejamento. Para leituras de condutância estomática e transpiração foi utilizado um porômetro de equilíbrio dinâmico e balanço nulo LI-COR 1600 (*Licor, Inc.*, Lincoln, EUA). Para temperatura da folha foi utilizado um termômetro de infravermelho (Scantennp). Para determinação de potencial de água na folha foi utilizado uma câmara de Scholander (Modelo 3005 – Soil Moisture Equipment Co., Santa Bárbara, CA, EUA), e para determinação do teor de clorofila foi utilizado o um clorofilLOG (Falker). A avaliação de qualidade de frutos foi feita seguindo as metodologias propostas por Bleinroth et al. (1976). As diferentes porcentagens de área molhada foram dadas por diferentes números e tipos de gotejadores, de forma a aplicar sempre a mesma lâmina de irrigação. Os resultados mostraram que não houve diferença significativa entre os tratamentos para g_s , T , e T_f , porém T_f foi sempre superior a temperatura do ar, podendo ser um indicador de deficiência hídrica. Quanto ao potencial hídrico das folhas, o tratamento não irrigado apresentou menores valores em relação aos tratamentos de maior área irrigada. O tratamento não irrigado também apresentou menores teores de clorofila, principalmente o teor de clorofila b , na face sul (mais sombreada). A produção e qualidade de frutos não apresentaram diferenças significativas.

Palavras-chave: Irrigação localziada; Ecofisiologia; Trocas gasosas

ABSTRACT

Response of 'Tahiti' lime fruits (*Citrus latifolia* Tan.) to different percentages of wet area

The irrigation in citrus gained great importance in the last eight years, due to the use of rootstocks less tolerant to drought. Currently, much of the citrus is irrigated by drip irrigation system, where only a percentage of the root system receives water. These items make great value for studies related to the responses of plants subjected to different areas of wet soil and also to water stress. This study aimed to evaluate the physiological responses of 'Tahiti' lime fruit a small percentage of wetted area. Was evaluated stomatal conductance (g_s), transpiration (T), leaf temperature (T_f), the leaf water potential (Ψ), chlorophyll content and productivity and quality of fruit. The experiment was conducted at the farm Areão ESALQ/USP, Piracicaba, Brazil, in a orchard of 1 ha of 'Tahiti' lime fruit (*Citrus latifolia* Tanaka) grafted in a citromelo 'Swingle' (*Poncirus trifoliata* (L.) x *Citrus paradise* Macf.) in a spacing of 7x4 m. For readings of stomatal conductance and transpiration was used a steady-state null-balance porometer. For leaf temperature was used a infrared thermometer (Scantienp). To determine the potential of water on the sheet was used a Board of Scholander (Model 3005 - Soil Moisture Equipment Co., Santa Barbara, CA), and to determine the level of chlorophyll was used a clorofiLOG (Falker). The evaluate of quality of fruits was made following the methodology proposed by Bleinroth et al. (1976). The different percentages of wetted area were given by different numbers and types of drip, so as to always apply the same depth of irrigation. The results showed that there was no significant difference among treatments for g_s , T , and T_f , but T_f was always higher than the air temperature and can be an indicator of water stress. As the water potential of the leaves, the non-irrigated treatment had lower values in relation to treatment of larger irrigated area. The non-irrigated treatment had lower levels of chlorophyll, especially the content of chlorophyll *b*, in the south side (more shaded). The production and quality of fruit showed no significant differences.

Keywords: Drip irrigation; Ecophysiology; Gas exchange

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - a) vista longitudinal do pomar; b) lisímetro de pesagem eletrônica; c) estação meteorológica automática; d) central com receptora dos dados da estação..28
- Figura 2 - Regressão verificada com a adição e subtração dos pesos, massa (kg) e a soma do sinal (mV) registrada pelo datalogger30
- Figura 3 – a) tratamento 2; b) tratamento 3; c) tratamento 4; d) tratamento 532
- Figura 4 - a) imagem do Google Earth da área experimental; b) divisão da planta para padronização das amostragens33
- Figura 5 - a) Marcação das folhas para medições com o porômetro; b) momento da medição com o porômetro34
- Figura 6 - a) coleta e armazenamento das folhas; b) local das leituras; c) vista do equipamento; d) momento da leitura35
- Figura 7 - Momento da leitura de temperatura da folha usando um medidor infravermelho Scantemp.....36
- Figura 8 – Momento da leitura de clorofila com o clorofiLOG.....36
- Figura 9 – Temperatura do ar, déficit de pressão de vapor e chuva. a) 27/10/2007 a 30/11/2007 – 8h; b) 27/10/2007 a 30/11/2007 -14h; c) 04/07/2008 a 11/09/2008 – 9h; d) 04/07/2008 a 11/09/2008 - 11h.....39
- Figura 10 - Temperatura da folha, temperatura do ar e déficit de pressão de vapor para o 1º período e avaliação; a) 8h; b) 14h.....43
- Figura 11 – Temperatura da folha, temperatura do ar e déficit de pressão de vapor para o 2º período de avaliação; a) 9h; b) 11h.....43
- Figura 12 – Teores de clorofila *a*, *b* e total para as faces norte e sul das plantas.....46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados do teste de uniformidade dos gotejadores usados no experimento	28
Tabela 2 - Medidas fitométricas da planta cultivada no lisímetro e de plantas cultivadas na área	30
Tabela 3 – Área molhada e porcentagem de área molhada para os tratamentos.....	38
Tabela 4 - Valores de condutância estomática e transpiração para o primeiro período de avaliação – 27/10/2007 a 30/11/2007.....	41
Tabela 5 - Valores de condutância estomática e transpiração para o segundo período de avaliação – 04/07/2008 a 11/09/2008.....	41
Tabela 6 – Valores de temperatura foliar	42
Tabela 7 – Potencial de água na folha medido às 7h:30min.....	44
Tabela 8 – Teores de clorofila <i>a</i> e <i>b</i> na face norte e sul das plantas	46
Tabela 9 – Dados de produção e qualidade de frutos.....	48

1 INTRODUÇÃO

É necessário que se aumente a produção de alimentos através do aumento de produtividade e não só com o aumento da área de produção. A irrigação é uma tecnologia que representa uma maneira muito eficiente de se aumentar a produção de alimentos (maior produtividade). Portanto, existe a grande necessidade de buscar maiores eficiências no uso da água pela irrigação, de maneira, que junto com outras medidas, seja possível ter produção de alimentos de maneira sustentável.

A irrigação localizada vem crescendo cada vez mais no cenário mundial mostrando ser um mercado bastante promissor quando comparado a outros sistemas que já se encontram com sua demanda e oferta estabilizadas. Um fator bastante favorável a irrigação localizada é o forte apelo ambiental que existe hoje frente à escassez de água fazendo com que tenha um forte apoio da mídia, já que para as pessoas leigas no assunto, a irrigação localizada por si só proporciona uma maior eficiência na aplicação de água.

Na citricultura brasileira a irrigação vem sendo utilizada desde meados dos anos 70, sendo que nos anos 90 a área de pomares irrigados representava cerca de 1% da área total. A partir de 2000 houve uma grande tendência de aumento dessa área, devido à morte súbita dos citros, que obrigou a troca do porta-enxerto limão cravo (tolerante a seca) por outros porta-enxertos (menos tolerantes a seca), obrigando o uso da irrigação principalmente para os períodos críticos de florada e fixação de frutos. Hoje a área irrigada representa 15% dos pomares. A irrigação permite e proporciona a antecipação do florescimento e benefícios como maior fixação de flores e frutos (maior produtividade) e melhor qualidade (tamanho, peso, coloração etc.).

Sabe-se que com a irrigação localizada, apenas uma fração do sistema radicular fica sob condições hídricas ótimas, sendo a definição da proporção de solo a ser umedecida um dos fatores críticos para o sucesso desse tipo de sistema de irrigação (COELHO, 2007). A variação espacial das propriedades físicas do solo determina a distribuição da água e a formação do bulbo úmido juntamente com os tipos de emissores. Essa variação dificulta a estimativa de número de gotejadores por planta e de sua localização em relação às plantas (CLOTHIER et al., 1985; OR, 1996; apud

SOUZA, 2004). Para planejar e operar um projeto de irrigação visando à máxima produção e à boa qualidade do produto, usando de maneira eficiente a água, requer conhecimentos da inter-relação entre solo-água-planta-atmosfera e manejo de irrigação (BERNARDO, 2006).

Coelho (2007) cita a falta de literatura científica sobre irrigação localizada com faixa de 5 a 15% de fração de área molhada e que para citros é praticamente inexistente. Isso se torna bastante importante, pois a citricultura nacional adota um sistema que atinge de 10 a 15% de área molhada em relação à projeção da copa, podendo atingir 5 a 7,5% se considerarmos que pomares irrigados podem atingir 60% de índice de cobertura, contra 30% das áreas de sequeiro.

O conhecimento das respostas fisiológicas dos citros ao ambiente que os circundam é essencial para aumentar a produção de frutos e o desenvolvimento das plantas, consequências do manejo agrícola apropriado em pomares de citros (RIBEIRO; MACHADO, 2007). Segundo Floss (2006), coincidência ou não, os países de maiores rendimentos agrícolas são os mesmos que investiram e investem em estudos relacionados à fotossíntese. Assim, estudos relacionados com a interação do ambiente com a cultura do citros devem ser voltados mais para avaliação de fatores climáticos e regime hídrico do solo sobre a transpiração e uso de água pelas plantas (OLIVEIRA, 1980, apud TEIXEIRA FILHO, 2005).

Com base no assunto supracitado, o presente trabalho teve como objetivo avaliar as respostas fisiológicas como condutância estomática, transpiração, potencial hídrico foliar, temperatura foliar e produção e qualidade de frutos de plantas de lima ácida 'Tahiti', submetidas a diferentes áreas de molhamento no solo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A cultura da lima ácida 'Tahiti'

A cultura da lima ácida 'Tahiti' apresenta a seguinte classificação botânica: família Rutacea, subfamília Aurantioideae, tribo Citreae, subtribo Citrinae, gêneros *Citrus* e espécie *C. latifolia* (Yu. Tanaka). A planta é de porte médio a grande com folhas maduras verdes e lanceoladas, frutos ovais e oblongos ou levemente elípticos, apresentam casca fina, superfície lisa e cor amarelada pálida na maturação e pesam em média 70 a 100g, com aproximadamente 50% dessa massa representada pela quantidade de suco, com teores de 9 °Brix, 6% de acidez titulável e conteúdo de ácido ascórbico (vitamina C) de 20 a 40mg.mL⁻¹; a polpa é amarelo-esverdeada e de textura firme (DONADIO et al., 1995; MATTOS JR. et al., 2003).

