

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

**Evapotranspiração da lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* Tan.)
determinada por lisimetria de pesagem**

Cícero Renê Almeida Barboza Júnior

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

Piracicaba
2007

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

Barboza Júnior, Cícero Renê Almeida
Evapotranspiração da lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.) determinada por lisimetria de pesagem / Cícero Renê Almeida Barboza Júnior. - - Piracicaba, 2007.
63 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.
Bibliografia.

1. Coeficiente de cultura 2. Evapotranspiração 3. Instrumento de medida 4. Irrigação localizada 5. Limão 6. Transpiração vegetal I. Título

CDD 634.334

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

Cícero Renê Almeida Barboza Júnior
Engenheiro Agrônomo

**Evapotranspiração da lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.)
determinada por lisimetria de pesagem**

Orientador:
Prof. Dr. MARCOS VINÍCIUS FOLEGATTI

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

Piracicaba
2007

A minha esposa Elane Glaisy S.
Barboza e minha filha Juliana S.
Barboza.

Dedico

Aos meus pais Cícero Renê A.
Barboza, Maria Luciene A. de S.
Barboza e meus irmãos Sarah
Thiciane, André Luiz e Pitágoras.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, saúde, pela família e por todos os momentos que me proporciona;

A minha esposa Elane Glaisy Silva Barboza por me acompanhar nessa conquista e a minha filha Juliana Silva Barboza, pelo sorriso e felicidade que me proporciona;

A meus pais, Cícero Renê A. Barboza e Maria Luciene Alves de S. Barboza, pelo apoio, incentivo, criação, fé e esforços para a formação moral e intelectual dos seus filhos, ofereço;

A meus irmãos, Sarah Thiciane, André Luiz, Pitágoras e que sempre acreditaram no meu potencial, dando força e carinho; Ao meu sobrinho, Ramon; Aos meus avós, Raimundo, Elizete e Maria minha homenagem;

Aos meus tios e primos, que sempre me apoiaram.

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, pela oportunidade de aperfeiçoar e adquirir novos conhecimentos;

Ao professor Dr. Marcos Vinícius Folegatti, pela orientação, confiança, apoio e incentivo;

Ao professor Dr. Luiz Fernando de S. Magno Campeche, pelo grande incentivo e apoio à realização deste mestrado;

Ao amigo e conselheiro Dr. Roberto Terumi Atarassi, pelo incentivo, apoio, paciência e momentos de reflexão;

Aos Professores do Departamento de Engenharia Rural e Ciências Exatas da ESALQ/USP pelos ensinamentos, amizade e a enorme contribuição para minha formação profissional;

Aos amigos de moradia Antonio Clarette Santiago Tavares e Pabblo Atahualpa de Aguiar Ribeiro, com quem aprendi muito, pela ótima convivência, auxílio nos trabalhos e muitos, muitos momentos de descontração, meus sinceros agradecimentos;

Aos amigos e colegas de curso Marco Rosa, Lílian, Sergio Weine, Sergio Tapparo, Robson Alexandro, Robson Armindo, Cláudio, Valfisio, Pedro, Allan, Dr. Marconi, Dr. Juan, Ronaldo, César, Tiago Garzela, Marcelo, José Carlos, Fábio Jordão, Adalberto, Fabiana, Jokastah, Dalva, Osvaldo, Priscylla, Rodrigo Otávio, Silvio Carlos,

Tales Miller, Elenilson e demais colegas pela ajuda, convivência harmoniosa e momentos de descontração;

As secretárias, Davilmar Aparecida Domingues Collevatti, Márcia Ganzella, Sandra Regina T. Silveira Mello, Vanda Macedo Zambello e em especial a Beatriz Regina Novaes pela dedicação e constante apoio;

Ao Grupo de Práticas em Irrigação e Drenagem - GPID, com quem sempre pude contar para a realização deste trabalho, nos momentos de avaliações;

A CAPES pela concessão de 14 meses bolsa de estudo e à FAPESP pela concessão de 10 meses de bolsa de estudo;

A bibliotecária Eliana Maria Garcia, pelo auxílio na correção das referências bibliográficas e formatação do texto;

A todos que colaboraram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

“O bom senso é a coisa mais bem distribuída do mundo: todos pensamos tê-lo em tal medida que até os mais difíceis de se contentar nas outras coisas, não costumam desejar mais bom senso do que têm”.

René Descartes (1596-1650)

“Daria tudo que sei, pela metade do que ignoro”.

René Descartes (1596-1650)

“O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é no dicionário.”