É uma cultura precoce, com ocorrência de floração durante quase todo ano, concentrando mais entre setembro e outubro, sendo o tempo de maturação (antese até colheita) de até 170 dias. A partir do terceiro ano apresenta uma colheita já significativa, porém ainda sem expressão econômica, que inicia a partir do quinto ano (FNP, 2003). No estado de São Paulo, ela se adapta a todas as regiões, com exceção para aquelas onde a carência térmica limita seu desenvolvimento (ORTOLANI et al., 1991, apud BARBOZA JÚNIOR, 2007).

Na Flórida, Estados Unidos, alguns plantios experimentais apresentaram rendimento crescente do terceiro ao sexto ano, sendo de 9,1 a 13,6kg.planta⁻¹ e 90 a 113kg.planta⁻¹. Já plantas com 12 a 15 anos produzem apenas 317,8kg.ha⁻¹. Desenvolvem-se em forma de cerca viva e não produzem muitos frutos por planta em decorrência da competição por nutrientes e luminosidade (COELHO, 1993).

Apesar de ser uma lima ácida, essa cultura é mais conhecida com limão 'Tahiti', e as estatísticas disponíveis sobre produção agrupam limas e limões verdadeiros, devido também ao fato de países europeus, como Espanha e Itália, produzirem mais limões verdadeiros (MATTOS JR. et al., 2003).

A lima ácida 'Tahiti' é uma cultura bastante importante para o Brasil, principalmente para o estado de São Paulo, que representa 70% de toda produção seguido da Bahia com 6%. Na safra de 2007, São Paulo apresentou um volume de 24,7

milhões de caixas e 8,8 milhões de plantas, com safra principal de dezembro a junho e pico em fevereiro (BOTEON, 2007). Os preços praticados na comercialização dessa fruta no mercado interno apresentam forte sazonalidade, com alta significativa entre agosto e novembro, e queda de preço no primeiro semestre. Em 2007 o menor preço praticado foi de R\$ 2,34 por caixa de 27kg colhido e o maior em outubro, R\$ 20,89 por caixa. (BOTEON, 2007).

Mundialmente, o Brasil é o sexto maior produtor apresentando crescente volume de exportação nos últimos anos, passando de 34.011.082kg de fruta fresca em 2003, para 58.250.084kg de fruta fresca em 2007 (IBRAF, 2008). Esse crescimento é mais acelerado que o de países concorrentes, obtendo ganhos na fatia de mercado de exportação do produto, e isso se deve pela difusão da lima ácida 'Tahiti' nos países europeus, principalmente pelo consumo da caipirinha. A FAO prevê diminuição na taxa de crescimento das exportações nas próximas décadas, no entanto o Brasil pode ter um crescimento diferenciado (BOTEON, 2003).

Aspectos como sazonalidade na produção, devido à floração durante quase todo ano, resultando na sazonalidade do preço, chamam bastante a atenção de produtores e pesquisadores dessa cultura, sendo que diversas pesquisas na área de manejo de floradas têm sido realizadas visando à produção no período de pico nos preços de frutos (COELHO FILHO, 1998).

2.2 Ecofisiologia das plantas cítricas

A maioria das culturas de interesse agrônômico cresce e se desenvolve em um ambiente onde os constituintes físicos são o solo e a atmosfera que fornecem de forma natural as substâncias necessárias, regulando a magnitude desses processos com o concurso da energia disponível no meio. O acúmulo de massa dos vegetais é resultado do balanço de carbono na planta, que depende dos processos de fotossíntese e respiração, os quais dependem de uma complexa série de fatores ambientais, como disponibilidade de água, de nutrientes e de energia (ANGELOCCI, 2002).

No solo, que faz o papel de fixação das plantas, é onde se encontra a reserva de água e nutrientes, e dentro dos fatores ambientais que influenciam na citricultura, a

disponibilidade hídrica é um determinante do crescimento, desenvolvimento e produção das plantas, além de afetar diretamente na qualidade dos frutos. Portanto, a irrigação reduz bastante as possibilidades de insucessos na produção, mesmo essa sendo afetada pelas condições ambientais, como temperatura, ventos e energia solar. Então, para um manejo adequado da irrigação e dos pomares, é necessário o conhecimento de como o ambiente interfere nos processos fisiológicos, que apresentam uma relação estreita com a produção, e isso se torna mais importante se levarmos em consideração que as plantas cítricas são de ciclo perene, e estão sujeitas a grande sazonalidade de temperatura, umidade do ar e do solo e energia radiante (RIBEIRO, 2006).

As plantas cítricas, em geral, suportam temperaturas baixas, porém, menos que 15°C seu metabolismo é reduzido quase paralisando próximo dos 5°C. A faixa de temperatura em que as plantas apresentam bom desenvolvimento e produção está entre 25 a 30°C durante o dia e 10 a 15°C durante a noite. Nestas condições os frutos apresentam ótimo sabor, com excelente coloração e de tamanho médio muito bom. Em regiões de climas mais quentes e umidade relativa alta, ocorre a produção de laranjas com cascas mais grossas, maiores, de coloração pálida, frouxas, achatadas, suculentas e com suco aguado. Estas últimas condições climáticas são, no entanto, as preferidas pelas mexeriqueiras, que são cultivadas de norte a sul do Brasil na faixa litorânea (RODRIGUEZ, 1987).

Embora as respostas fisiológicas de citros a mudança natural do ambiente seja um tema bastante interessante em relação à melhoria do manejo dos pomares, e essenciais para o melhor entendimento do desenvolvimento padrão das plantas, poucos são os conhecimentos de ecofisiologia de plantas cítricas cultivadas em clima subtropical. A falta de informação sobre os aspectos fisiológicos de plantas cítricas no campo é provavelmente devido à alta complexidade da interação de citros com o ambiente (RIBEIRO; MACHADO, 2007). Porém, os mesmos autores citam que muitos estudos (COHEN et al., 1997; MACHADO et al., 2002; 2007; RAVEH et al., 2003; ANGELOCCI et al., 2004; RANA et al., 2005; SILVA et al., 2005; RIBEIRO, 2006; HU et al., 2007; OGUNTUNDE et al., 2007) em condições de campo estão sendo feitos em relação à condutância ou resistência estomática, transpiração e potencial de água na folha

Davies e Albrigo (1994) comentam que a análise de parâmetros fisiológicos tais como condutância estomática, potencial da folha ou fruto e assimilação de CO_2 são fundamental para melhor compreensão dos fatores que limitam a produtividade e/ou crescimento das plantas. De acordo com Syvertsen e Lloyd (1994) e Nobel (1999), as variações na relação água-planta são as principais respostas para alterações no ambiente, sendo que essa relação hídrica afeta no processo de abertura e fechamento do estômato, interferindo assim no fluxo de CO_2 dentro do mesófilo, e na transpiração.

O controle das trocas gasosas representa o denominado “dilema das prioridades opostas” das plantas, ou seja, elas devem regular os fluxos opostos de uma forma tal que o balanço hídrico e o de carbono sejam mantidos em condições de permitir máxima eficiência de uso dessas substâncias (ANGELOCCI, 2002).

A condutância estomática varia significativamente ao longo das estações do ano para uma mesma densidade de fluxo de fótons, mesmo nas plantas bem-hidratadas. Isto sugere que outros fatores ambientais estão limitando abertura estomática durante a época de inverno, como a baixa temperatura (ELFVING et al., 1972; MORESHET e GREEN, 1984).

Irigoyen et al. (2008) estudando a condutância foliar à difusão de vapor de água e da densidade de fluxo de fótons fotossintéticos incidentes nas faces norte e sul da linha de plantio de pomar de lima ácida ‘Tahiti’ na região de Piracicaba – SP durante a primavera, mostraram que a condutância estomática na face sul foi maior, mas com comportamento semelhante à face norte durante o dia, considerando todo o período. Em relação à densidade de fluxo de fótons fotossintéticos, verificou significativa diferença entre as faces em todos os meses da estação, sendo maior na face sul. Em outro estudo, os mesmos autores mostraram que a densidade de fluxo de fótons fotossintéticos foi a variável do ambiente local que teve maior associação com transpiração e condutância estomática.

O processo de transferência de água do solo, passando pela planta, e chegando à atmosfera, ou seja, a transpiração ocorre devido a um potencial crescente negativo no sentido solo-atmosfera. Em condições de ar saturado, o potencial de água na atmosfera é zero, mas conforme o déficit de saturação do ar aumenta, o seu potencial atinge valores altamente negativos, da ordem de dezenas e até centenas de MPa

(ANGELOCCI, 2002). Os estômatos são o principal ponto de controle de fluxo de água, sendo o déficit de pressão hídrica do ar a força motora da transpiração, e a água do solo o fator decisivo para o abastecimento hídrico da planta (TEIXEIRA FILHO, 2005). O mesmo autor estudando fluxos de água em espécie de citros, concluiu que a transpiração e a condutância estomática, estão associadas ao déficit de pressão de vapor saturado, e que a transpiração refletiu as variações tanto da radiação fotossinteticamente ativa, da radiação incidente total, quanto do déficit de pressão de vapor saturado.

Silva et al. (2005) estudando a variação sazonal na evapotranspiração de plantas jovens de lima ácida 'Tahiti', mostraram resultados de $1,5\text{mm.dia}^{-1}$ de evapotranspiração no período do verão, com um decréscimo de $0,66\text{mm.dia}^{-1}$ para o período do inverno. Os autores mostram também que a máxima evapotranspiração ocorreu às 12h e às 14h, para o verão e inverno respectivamente. Além disso ocorreram perdas por evaporação diária noturna de 13,4% (verão) e 17,4% (inverno).

Os estômatos podem ser considerados então, como um órgão multi-sensorial, ou seja, responde as alterações tanto do ambiente como as alterações fisiológicas (ZEIGER et al., 1987). Altos valores de condutância estomática são comumente encontrados em folhas com potencial hídrico elevado, e são encontrados aproximadamente na metade da manhã (entre 9h e 10h30min) sob condições subtropicais, independentes da estação do ano (MACHADO et al., 2002, 2006, 2007; RIBEIRO, 2006).

Considerando um solo com boa disponibilidade hídrica, a amplitude do potencial hídrico dele é normalmente pequena, aumentando à medida que ele seca. Já nas folhas a amplitude é maior, passando por um máximo valor em determinado período do dia. A recuperação do armazenamento e do potencial de água na folha começa após esse período de maior demanda, quando a transpiração diminui, continuando a noite, quando a transpiração é muito pequena ou nula (ANGELOCCI, 2002).

Em relação aos aspectos reprodutivos dos citros, é muito importante, além da época de florescimento, o subperíodo entre a antese e a colheita, que pode ser afetado por diversos fatores, e entre eles o graus-dia, que pode ser usado para determinar a duração desse subperíodo (SOUZA et al., 2003). O cálculo da soma térmica mede o

“tempo fisiológico” de crescimento dos organismos combinando o tempo e a temperatura ambiente. Graus-dia acumulados representam o número de graus, acima de uma determinada temperatura (temperatura basal), que o organismo necessita para o seu desenvolvimento (IOWA, 2006). Sua determinação é feita pela somatória de todas as horas diárias em que as plantas estão em atividade vegetativa, sendo para citros, temperaturas entre 13°C e 38°C. Na prática, para esse cálculo, podem ser usadas as temperaturas médias mensais (MOTA, 1989).

Souza et al. (2003) estudando o acúmulo de graus-dia entre a antese e colheita, chegou a um valor de 1493 Graus-dia, para plantas irrigadas, valor bastante próximo ao encontrado por Silva (2005), 1512 graus-dia. Para SOUZA et al. (2003) isso sugere que estes valores situem a cultura da lima ácida ‘Tahiti’ como variedade precoce, que requer de 1600 a 1800 graus-dia.

Ribeiro e Machado (2007) em uma revisão sobre aspectos fisiológicos de plantas cítricas, concluem que a ecofisiologia dos citros é uma questão multidisciplinar, que requer esforços cooperados entre especialistas de diversas áreas, tais como, Fisiologia Vegetal, Ciência do Solo, Irrigação, Meteorologia Agrícola e Biologia Molecular, para se possa permitir um melhor conhecimento sobre a interação do ambiente com plantas cítricas em ambiente subtropical.

2.3 Irrigação localizada e porcentagem de área molhada

A irrigação localizada surgiu na década de 60 (século XX) com o desenvolvimento de materiais plásticos, como polietileno e PVC, apesar de alguns sistemas de irrigação operarem segundo este conceito, ou seja, de aplicar pequenas vazões de água de forma localizada no sistema radicular, vinham sendo desenvolvidos desde o início desse mesmo século (AIROLDI, 2003). Segundo Howell (2000), o Engenheiro Israelense Syncha Blass desenvolveu na Inglaterra a tecnologia para irrigar plantas em estufas de maneira localizada. Nos anos 50, este engenheiro retornou a Israel onde aplicou com sucesso sua tecnologia desenvolvida na produção de alimentos, no deserto de Negev, utilizando águas altamente salinas. A partir da década de 60, houve grande impulso no

desenvolvimento da irrigação por gotejamento. Desde então, rapidamente, o gotejamento espalhou-se por diversos países (NAKAYAMA; BUCKS, 1986).

Segundo Howell (2000) a cultura do abacate foi a primeira a ser explorada com irrigação por gotejamento nos EUA, sul da Califórnia no início da década de 60. Também no início dessa década iniciaram-se as pesquisas científicas, com as primeiras publicações no ano de 1963.

Já no Brasil, a irrigação localizada surgiu na década de 70 do século XX, e a microaspersão na década seguinte. Na citricultura do estado de São Paulo, maior produtor nacional, o interesse do produtor pela irrigação era pequeno, pois mesmo em condições de sequeiro conseguiam uma colheita que viabilizava a cultura, mesmo com baixa produtividade (ZANINI; PAVANI, 1998). Porém, com a queda de preço e incidência de doenças como Clorose Variegada dos Citros (CVC), cujo principal reflexo é a diminuição do fruto e, principalmente, a Morte Súbita dos Citros (MSC) no ano de 2000, que se manifesta em plantas enxertadas sobre limoeiro 'Cravo', o mais resistente a seca e por isso o mais utilizado, chegando a 85% dos pomares paulistas, os novos pomares passaram a serem implantados com o uso de porta-enxertos menos tolerantes a seca, como laranjeira 'Caipira', e as tangerinas 'Sunki', 'Cleópatra' e Citrumelo 'Swingle'. Frente a esses fatos, a irrigação tomou bastante importância para a citricultura, passando de 1% nos anos 90, para mais de 15% nos dias de hoje.

Além de todos os benefícios que a irrigação pode trazer como maior fixação de flores e frutos garantindo assim maior produtividade; maior qualidade dos frutos, como tamanho, peso, rendimento de suco e coloração acentuada, ela proporciona também a colheita em épocas de menor oferta. No estado de São Paulo, a produção anual de citros é de $81,6 \text{ kg.árvore}^{-1}$ (duas caixas por planta), e em pomares irrigados, a produção pode superar $489,6 \text{ kg.árvore}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ (12 caixas) (VIEIRA, 1984, apud SOUZA et al., 2003).

A irrigação localizada se caracteriza por molhar apenas um volume de solo, ou seja, apenas uma porção do sistema radicular irá receber a água da irrigação. Em relação à produção de citros, dois importantes países, como Espanha e Portugal, o período seco coincide com o verão, sendo a irrigação acionada nesse período, fazendo com que o sistema radicular fique mais restrito ao bulbo úmido. Na região Sudeste

brasileira, principal produtora de citros, o inverno coincide com a estação de seca, e as precipitações anuais são mais concentradas nos meses quentes. Isso faz com que o sistema radicular possa se desenvolver fora do bulbo úmido (COELHO, 2007). Portanto é necessário saber qual a porcentagem mínima que podemos irrigar um pomar sem que haja repostas negativas das plantas. Coelho (2007) relata a inexistência na literatura científica de trabalhos confiáveis de valores ótimos de porcentagem de área molhada para culturas perenes sob diferentes condições de fertilidade do solo, porta-enxertos, evapotranspiração e pluviosidade local.

Coelho et al. (2002) estudando a distribuição de raízes de laranja 'Pêra' sob sequeiro e irrigação por microaspersão em solo arenoso, conclui que a distribuição de água no solo, sob irrigação localizada, constitui uma variável determinante nos padrões de distribuição das raízes no solo. Já Alves Júnior et al. (2004), estudando a distribuição do sistema radicular de plantas de lima ácida 'Tahiti' submetidas a diferentes lâminas de irrigação, concluíram que em plantas com 33 meses de idade a irrigação não influenciou na distribuição de raízes em profundidade. Entretanto, a irrigação influenciou na distribuição horizontal. As plantas irrigadas com 75% e 100% da evapotranspiração da cultura mostraram distribuição horizontal de raízes concentradas a 0,6m horizontalmente distante do tronco.

Na Califórnia, um estudo feito com plantas cítricas recebendo diferentes níveis de irrigação, a produtividade não correlacionou com a densidade de raízes (CAHOON et al., 2004, apud ALVES JÚNIOR, 2006), pois as plantas em baixas taxas de irrigação diminuem a produtividade enquanto mantiveram as quantidades similares de raízes quando comparadas a plantas irrigadas com altos níveis de irrigação. Concluíram também que o conteúdo de água no solo foi o fator mais determinante para distribuição do sistema radicular.

Machado et al. (2001) realizaram um estudo para analisar a adaptação fisiológica a irrigação localizada do porta-enxerto limão 'Cravo' em plantas adultas de lima ácida 'Tahiti', submetidas a diferentes porcentagens de área molhada no solo, visando quantificar o aumento da atividade radicular à medida que se diminui o volume do solo irrigado. Nesse estudo concluíram que a atividade radicular do porta-enxerto limão 'Cravo' demorou aproximadamente cem dias para aumentar sua capacidade de

absorção de água, comparando-se uma planta com 24,2% da projeção da copa irrigada a outra com 12,2%.

Souza et al. (2003) estudando produção e qualidade de frutos de lima ácida 'Tahiti' submetidas a diferentes porcentagens de área molhada (15, 31 e 46%). Constataram que não houve diferença significativa na produção e qualidade dos frutos para cada porcentagem de área molhada. Porém, o valor absoluto da produção foi 27% maior para o tratamento de maior área molhada.

Coelho et al. (2007) comenta que o trabalho científico mais citado relacionado a irrigação parcial do sistema radicular foi o desenvolvido por Black e West em 1971 na Austrália. Nesse experimento os autores dividiram o sistema radicular da macieira em quatro recipientes distintos, obtendo-se então 100, 75, 50, 25 e 0% de áreas irrigadas. As perdas por transpiração foram expressas em porcentagem do consumo da planta de referência (100% do sistema radicular irrigado). Os resultados foram 74%, 88%, 94% e 100% para áreas molhadas de 25%, 50%, 75% e 100%. Tanto a porcentagem de área molhada como o perfil de molhamento do solo variam em função do tipo de solo, tipo de emissor, do espaçamento entre emissores e da vazão dos emissores, do tempo de aplicação de água.

Barros (2007) estudando a distribuição da solução no solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial mostrou que em relação aos sistemas superficiais, os sistemas enterrados apresentaram menor área superficial molhada e atingiram uma maior largura e profundidade em relação ao ponto de emissão.

Souza (2004) em um estudo de distribuição de água no solo para o dimensionamento da irrigação por gotejamento conclui que ao se dobrar a vazão do gotejador, no caso $2L.h^{-1}$ para $4L.h^{-1}$, diminui-se o movimento vertical da água e se aumentou o movimento horizontal, de forma a favorecer a redução por percolação. No mesmo trabalho o autor afirma que o volume aplicado por dois gotejadores sobrepondo os bulbos molhados, aumentou a uniformidade de distribuição de água no solo, porém ao mesmo tempo reduziu a umidade média dentro do volume de solo molhado, evidenciando-se a necessidade de se estudar espaçamento entre gotejadores.

2.4 Fisiologia do estresse

O estresse é definido por Larcher (2000) como um desvio significativo das condições ótimas para a vida, e induz mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, os quais são reversíveis a princípio, mas podem tornar permanentes. Para Taiz e Zeiger (2002), o estresse é um fator externo que exerce uma influência desvantajosa para a planta.

O déficit hídrico é definido como um conteúdo de água de um tecido ou célula que está abaixo do conteúdo de água mais alto exibido no estado de maior hidratação. O estresse hídrico interfere em diversos fatores na planta, como a inibição da fotossíntese no cloroplasto. Boyer (1970) mostra o efeito do estresse hídrico sobre o girassol, como diminuição na expansão foliar e a inibição da fotossíntese sob moderados níveis de estresse, no caso isso ocorreu já com potencial de água na folha de $-0,4\text{MPa}$ e $-0,8\text{MPa}$ para expansão foliar e inibição da fotossíntese, respectivamente.

Entre outros fatores que o estresse hídrico causa as plantas estão: diminuição da área foliar, abscisão foliar (síntese de etileno), acentuado crescimento da raiz e fechamento estomático (ácido abscísico).

Alberter e Thornber (1976) estudaram o efeito do estresse hídrico no conteúdo e organização da clorofila no mesófilo em plantas de milho, sendo as plantas com 55 dias de idade foram submetidas a oito dias de estresse e posteriormente voltaram a ser irrigadas. Os resultados mostram que as plantas testemunhas (sem corte de irrigação), tiveram um incremento de 30% no teor de clorofila. Já as plantas sem irrigação apresentaram uma lenta diminuição em seis dias, até atingirem potencial de água na folha de $-1,6\text{MPa}$, posteriormente uma queda mais significativa ocorreu nos outros dois dias. Com a volta da irrigação elas recuperam seu teor inicial de clorofila em três dias, porém não atingiram o mesmo teor das plantas controle.

O estresse hídrico pode trazer benefícios e prejuízos para cultura do citros. Como benefício, Southwick e Davenport (1987) apud Silva (2005), mostraram plantas de lima ácida 'Tahiti' podem ter sua florada induzida para produção fora de época e intensificada por um período curto de estresse hídrico seguido de boas condições para crescimento e desenvolvimento dos frutos. Como efeito negativo, o estresse pode diminuir a

produtividade das plantas principalmente se ocorrer durante o período de florescimento e fixação dos frutos (CASTEL; BUJ, 1990). A redução de água no solo faz com que a planta feche os estômatos, diminuindo a evapotranspiração e as trocas gasosas, porém sabe-se que com um suave estresse pode melhorar a partição de carboidratos para as partes reprodutivas e controlar o crescimento vegetativo. Silva (2005) cita a estratégia proposta por Chalmers et al. (1981) de irrigar com um déficit controlado (RDI) em períodos fenológicos que não são prejudiciais a cultura, para tanto é necessário o bom conhecimento da supressão hídrica nesses períodos.

Souza et al. (2002) avaliaram a influência do período de estresse hídrico sobre a distribuição temporal da produção da lima ácida 'Tahiti', através de quatro diferentes durações do estresse e obtiveram resultados bastantes interessantes. Concluíram que o tempo de estresse hídrico proporciona aumento da produção no período subsequente do estresse, porém reduz a produção durante o seu período. A produção total anual não tem diferença significativa, porém a duração do estresse influenciou significativamente a época e sazonalidade da produção. A importância desses resultados está relacionada ao manejo a ser feito na irrigação para que se tenha produção no período de entressafra.

Silva (2005) desenvolveu um trabalho para estudar o efeito do esgotamento da água disponível no solo na evapotranspiração da cultura, transpiração, condutância estomática, assimilação de CO₂, potencial de água na folha ao amanhecer e ao meio dia. O autor mostrou que com 43% de água disponível ocorreu uma diminuição na evapotranspiração, resultado próximo a 46% recomendado por Allen et al. (1998). Nesse momento o potencial de água na folha era de -0,79MPa. Quanto às trocas gasosas, mostrou que com 60% de água disponível e potencial de água na folha de -0,62MPa, os valores começaram a diminuir.

Souza (2004) fez medições da absorção da radiação fotossinteticamente ativa pela limeira ácida 'Tahiti' sob diferentes condições de estresse hídrico, e mostrou que as plantas irrigadas absorveram mais radiação fotossinteticamente ativa que plantas em condições de estresse. Os resultados confirmam os obtidos por outros autores, como Costa et al. (1997) e Collino et al. (2001), que trabalharam com outras culturas, como fava e amendoim respectivamente.

Silva et al. (2006) estudaram a supressão hídrica em diferentes períodos fenológicos de plantas de lima ácida 'Tahiti', e não acharam diferença significativa no desenvolvimento vegetativo, reprodutivo e qualidade de fruto pela supressão da irrigação para qualquer período fenológico.

Outro indicador de estresse hídrico é a temperatura foliar, pelo fato de que a água transpirada resfria a folha. Portanto, conforme o teor de água no solo diminui, a transpiração diminui e a temperatura das folhas aumenta, ficando mais alta que a temperatura do ar, devido à maior absorção da radiação (FOLEGATTI, 1988; FOLEGATTI et al., 1995).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Características da área experimental

O experimento foi realizado na Fazenda Areão da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, em Piracicaba, SP (22°43'33” de latitude sul e 47°38'00” de longitude oeste com uma altitude de 511m), em um pomar de aproximadamente 1ha de limeira ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* Tanaka), enxertadas sobre plantas de citromelo ‘Swingle’ (*Poncitrus trifoliata* (L.) x *Citrus paradisi* Macf.). O pomar foi implantado na primeira quinzena de maio de 2001 num espaçamento de 7x4m num nitossolo vermelho segundo a classificação brasileira de solos (Embrapa, 1999), apresentando 1,3kg.dm⁻³ de densidade média (1m de profundidade) com 5% de declividade média.

O clima da região de Piracicaba-SP é do tipo Cwa no sistema Koppen, denominado subtropical úmido, com estiagem no inverno, temperatura média no mês mais frio de 18°C e no mês mais quente de 22°C, temperatura média anual de 21,4°C e pluviosidade anual de 1257 mm.

No centro da área consta um lisímetro de pesagem eletrônica com 4m de diâmetro e 1,3m de profundidade, com exatidão de 0,82kg para determinação da evapotranspiração. As três células de carga estão dispostas em um triângulo formando um ângulo de 120° entre elas, acopladas a um “datalogger” (modelo CR23X da Campbell Scientific, Logan, UT, EUA), sendo os dados coletados diariamente via rádio. No início das atividades de campo foi feita uma nova calibração, seguindo as metodologias de Campeche (2002).

O sistema de irrigação localizada (padrão no pomar) é composto por 4 gotejadores autocompensantes por planta, com vazão de 4L.h⁻¹. Para os tratamentos foram utilizados diferentes números de emissores com diferentes vazões para se ter diferentes áreas molhadas com a mesma lâmina. Antes do início do experimento foi feita a avaliação da uniformidade de distribuição de água (CUD) seguindo a metodologia de

ZOCOLER (2003), os dados estão apresentados na Tabela 1. A irrigação é automatizada onde se utiliza painel eletrônico (Toro) para programação.

A área consta ainda com uma estação meteorológica localizada ao lado do pomar com sensores de radiação global, radiação líquida, velocidade de vento, temperatura e umidade relativa do ar. Com os dados obtidos estimam-se a evapotranspiração de referência seguindo o método de Penman-Monteith parametrizado por Allen et al. (1998).

a

b

c

d

Figura 1 - a) vista longitudinal do pomar; b) lisímetro de pesagem eletrônica; c) estação meteorológica automática; d) central com receptora dos dados da estação

Tabela 1 - Dados do teste de uniformidade dos gotejadores usados no experimento

Tratamento	Vazão média por gotejador (L.h ⁻¹)	Vazão total (L.h ⁻¹)	Uniformidade de distribuição (%)
2	16.84	16.84	96
3	8.28	16.56	97
4	4.01	16.04	95
5	2.07	16.56	90

3.2 Calibração e monitoramento de massa do lisímetro

A calibração do lisímetro foi feita a partir das 18h para evitar a perda de massa devido à evapotranspiração. A primeira etapa foi registrar a milivoltagem média sem adição de peso, e posteriormente, utilizando pesos padrões (1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 e 20kg) foi feita a adição dos mesmos em ordem crescente, em um intervalo de dois minutos, e em seguida a retirada, na ordem inversa com o mesmo intervalo de tempo.

Com os dados coletados, foi feita uma relação linear entre o somatório das saídas do sinal das três células de carga e a massa adicionada, em equivalente de quilograma de água (mV x kg). Os resultados obtidos podem ser visualizados na Figura 2 que mostra uma excelente linearidade e uma baixa histerese com uma exatidão de 0,63kg e sensibilidade para detecção de massa de 0,454kg, correspondente a 0,036mm.

As células de cargas utilizadas são do tipo “S” (Omegadyne, modelo LC 101, 30k) com capacidade aproximadamente 13600 kg cada. Os dados eram coletados a cada segundo e feita uma média a cada 10 minutos dessas leituras. Os dados da meia-noite, onde o elemento meteorológico vento era fraco ou nulo ($\leq 1,5 \text{ m.s}^{-1}$) eram utilizado como referência para o manejo da irrigação.

Compararam-se também as medidas fitométricas da planta do lisímetro com as do pomar, com o objetivo de verificar se o desenvolvimento dessas plantas foi semelhante. Os resultados das medidas podem ser observados na Tabela 2.

Figura 2 - Regressão verificada com a adição e subtração dos pesos, massa (kg) e a soma do sinal (mV) registrada pelo datalogger

Tabela 2 - Medidas fitométricas da planta cultivada no lisímetro e de plantas cultivadas na área

Planta	Altura	Perímetro ¹ do caule	Diâmetro da copa	Área sombreada pela copa	Grau de Cobertura do Solo
		(m)		(m ²)	(%)
Lisímetro	4,00	0,52	4,98	19,92	71,14
Pomar ²	4,09	0,55	4,86	19,46	69,49

1- Medida 0,05m acima do ponto de enxertia. 2- Valores médios de 10 plantas.

A lâmina aplicada é a que repõe a quantidade evapotranspirada no dia anterior medida pelo lisímetro de maneira já citada anteriormente. A evapotranspiração (ET_C) é dada pela diferença de massa dividida pela área ocupada por planta ($28m^2$), e descontados as chuvas, irrigação e drenagens no período, a ET_C é dada pela equação 1:

$$ET_C = \frac{M_i - M_{i-1} - D + P.A + I}{A} \quad (1)$$

Em que,

E_{tc} = Evapotranspiração da cultura, mm.período⁻¹;

M_i = Massa do lisímetro, kg;

M_{i-1} = Massa do lisímetro no tempo anterior, kg;

A = Área do lisímetro, m²;

D = Drenagem, kg;

P = Precipitação, mm;

I = Irrigação, mm.

Maiores detalhes sobre determinação da evapotranspiração por esse método podem ser vistos em Campeche (2002), Silva (2005), Alves Júnior (2006) e Barboza Júnior (2007).

3.3 Tratos culturais

Durante todo o período do experimento foram feitos tratos culturais para que a cultura se desenvolvesse sem ataques de pragas, sem doenças e sem competição com ervas daninhas. Para isso fez aplicações de fungicidas e inseticidas, roçagem nas entrelinhas e aplicação de herbicida na linha de plantio. A adubação também foi feita com critério na análise de solo.

Também no dia 15 de maio de 2008, foi feita uma poda de condução da cultura, modificando principalmente o diâmetro da copa, em que a área de sombreamento passou a ser de 14,18 m² e o Grau de Cobertura de 50,66%.

3.4 Tratamentos

O experimento foi instalado em blocos casualizados com cinco tratamentos e três repetições, sendo uma planta para cada parcela experimental. As aplicações dos tratamentos foram: Tratamento 1 (T1), sem irrigação; Tratamento 2 (T2) um ponto de emissão de água; Tratamento 3 (T3), dois pontos de emissão de água espaçados em 0,5m; Tratamento 4 (T4), quatro pontos de emissão de água espaçados em 0,5m;

Tratamento 5 (T5), oito pontos de emissão de água espaçados em 0,5m. Para cada tratamento foi utilizado gotejadores de vazões diferentes para que sempre se jogasse a mesma quantidade de água.

a

b

c

d

Figura 3 – a) tratamento 2; b) tratamento 3; c) tratamento 4; d) tratamento 5

3.5 Determinações

Para padronização das coletas e determinações, as plantas foram divididas em quatro quadrantes, 1 e 2 voltados para a face norte, e a 3 e 4 para face sul (Figura 4)

a

b

Figura 4 - a) imagem do Google Earth da área experimental; b) divisão da planta para padronização das amostragens

3.5.1 Condutância estomática e transpiração

Foram marcadas quatro folhas da face norte por planta (Figura 5a), e semanalmente, sempre nas mesmas folhas e em dois horários, entre 9h e 10h e entre 11h e 12h, e com um porômetro de equilíbrio dinâmico e balanço nulo LI-COR 1600 (*Licor, Inc.*, Lincoln, EUA) (Figura 5b), foram determinadas a condutância estomática e a transpiração. Havia também um sensor quântico acoplado ao porômetro para determinação da densidade de fluxo de fótons no momento da leitura. As determinações foram feitas entre os dias 27/10/2007 e 30/11/2007, e entre 04/07/2008 e 11/09/2008.

Figura 5 - a) Marcação das folhas para medições com o porômetro; b) momento da medição com o porômetro

3.5.2 Potencial de água na folha

Baseando-se no trabalho de Melo et al. (2008) para fazer a amostragem e armazenamento das folhas, da coleta até a leitura (Figuras 6a a 6d), foi feita a determinação de potencial de água na folha amostrando-se quatro folhas por planta sempre da face norte, no período entre os dias 24/10/2007 e 27/11/2007 e entre os dias 18/07/2008 e 11/09/2008, a coleta foi feita às 7h30min. O equipamento utilizado foi uma Câmara de Scholander (Modelo 3005 – Soil Moisture Equipment Co., Santa Bárbara, CA, EUA).

Figura 6 - a) coleta e armazenamento das folhas; b) local das leituras; c) vista do equipamento; d) momento da leitura

3.5.3 Temperatura da folha

No período entre os dias 27/10/2007 e 30/11/2007 e entre 04/07/2008 e 11/09/2008, utilizando as mesmas folhas da determinação de condutância estomática e transpiração, e no mesmo momento, foram feitas leituras de temperatura foliar com um termômetro de infravermelho da marca Scantenn (Escala : $-33+500^{\circ}\text{C}$; Resolução do Display: $0,1^{\circ}\text{C}$ / $^{\circ}\text{F}$; Resolução do Focal: 11:1; Precisão: $\pm 2^{\circ}\text{C}$ / $^{\circ}\text{F}$; Dimensões: 175x39x79 mm Material: Plástico ABS; Peso: 180g) (Figura 7).

Figura 7 - Momento da leitura de temperatura da folha usando um medidor infravermelho Scantienp

3.5.4 Potencial matricial do solo

Foi feito o acompanhamento do potencial matricial de água no solo nas profundidades de 15, 30 e 60 cm. As leituras foram feitas três vezes por semana, por um tensímetro digital. Os tensiômetros foram instalados em todas as plantas do experimento.

3.5.5 Clorofila

As determinações foram feitas nos dois lados da planta (face norte e face sul), onde se amostrou 10 folhas por face semanalmente, entre os dias 23/07/2008 a 30/10/2008. Foi utilizado o ClorofiLOG (Falker) (Figura 8) para essa determinação.

Figura 8 – Momento da leitura de clorofila com o clorofiLOG

3.5.6 Produção e qualidade de frutos

A partir da fase de “chumbinho” até a colheita, foi medido do diâmetro equatorial de 10 frutos por planta semanalmente até atingirem em média 50mm e estarem no ponto de colheita. A produtividade foi obtida pela coleta dos frutos de todas as plantas do experimento, e posteriormente contados e pesados, obtendo-se assim, uma correlação entre o número de frutos por planta e a massa de frutos por planta.

Para a avaliação de qualidade dos frutos, após a colheita era feita uma amostragem de 10 frutos por repetição para análises. As medidas de diâmetro equatorial de fruto espessura da casca e porcentagem de suco foram realizadas como descrito por Bleinroth et al. (1976). Para o suco extraído, o total de sólidos solúveis ($^{\circ}$ Brix) foi medido utilizando um refratômetro portátil (resolução de 0,2), pH utilizando um peagâmetro (resolução de 0,01), e acidez total (%) utilizando o método da titulação, como descrito pela AOAC (1970).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Porcentagem de área molhada (PW)

A PW foi calculada dividindo a área molhada (A_m) pela área de projeção da copa (A_c). Como foi necessário fazer uma poda no pomar, a PW foi calculada antes e depois da poda, pois a área de projeção passou de 19,96 para 14,18 m². A Tabela 3 apresenta os valores de PW para os tratamentos. A_m foi determinada medindo-se pela manhã e após dias de consecutivos de irrigação, diversas vezes durante o período do experimento.

Tabela 3 – Área molhada e porcentagem de área molhada para os tratamentos

	Antes da poda		Depois da poda	
	Área molhada (m ²)	PW (%)	Área molhada (m ²)	PW
T1	-	-	-	-
T2	0,41	2,05	0,41	2,89
T3	0,80	4	0,80	5,6
T4	1,12	5,6	1,12	7,8
T5	2,5	12,5	2,5	17,6

4.2 Condutância estomática e transpiração

A Figura 9 apresenta os dados de temperatura (T_{ar}), déficit de pressão de vapor (DPV) e chuva para os dois períodos de avaliação. Os dados de T_{ar} e DPV são valores correspondentes ao horário das leituras. No primeiro período a temperatura média às 8h foi de 20,81°C e DPV médio de 0,47 kPa, e às 14h foi de 27,85°C e 1,86 kPa, e apresentou uma precipitação de 154 mm. No segundo período a temperatura média e o DPV foram de 17°C e 0,43 kPa para às 9h e 20,79°C e 1,00kPa para às 11h, respectivamente, com precipitação de 89,4 mm.

Nota-se que em um intervalo de apenas 2h ocorreu uma variação média de T_{ar} e DPV de 3,79°C e 0,56 kPa. A densidade de fluxo de fótons (DFFF) também foi bastante variável. Segundo Irigoyen (2008), essas variáveis estão bastante relacionadas com condutância estomática (g_s) e transpiração (T), em que a DFFF é a que apresenta maior associação com g_s ($r=0,91$) e com T ($r=0,74$). Em relação aos efeitos multiplicativos, o produto $T_{ar} \cdot DFFF$ teve a melhor associação com g_s ($r=0,83$), enquanto para T os melhores resultados foram com os produtos DPV $\cdot$ DFFF ($r=0,98$) e $T_{ar} \cdot$ DPV $\cdot$ DFFF ($r=0,99$).

Outro dado bastante importante, discutido por Irigoyen (2008), é a distribuição de DFFF nas diferentes faces das plantas, onde mostrou que o ordenamento de orientações para DFFF não foram coincidentes. Isso mostra a necessidade de

padronizar bem a coleta de dados em relação à orientação e o tempo gasto para amostragem. Nas avaliações do presente trabalho, o tempo decorrido entre a primeira e a última leitura foi de aproximadamente 20 minutos.

Figura 9 – Temperatura do ar, déficit de pressão de vapor e chuva. a) 27/10/2007 a 30/11/2007 – 8h; b) 27/10/2007 a 30/11/2007 -14h; c) 04/07/2008 a 11/09/2008 – 9h; d) 04/07/2008 a 11/09/2008 - 11h

A Tabela 4 mostra os dados de g_s e T obtidos entre os dias 27/10/2008 a 30/11/2007, às 8h e às 14h. O tratamento não irrigado (T1) apresentou menores valores de g_s e T , porém se diferenciando apenas de T2 e T3 (8h) significativamente. Na parte da manhã o coeficiente de variação para g_s foi de 32,78% e para T de 35,64%. O T1 apresentou valor médio de g_s de $69,130 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e de T de $1,750 \text{ } \mu\text{g.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$, já T3 que teve os maiores valores, apresentou $103,586 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ de g_s e $2,4319 \text{ } \mu\text{g.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$. Esses resultados estão de acordo com Irigoyen et al. (2008), que apresentaram valores médios diários de g_s de $83 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e de T de $3,55 \text{ } \mu\text{g.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ para mesma culturas em condições hídricas favoráveis. Machado (2007), encontrou valores de g_s para o período da manhã de 100 e $60 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ e no período da tarde, 40 e $30 \text{ mmol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, para laranja 'Natal' irrigadas e não irrigadas, respectivamente.

Na parte da tarde os valores de *gs* diminuíram, com exceção de T5, e apresentaram um coeficiente de variação de 37,67%. Já a *T* foi maior para todos os tratamentos no período da tarde, e apresentou coeficiente de variação de 32,28%. Medina et al. (1999), mostrou que a taxa de respiração de plantas sem deficiência hídrica, aumentou até às 15 horas, mesmo com a queda da condutância estomática, no entanto, os autores relatam que há queda na taxa de fotossíntese e na eficiência do uso da água, mesmos resultados mostrados por Brakke e Allen (1995).

A Tabela 5 mostra os dados coletados entre 04/07/2008 e 11/09/2008. Os dados mostram que às 9h não houve diferença significativa entre os tratamentos, apresentando coeficiente de variação de 25,05% para *gs* e 31,33% para *T*. Já às 11h, T1 apresentou maiores valores de *gs* e *T*, porém se diferenciando apenas de T3. Nesse período os valores de Tar e DPV foram inferiores ao primeiro, o que pode ter influenciado o fato do T1 ter apresentado valores iguais ou superiores aos demais tratamentos.

Outro fato que pode ser levado em consideração, é que a precipitação foi pequena, 84,9 mm em aproximadamente 60 dias, fazendo com que apenas a região dos bulbos úmidos ficasse em condições hídricas ótimas e o restante do sistema radicular em condição de estresse. Isso pode ter influenciado no comportamento das plantas irrigadas, pelo fato do ácido abscísico (ABA) estar relacionado com fechamento estomático, em que o principal sinal para sua produção vem das raízes. Gomes (2001), estudando o efeito o estresse hídrico em laranja 'Pêra' mostrou que o conteúdo de ABA foi maior nas plantas quando submetidas ao estresse, coincidindo com a redução da condutância estomática.

Simões (2007), estudando diferentes disposições de microaspersores em citros, mostrou que o tratamento de melhor distribuição de água no solo e maior taxa de absorção, foi o que apresentou maiores valores de condutância estomática, esse fato também evidenciou melhor estado hídrico da planta nesse tratamento.

Tabela 4 - Valores de condutância estomática e transpiração para o primeiro período de avaliação – 27/10/2007 a 30/11/2007

TRATAMENTO	8h		14h	
	gs (mmol.m ⁻² .s ⁻¹)	T (μg.cm ⁻² .s ⁻¹)	gs (mmol.m ⁻² .s ⁻¹)	T (μg.cm ⁻² .s ⁻¹)
T1	69,130 b	1,7501b	62.697 b	2.7031 b
T2	96,856 a	2,0175 ab	89.826 a	4.1041 a
T3	103,586 a	2,4319 a	76.437 ab	3.4322 ab
T4	88,435 ab	2,0134 ab	70.034 ab	3.2130 ab
T5	80,764 ab	2,0057 ab	84.909 ab	3.8016 a

Média em cada coluna seguida de letras iguais não difere entre si ao nível de 0,05% pelo teste de Tukey

Tabela 5 - Valores de condutância estomática e transpiração para o segundo período de avaliação – 04/07/2008 a 11/09/2008

TRATAMENTO	9h		11h	
	gs (mmol.m ⁻² .s ⁻¹)	T (μg.cm ⁻² .s ⁻¹)	gs (mmol.m ⁻² .s ⁻¹)	T (μg.cm ⁻² .s ⁻¹)
T1	97.613 a	2.5748 a	81.33 a	3.479 a
T2	101.96 a	2.2121 a	72.848 ab	3.1512 ab
T3	91.389 a	2.2568 a	63.077 b	2.7971 b
T4	95.487 a	2.2078 a	72.467 ab	3.1847 ab
T5	95.88 a	2.2437 a	77.097 ab	3.1531 ab

Média em cada coluna seguida de letras iguais não difere entre si ao nível de 0,05% pelo teste de Tukey

4.3 Temperatura da folha

Os valores de temperatura da folha (T_f) estão apresentados na Tabela 6 para os dois períodos de avaliação (Figuras 10 e 11). No primeiro período, às 9h, não se obteve diferença significativa entre os tratamentos, já nas outras avaliações encontrou-se diferença significativa. As Figuras 10 e 11 mostram a evolução da T_f , T_{ar} e DPV no momento das avaliações, e é possível observar que a T_f segue o comportamento de T_{ar} e DPV. Em geral, a temperatura foliar está abaixo da do ar, ficando acima apenas quando sob condições de estresse, tal como observado em aceroleiras (Nogueira, 1997) e laranjeiras (Machado *et al.*, 1994). Nesse caso T_{ar} está abaixo de T_f , podendo ser um indicativo de estresse, mesmo as plantas estando irrigadas. Segundo Maggiotto (1996), a temperatura foliar é também associada ao baixo conteúdo de água no solo, ou simplesmente, à defasagem entre a absorção de água em relação à transpiração da cultura.

Bergonci et al. (1999) avaliando a diferença de temperatura dossel-ar como indicador de déficit hídrico em milho, verificaram uma diferença de temperatura de até 6°C entre o tratamento irrigado e o não irrigado. Folegatti et al. (1995) avaliaram a temperatura radiante do dossel na cultura do feijoeiro para diferentes lâminas de irrigação (21, 14,8, 7,1 e 0 mm). Os dados mostram que o déficit médio de evapotranspiração foi de 0, 4, 22 e 32%, para as lâminas de 21, 14,8, 7,1 e 0 mm, respectivamente.

É importante considerar que a variação do DPVar-folha, que tem um efeito significativo sobre a condutância é, principalmente, função da temperatura da folha. Em citros, a condutância estomática máxima ocorre ao redor de 30°C, enquanto que fotossíntese máxima ocorre entre 22°C e 25°C (Kriedemann, 1971; Hall et al., 1975; Khairi e Hall, 1976; Habermann, 1999). Portanto, para esse caso as temperaturas das folhas principalmente no período matutino se apresentaram em condições ótimas, enquanto no período da tarde, foram bastante próximas a temperatura máxima ideal, sendo um pouco superior, fazendo com que os valores de condutância estomática apresentassem menores valores em relação ao período da manhã, conforme discutido anteriormente (Tabelas 4 e 5).

Simões (2007) estudando diferentes sistemas de microaspersão em lima ácida ‘Tahiti’, mostrou que o tratamento com melhor distribuição de água no solo e maior taxa de absorção de água, foi o que apresentou menor temperatura foliar.

Tabela 6 – Valores de temperatura foliar

TRATAMENTO	TEMPERATURA FOLIAR (°C)			
	27/10/2007 – 30/11/2007		04/07/2008 – 11/09/2008	
	8h	14h	9h	11
T1	24.9762 a	31.1048 ab	24.0875 ab	30.0400 ab
T2	24.5952 a	31.2190 ab	22.0417 bc	30.1915 a
T3	24.8714 a	30.6524 b	24.1708 a	29.0100 ab
T4	24.6810 a	30.6333 b	21.5592 c	28.2800 b
T5	24.9190 a	31.3952 a	24.6333 a	30.1150 ab

Média em cada coluna seguida de letras iguais não difere entre si ao nível de 0,05% pelo teste de Tukey.

Figura 10 - Temperatura da folha, temperatura do ar e déficit de pressão de vapor para o 1º período e avaliação; a) 8h; b) 14h

Figura 11 – Temperatura da folha, temperatura do ar e déficit de pressão de vapor para o 2º período de avaliação; a) 9h; b) 11h

4.4 Potencial de água na folha (Ψ_f)

Os dados de Ψ_f coletados às 7h30min estão apresentados na Tabela 7. Em ambos os períodos de avaliação os tratamentos T4 e T5 apresentaram diferença significativa dos demais tratamentos, exceto do T2 no segundo período, em que T4 e T5 apresentaram valores de 0,79 e 0,80 MPa respectivamente, contra 1,08 MPa do T1 e 0,98 MPa do T3. Simões (2002) em um estudo de sistema de microaspersão em citros obteve também diferença significativa entre o tratamento de melhor distribuição de água no solo em relação aos demais às 8h.

Silva (2005) estudando o esgotamento de água no solo nas respostas fisiológicas de lima ácida 'Tahiti' mostrou que com 40% de água disponível ocorreu um queda significativa da transpiração, condutância estomática e assimilação de CO₂ e também uma queda no potencial hídrico da folha, que no momento apresentou -0,62 MPa ao amanhecer, e chegou a -0,9 MPa quando o esgotamento atingiu 20% de água disponível. Cruz et al. (2006), comparando o potencial de água nas folhas entre laranja 'Poncã', laranja 'Serra d'água' e lima ácida 'Tahiti', entre abril e setembro, mostraram que o comportamento foi diferenciado entre as plantas estudadas, sendo que a lima ácida 'Tahiti' apresentou sempre maiores valores de potencial hídrico da folha, e que variou de -0,4 MPa a - 0,8 MPa.

Medina et al. (1999), trocas gasosas em laranja 'Valência' sob deficiência hídrica, constatou que com o potencial de água na folha de -2,0 e -2,5 MPa, a taxa fotossintética foi nula. Para melhor interpretação dos resultados Cleary e Zaerr (1992) citam que valores de até -0,8 MPa são ideais para o crescimento, enquanto -0,9 a -1,2 MPa o estresse limita alguns processos de crescimento, e que valores entre -1,3 e -2MPa, ocorre fechamento acentuado dos estômatos e redução da fotossíntese, sendo que a maioria das culturas sofre estresse e reduz a produção.

Portanto, os valores obtidos de potencial de água na folha, mostraram que os tratamentos T4 e T5 apresentaram melhores condições hídricas, podendo isso estar relacionado a maior área molhada.

Tabela 7 – Potencial de água na folha medido às 7h:30min

TRATAMENTO	POTENCIAL DE ÁGUA NA FOLHA (MPa)	
	27/10/2007 a 30/11/2007	04/07/2008 a 11/09/2008
T1	-1.12806 a	-1.08222 a
T2	-1.02389 b	-0.95222 ab
T3	-1.13000 a	-0.98194 a
T4	-0.89333 c	-0.78972 b
T5	-0.86417 c	-0.79806 b

Média em cada coluna seguida de letras iguais não difere entre si ao nível de 0,05% pelo teste de Tukey.

4.5 Clorofila

A Tabela 8 mostra os teores de clorofila *a* e *b* nas faces norte e sul das plantas. T1 apresentou menores valores em todas as avaliações, diferenciando significativamente dos demais tratamentos, exceto no teor de clorofila *a* na face sul (Clf *a* S), onde se diferenciou apenas do T5. Entre os tratamentos irrigados apenas o T3 apresentou diferença significativa na face norte para o teor de clorofila *b* (Clf *b* N) e total (Clf *t* N), esse mesmo tratamento foi o que apresentou segundo potencial hídrico foliar menor no mesmo período de avaliação e na mesma orientação da planta.

Isso mostra que o estresse hídrico influencia no teor de clorofila da folha, reduzindo o valor em relação a plantas irrigadas. Alberter e Thornber (1976) estudando o efeito do estresse milho no teor de clorofila em folhas de milho mostraram que as irrigadas tiveram um aumento de 30% enquanto as plantas sem irrigação tiveram um decréscimo no teor em apenas oito dias. A degradação dos pigmentos clorofilianos está relacionada com a diminuição da síntese ou da degradação dos carotenóides, pois os carotenóides são pigmentos acessórios na absorção e transferência de energia radiante, e protetores da clorofila no processo de foto-oxidação. O estresse hídrico induz a degradação de β -caroteno e a redução na formação de zeaxantina, produzindo diminuição no teor de carotenóides, pigmentos aparentemente envolvidos na proteção contra a fotoinibição (PEREIRA et al., 2008)

A Figura 12 mostra a evolução dos teores de clorofila nas folhas, onde é possível observar que os menores valores de clorofila total ocorrem na face norte. Segundo Kramer e Kozlowski (1979) a clorofila é constantemente sintetizada e destruída (foto-oxidação) em presença de luz, mas sob intensidades luminosas muito altas a velocidade de decomposição é maior, sendo o equilíbrio estabelecido a uma concentração mais baixa. Por isto Boardman (1977) salienta que as folhas de sombra apresentam maior concentração de clorofila do que folhas de sol. Uma maior proporção relativa de clorofila *b* em plantas sombreadas é uma característica importante, pois possibilita a captação de energia de outros comprimentos de onda e transferência para uma molécula específica de clorofila *a*, que efetivamente toma parte das reações fotoquímicas da fotossíntese (Whatley e Whatley, 1982).

Nesse caso, a face sul do pomar é mais sombreada, o que pode explicar o maior teor de clorofila *b*, o que acaba influenciando no teor total de clorofila.

Tabela 8 – Teores de clorofila *a* e *b* na face norte e sul das plantas

TRATAMENTO	TEOR DE CLOROFILA					
	Clf <i>a</i> N	Clf <i>b</i> N	Clf <i>t</i> N	Clf <i>a</i> S	Clf <i>b</i> S	Clf <i>t</i> S
T1	35.86 b	12.78 c	48.64 c	39.30 b	30.26 b	69.57 b
T2	37.47 a	18.07 a	55.54 a	39.65 ab	34.71 a	74.36 a
T3	36.98 a	17.74 b	52.15 b	39.79 ab	34.84 a	74.64 a
T4	37.08 a	17.21 a	54.30 ab	39.54 ab	34.41 a	73.95 a
T5	37.58 a	17.74 a	55.33 a	40.61 a	35.61 a	76.23 a

Médias em cada coluna seguida de letras iguais não diferem entre si ao nível de 0,05% pelo teste de Tukey.

Figura 12 – Teores de clorofila *a*, *b* e total para as faces norte e sul das plantas

4.6 Produção e qualidade de frutos

A colheita foi feita no dia 29/04/2008, proveniente da florada ocorrida no dia 13/12/2007, totalizando 136 dias e 1.495,159 graus-dias, valor bastante próximo aos obtidos por Souza et al. (2004) e Silva et al. (2006), 1493 e 1512 graus-dias respectivamente. A precipitação total nos 136 dias foi 904 mm, valor bastante superior a ETc de 386,97 mm.

Na Tabela 9 estão apresentados os dados de produção e qualidade dos frutos para os cinco tratamentos. Observa-se nessa tabela que não houve diferença significativa em nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey. O coeficiente de variação da produtividade e do número de foi de 25,89% e 28,59%, respectivamente, valores bastante próximos ao encontrado por Silva (2005). O autor relaciona esse alto valor de CV inerente à própria variabilidade genética do pomar, uma vez que, foram escolhidas plantas de altura e volume de copa semelhante. Seria interessante aumentar o número de plantas por parcela para melhorar a confiabilidade dos dados obtidos.

O T1 que se esperava menor resultado de produção por não ser irrigado apresentou valor intermediário entre os tratamentos. Barboza Júnior (2007) estudando diferentes lâminas de irrigação na cultura de lima ácida 'Tahiti' obteve resultados semelhantes em relação às plantas não irrigadas, atribuindo a precipitação como fator que contribuiu para esses resultados.

Souza (2003) estudando diferentes áreas molhadas (PW) na cultura de lima ácida 'Tahiti' não encontrou diferença significativa na produção entre os tratamentos (15, 31 e 46% de PW), porém o maior valor absoluto de produção foi para PW de 46%. Bielorai (1995) encontrou maiores valores de produção de pomelo para duas linhas de gotejamento (área molhada de 50%) do que para apenas uma linha (área molhada de 30%), encontrando valores em 1976 de 104,4 kg e 126 kg.planta⁻¹, e em 1977, 117 e 133,2 kg.planta⁻¹, respectivamente.

Tabela 9 – Dados de produção e qualidade de frutos

Características	T1	T2	T3	T4	T5
Produtividade (kg.planta ⁻¹)	21,698 a	18,893 a	23,233 a	23,598 a	15,665 a
Número de frutos.planta ⁻¹	251,33 a	256,00 a	250,67 a	264,33 a	175,67 a
Peso de fruto (g)	870.23 a	795.30 a	769.03 a	942.67 a	982.40 a
Diâmetro médio do fruto (mm)	53,5 a	51,53 a	55,56 a	55,16 a	55,83 a
Suco (%)	57.04 a	52.85 ab	49.9 ab	50.9 ab	48.35 b
Sólidos Solúveis Totais (oBrix)	8,1 a	8,1 a	8,0 a	8,2 a	8,0 a
pH	2,48 a	2,57 a	2,34 a	2,37 a	2,47 a
Acidez total	6,03 a	5,82 a	5,97 a	5,95 a	5.73 a
Diâmetro da casca (mm)	2.55 a	2.77 a	2.31 a	2.41 a	2.33 a

Médias em cada linha seguida de letras iguais não diferem entre si ao nível de 0,05% pelo teste de Tukey.

Os parâmetros de qualidade de fruto também não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos para 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. Souza et al. (2003) não encontraram diferença significativa entre os tratamentos de diferentes PW, mas sim para a testemunha que produziu frutos com menor peso médio, menor espessura de casca e menor diâmetro. Silva (2006) et al. estudando déficit hídrico em diferentes períodos fenológicos de lima ácida ‘Tahiti’ não encontraram diferença físico-químicas entre os tratamentos.

O fato de a precipitação ter sido abundante durante o período de antese-colheita pode ter influenciado na produção e qualidade dos frutos de lima ácida ‘Tahiti’, não mostrando diferença estatística entre os tratamentos.

5 CONCLUSÃO

Valores de condutância estomática, transpiração e temperatura foliar não diferenciaram significativamente;

O potencial de água na folha foi menor para os tratamentos de maior área molhada (T4 e T5);

O tratamento não irrigado (T1) apresentou menores valores de clorofila nas folhas; Para todos os tratamentos, o teor de clorofila *b* foi menor na face norte;

Não houve diferença significativa para a produtividade e parâmetros de qualidade de frutos.

REFERÊNCIAS

- AIROLDI, R.P.S. **Análise do desempenho de gotejadores e da prevenção do entupimento em irrigação com água residuária**. 2003. 204 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.
- ALBERTE, R.S.; THORNBUR, J.P. water stress effects on the content and organization of chlorophyll in mesophyll and bundle sheath chloroplasts of maize. **Plant Physiology**, Rockville, v. 59, n.35, p.1-353,1977.
- ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, p 300, 1998. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56). Disponível em: <http://www.cals.arizona.edu/pubs/crops/az1151.pdf>> Acesso em 01 ago. 2006.
- ALVES JÚNIOR, J.; SILVA, C.R.; RIBEIRO, R.V.; SILVA, T.J.A.; FOLEGATTI, M.V. Crescimento de plantas jovens de limeira ácida tahiti sob lâminas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 170-178, 2005.
- ALVES JUNIOR, J.; LOURENÇÃO, M.S.; SILVA, T.J.A.; SILVA, C.R.; FOLEGATTI, M.V. Distribuição do sistema radicular de plantas jovens de lima ácida tahiti sob diferentes níveis de irrigação. **Irriga**, Botucatu, v. 9, n. 3, p. 270-281, 2004.
- ALVES JÚNIOR, J. **Necessidade hídrica e resposta da cultura da lima ácida ‘Tahiti’ a diferentes níveis de irrigação**. 2006. 100 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- ANGELOCCI, L.R. **Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera- Introdução ao tratamento biofísico**. v. 1. Piracicaba:Editora, 2002. p.272.
- BARBOZA, R.C.A. **Evapotranspiração da lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* Tan.) determinada por lisimetria de pesagem**. 2007. 63p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- BARROS, A.C. **Estudo da distribuição da solução do solo aplicado por gotejamento enterrado e superficial**. 2007. 61p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.
- BERGONCI, J. I.; BERGAMASCHI, H.; DILLENBURG, L.R.; SANTOS, A.O. Diferença de temperatura dossel-ar como indicador de déficit hídrico em milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 5-11, 1999.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8 ed. Viçosa:UFV, 2006. 625p.

BOARDMAN, N.K. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology**, California, n.28, p. 355-377, 1977.

BOTEON, M. Aspectos econômicos da comercialização de limão Tahiti. In: **Encontro do limão Tahiti, 4.**, Cordeirópolis, 2003. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/citros/aprelimao.pdf>. Acesso em 20 out. 2008.

BOTEON, M.; BRAGA, D.; PUPIN, F. Dados econômicos: mercados interno e externo. **VIII Encontro do Limão Tahiti**. Cordeirópolis, 2007. Disponível em: http://www.cepea.esalq.usp.br/citros/?id_page=447 Acesso em 20 out. 2008.

BOYER, J.S. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. **Plant Physiology**, Rockville, v.46, n.2, p.233-235, 1970.

BRAKKE, M.; ALLEN, Jr., L.H. Gas exchange of Citrus seedlings at different temperatures, vapor-pressure deficits, and soil watercontent. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, New York, n.120, p. 497-504, 1995.

BUCKS, D. A.; NAKAYAMA, F. S. **Trickle Irrigation for Crop Production: Design, Operation and Management**. Elsevier, Amsterdam, 1986.

CAMPECHE, L. F. S. M. **Construção, calibração e análise de funcionamento de lisímetro de pesagem para determinação da evapotranspiração da cultra da lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.)**. 2002. 62p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

CASTEL, J.R. BUJ, A. Response of Salestiana Orange to high frequency deficit irrigation. **Irrigation Science**, New :York, v.11, p.121-127, 1990.

CLEARY, B.; ZAERR, J. **Guidelines for measuring plant moisture stress with a pressure pump**. Corvalis: PMS Instruments, 1992.22p.

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, F.C.; ARAÚJO, E. C. E.; VASCONCELOS, L.F.L Distribuição de raízes de laranja 'Pêra' sob sequeiro e irrigação por microaspersão em solo arenoso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.5, p.603-611, 2002.

COELHO FILHO, M.A. **Variabilidade espacial aplicada ao manejo da irrigação por microaspersão em lima ácida 'TAHITI'**. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

COELHO, R.D. **Contribuições para irrigação pressurizada no Brasil**. 192 p. 2007. Texto sistematizado para (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

COELHO, Y.S. **Lima ácida ‘Tahiti’ para exportação**: aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993. p 35,

COLLINO, D.J.; DARDANELLI, J.L.; SERENO, R.; RACCA, R.W. Physiological responses of argentine peanut varieties to water stress. Light interception, radiation use efficiency and partitioning of assimilates. **Field Crop Research**, Amsterdam, v. 70, n. 3, p. 177-184, 2001.

COSTA, L.C.; MORISON, J.; DENNETT, M. Effects of water stress on photosynthesis, respiration and **growth of faba bean** (*Vicia Faba L.*) growing under field conditions. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 5, n. 1, p. 9-16, 1997.

CRUZ, M.C.M.; SIQUEIRA, D.L.; SALOMÃO, L.C.C.; CECON, P.R. Florescimento da tangerineira ‘Ponkan’ e da limeira ácida ‘Tahiti’ submetidas ao estresse hídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.28, n.3, p.360-364, 2006.

DAVIES, F.S.; ALBRIGO, L.G. **Citrus**. CAB International, 1994.

DONADIO, L.C.; FIGUEIREDO, J.O. de; PIO, R.M. **Variedades cítricas brasileiras**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 228 p.

ELFVING D.C.; KAUFMANN M. R. **Diurnal and seasonal effects of environment on plant water relations and fruit diameter of citrus**. Journal of the American Society for Horticultural Science, Geneva, v.97, p.566-570, 1972.

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo do que está por trás do que se vê. 3. ed. Passo Fundo: Editora Universidade de Passo Fundo, 2006. 751 p.

FNP CONSULTORIA & AGROINFORMATIVOS. **Agrianual 2007**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2003. 544 p.

FOLEGATTI, M. V. ; OLITTA, A F L ; COELHO, R D . Determinação da temperatura da copa com termômetro infra-vermelho da cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) irrigado com diferentes lâminas. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 19, 1990, **anais...** Piracicaba, 1990. p. 626-626.

FOLEGATTI, M.V. **Avaliação do desempenho de um “scheduler” na detecção do estresse hídrico em cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*, L.) irrigadas com diferentes lâminas**. 1988. 1880. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

GOMES, M. M. A.; **Relações hídricas, trocas gasosas e conteúdo de ácido abscísico e ácido 3-indol acético em laranjeiras 'Pêra' com clorose variegada dos citros**. 2001. 155p. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) – Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2001.

HOWELL, T. Drops of life in the History of Irrigation. **Irrigation Journal**, Cathedral City, v. 50, p. 8, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. Comparações das exportações brasileiras de frutas frescas 1º semestre de 2008. Disponível em: http://www.ibraf.org.br/estatisticas/Exportação/Comparativo_das_Exportações_Brasileiras_de_Frutas_frescas_2008-2007.pdf. Acesso em 15 out. 2008.

IRIGOYEN, A.I.; ANGELOCCI, L.R.; ROCHA, F.J.; FOLEGATTI, M.V. Determinação da condutância foliar à difusão de vapor de água e da densidade de fluxo de fótons fotossintéticos incidentes nas faces norte e sul da linha de plantio de pomar de lima ácida. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 15., 2008. São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2008. 5 p.

IRIGOYEN, A.I.; ANGELOCCI, L.R.; ROCHA, F.J.; FOLEGATTI, M.V. Relação da condutância estomática e da transpiração foliar de lima ácida irrigada com variáveis ambientais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 15., 2008. São Paulo, 2008. 5 p.

IRIGOYEN, A.I.; ANGELOCCI, L.R.; ROCHA, F.J.; FOLEGATTI, M.V. Variação horária da transpiração e da temperatura foliar nas fases norte e sul da linha de plantio de pomar de lima ácida. In: REUNIÓN ARGENTINA DE AGROMETEOROLOGÍA, 12., 2008. San Salvador de Jujuy. 2008. **Anais...** San Salvador de Jujuy, 2008. p. 223-224

IOWA. **Using degree days in an Integrated Pest Management Program**. Iowa State University – University Extension – Ames, Iowa, Pat-1296 Revisado Junho/1987. Disponível em: <<http://www.extension.iastate.edu/Publications/PM1296.pdf>>. Acesso em: 09 Aug.2008.

HABERMANN, G. **Trocas gasosas e relações hídricas em laranjeiras-doce (*Citrus sinensis* L. Osbeck cv. Pera) com clorose variegada dos citros (CVC)**. 1999. 79p. Dissertação (Mestrado na área de ...) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu, 1999.

HALL, A.E.; CAMACHO-B.; S.E. ;KAUFMANN, M.R. Regulation of water loss by citrus leaves. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 33, p.62, 1975.

KHAIRI, M.M.A. ; HALL, A.E. Temperature and humidity effects on net photosynthesis and transpiration of citrus. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v. 36, p. 29-34, 1976.

KRAMER, T. ; KOZLOWSKI, T. **Physiology of woody plants**. New York:Academic Press, 1979. 811p.

KRIEDEMANN, P.E. Photosynthesis and transpiration as a function of gaseous diffusive resistance in orange leaves. **Physiologia Plantarum**, Copenhagen, v.24, p. 218-225,1971.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Trad. de C.H.B.A. Prado. São Carlos: Rima, 2000. 531p.

MACHADO, C.C.; COELHO, R.D.; COELHO FILHO, M.A. adaptação radicular do porta-enxerto limão 'Cravo' à irrigação localizada. **LARANJA**, Cordeirópolis, v.22, n.1, p.215-229, 2001.

MACHADO E.C.; MEDINA C.L.; GOMES M.M.A.; HABERMANN G. Variação sazonal da fotossíntese, condutância estomática e potencial da água na folha de laranjeira 'valência'. **Scientia Agrícola, Piracicaba**,v.59, p.53-58, 2002.

MACHADO E.C.; SCHMIDT P.T.; MEDINA C.L.; RIBEIRO R.V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 40, p.1161-1170. 2005.

MACHADO E.C.; OLIVEIRA R.F.; RIBEIRO R.V.; MEDINA C.L.; STUCHI E.S.; MARIN F.R.; SILVA J.A.B.; SILVA S.R. Fluxo de seiva e fotossíntese em laranjeira 'Natal' com clorose variegada dos citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v. 41,p.911-918, 2006.

MACHADO E.C.; OLIVEIRA R.F.; RIBEIRO R.V.; MEDINA C.L.; STUCHI E.S.; PAVANI L.C. Deficiência hídrica agrava os sintomas fisiológicos da clorose variegada dos citros em laranjeira 'Natal'. **Bragantia**, Campinas,v. 66, p. 373-379, 2007.

MACHADO, E.C.; QUAGGIO, J.A.; LAGÔA, A.M.M.A.; TICELLI, M.; FURLANI, P.R. Trocas gasosas e relações hídricas em laranjeiras com clorose variegada dos citros. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**,Campinas, v.6, n.1, p.53-57, 1994.

MAGGIOTTO, S. R. **Estimativa da evapotranspiração de referência pelo uso da termometria ao infravermelho**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1996. 71p.

MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O. **Lima ácida Tahiti**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2003. p.13-30.

MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C; GOMES, M.M.A. Condutância estomática, transpiração fotossíntese em laranjeira 'valência' sob deficiência hídrica. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas,v 11, n 1, p 29-34, 1999.

MOTA, F.S. **Meteorologia Agrícola**. São Paulo: Livraria Nobel, 1989. 376 p.

NOBEL, P.S. **Physicochemical and environmental plant physiology**. San Diego: Academic Press, 1999. 540p.

NOGUEIRA, R.J.M.C. **Expressões fisiológicas da aceroleira (*Malpighia emarginata* DC.) em condições adversas**. 1997. 207p. Tese (Doutorado em Ecologia e Recursos Naturais). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 1997.

PEREIRA, B. W. F.; GRUBER, Y.B.G.; COELHO, R.D. Conteúdo relativo de água e comportamento dos pigmentos fotossintéticos em plantas de sorgo submetidas à deficiência hídrica. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA PROGRESSO DA CIÊNCIA ,60., 2008. Campinas, 2008. **Anais...** Campinas:SBPC, 2008.

RIBEIRO, R.V. **Variação sazonal da fotossíntese e relações hídricas de laranjeira 'Valência'**. 2006. 157p. PhD thesis. – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2006.

RIBEIRO, R. V. ; MACHADO, E. C. Some aspects of citrus ecophysiology in subtropical. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Pelotas, v. 19, p. 393-411, 2007.

SIMÕES, W. L. **Influência de diferentes sistemas de microaspersão na distribuição de água no solo e nas respostas morfofisiológicas do *Citrus latifolia* Tanaka sobre porta-enxerto *Citrus limonia* Osbeck**. 2007. 114 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

SILVA, C.R. **Evapotranspiração e desenvolvimento de limeira ácida 'tahiti' na ausência e presença de estresse hídrico**. 2005. 85p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SILVA, C.R.; FOLEGATTI, M.V. ; SILVA, T.J. ; ALVES JUNIOR, J. ; SOUZA, C.F. ; RIBEIRO, R.V. Water relations and phtotosynthesis as criteria for adequate irrigation management in Tahiti lime trees. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 5, p. 415-422, 2005.

SILVA, C.R.; ALVES JUNIOR, J.; SILVA, T.J.A.; FOLEGATTI, M.V.; CAMPECHE, L.F.S.M. Variação Sazonal na evapotranspiração de plantas jovens de lima ácida "Tahiti". **Irriga**, Botucatu, v. 11, p. 26-35, 2005.

SILVA, C.R. da ; ROCHA, F.J. ; ALVES JÚNIOR, J. ; SILVA, T. J. A. da ; FOLEGATTI, M.V.; MASCHIO, R. Respostas de limeira ácida 'Tahiti' a suspensão da irrigação em diferentes períodos fenológicos. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 27, p. 321-339, 2006.

SOUZA, C. F.; MATSURA, E.E. Distribuição da água no solo para o dimensionamento da irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 7-15 (2004)

SOUZA M. J. H. DE; RAMOS M.M.; SIQUEIRA D. L.; COSTA L. C.; LHAMAS A. J. M.; MANTOVANI E. C.; CECON P. R.; SALOMÃO L. C. C. Produção e qualidade dos frutos da limeira ácida 'Tahiti' submetida a diferentes porcentagens de área molhada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.7 n.2. p 245-250, 2003.

SOUZA, M.J.H.; RAMOS M.M.; SIQUEIRA D. L.; COSTA L. C.; LHAMAS A. J. M.; MANTOVANI E. C.; CECON P. R.; SALOMÃO L. C. C. Estresse hídrico e época de produção da lima ácida 'Tahiti'. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.8, n.1, p.31-38, 2004.

SOUZA, M. .H.; RAMOS M.M.; SIQUEIRA D. L.; COSTA L. C.; LHAMAS A. J. M.; MANTOVANI E. C.; CECON P. R.; SALOMÃO L. C. C. Absorção da radiação solar fotossinteticamente ativa pela limeira ácida 'Tahiti' sob diferentes condições de déficit hídrico. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 247-255, 2004.

SOUZA, M.J.H.; RAMOS M.M.; SIQUEIRA D. L.; COSTA L. C.; LHAMAS A. J. M.; MANTOVANI E. C.; CECON P. R.; SALOMÃO L. C. C.. Graus-dia e duração do subperíodo antese-colheita da lima ácida 'Tahiti' em condições de sequeiro e irrigada. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 35-43, 2005

SYVERTSEN, J.; LLOYD, J.J. Citrus. In: SCHAFFER, B. ;ANDERSON, P.C. (Ed.). **Handbook of environmental physiology of fruits crops**. Florida, CRC Press, 1994. p. 65-99.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004, p.449-484.

TEIXEIRA FILHO, A. J. **Fluxo de água em espécie de citros**. 2005. 322 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

WHATLEY, J.M.; WHATLEY, F.R. **A luz e a vida das plantas**. São Paulo: EPU-EDUSP, 1982. 101p. (temas de biologia, 30).

ZANINI, J.R.; PAVANI, L.C. **Irrigação em citros**. In: Anais do V Seminário internacional de citros – tratos culturais Fundação Cargill, p 517, 1998.

ZEIGER E.; FARQUHAR G. D.; COWAN I.R. **Stomatal function**. Stanford: Stanford University Press, 1987. 503p.

ZOCOLER, J. L. **Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação**. Disponível em: <http://www.agr.feis.unesp.br/curso5.htm>. Acesso em: 01 ago 2006.