Albert Einstein (1879-1955)

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT	10
LISTA DE FIGURAS	11
LISTA DE TABELAS	13
LISTA DE TABELAS	13
1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Mercado mundial de citros	18
2.2 Necessidade hídrica e irrigação	19
2.3 Citros	22
2.3.1 Características gerais.....	22
2.3.2 Lima ácida ‘Tahiti’	23
2.4 Exigências edafoclimáticas	25
2.5 Manejo da irrigação	26
2.6 Evapotranspiração	28
2.7 Bulbo úmido	29
3 MATERIAL E MÉTODOS	31
3.1 Descrição da área experimental	31
3.2 Histórico da área	32
3.3 Sistema de irrigação	33
3.4 Evapotranspiração	34
3.5 Calibração e monitoramento de massa do lisímetro	35
3.6 Transpiração (T) e Coeficiente basal de transpiração (Kcb)	37
3.7 Evapotranspiração da cultura (ETc) e Coeficiente de cultivo (Kc).....	39
3.8 Lâminas de irrigação	40
3.9 Produtividade e qualidade de fruto	41
3.10 Monitoramento do potencial matricial	42
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1 Evapotranspiração da cultura (ETc) e Coeficiente de cultivo (Kc).....	43

4.2 Transpiração (T) e Coeficiente basal de transpiração da cultura (Kcb).....	46
4.3 Produtividade e qualidade de frutos	51
4.4 Monitoramento do potencial matricial	53
5 CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS.....	56

RESUMO

Evapotranspiração da lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.) determinada por lisimetria de pesagem

O Brasil é o maior produtor mundial de citros, com destaque para o estado de São Paulo, maior produtor nacional. Recentes estudos mostram que a área irrigada de citros no estado tem aumentado significativamente nos últimos anos. Porém, a falta de informações sobre o manejo eficiente da irrigação na cultura do citros é uma das principais dificuldades enfrentadas pelos produtores. Com o intuito de atender essa necessidade, este trabalho teve como objetivos determinar a evapotranspiração de uma planta adulta de limeira ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.) e o coeficiente de cultivo no período seco (outono – inverno) utilizando a técnica de lisimetria de pesagem. O coeficiente de cultivo ($K_c = ET_c/ET_o$) foi calculado considerando-se a contribuição independente da evaporação do solo e transpiração da planta, sendo substituído por dois coeficientes: K_e , um coeficiente de evaporação de água do solo e K_{cb} , um coeficiente basal de transpiração da cultura. Avaliar os aspectos produtivos e de qualidade de fruto, frente a diferentes níveis de irrigação, com o fornecimento crescente de 50 a 125 % da evapotranspiração da cultura. O experimento foi realizado na ESALQ/USP em Piracicaba - SP, em uma área irrigada por gotejamento, com plantas espaçadas de 7 x 4 m, sendo que cada planta foi atendida por 4 pontos de molhamento no solo distribuídos de forma equidistantes entre si. Foi realizado o monitoramento climático utilizando estação meteorológica automatizada e a obtenção da evapotranspiração da cultura por lisímetro de pesagem. Durante o período de estudo, K_c variou entre 0,82 a 1,18, e K_{cb} variou entre 0,86 a 1,05. Os resultados mostraram que a irrigação calculada pelo método do $K_{cb}+K_e$, tem um ajuste muito bom e representa com precisão o consumo de água pela planta. Os maiores consumos foram observados nos meses de maior temperatura média (abril e setembro). A reposição de 100 % da água evapotranspirada resultou em maior produtividade de frutos de limeira ácida 'Tahiti' em condições de campo. Quanto à qualidade de frutos, não houve diferença significativa entre os níveis de irrigação avaliados.

Palavras-chave: Irrigação localizada; Lisimetria de pesagem; Evapotranspiração da cultura; Coeficiente de cultivo; Coeficiente basal de transpiração

ABSTRACT

Evapotranspiration of lime acid "Tahiti" (*Citrus latifolia* Tan.) determined by a weighing lysimeter

Brazil is the largest world producer of citrus crop, with São Paulo state leading as the largest national producer. Recent studies show that irrigated areas of citrus in the state have been increasing significantly in the last few years. However, lack of information on irrigation management related to this crop is one of the main problems encountered by the farmers. In order to address the above problem, the objective of this work was to determine the evapotranspiration of acid lime adult plant variety 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.) and the crop coefficient during dry period (autumn - winter) using a weighing lysimeter technique. The crop coefficient ($K_c = E_{Tc}/E_{To}$) was calculated by considering the independent contribution of the evaporation of the soil and transpiration of the plant, being substituted by two coefficients: K_e , a soil water evaporation coefficient and K_{cb} , a basal crop coefficient. To evaluate the productive aspects as well as the fruit quality, different irrigation levels were applied in an increasing manner from 50 to 125 % of the crop evapotranspiration. The experiment was carried out at ESALQ / USP in Piracicaba - SP, in a drip irrigated area with plant spacing of 7 x 4 m. Each plant was supplied with four wetting equidistant emitters. The climatic data was obtained by the use of automated meteorological station and the crop evapotranspiration by the use of a weighing lysimeter. During the study period, K_c varied from 0.82 to 1.18, and K_{cb} varied from 0.86 to 1.05. The results showed that the irrigation amount calculated by the method of $K_{cb}+K_e$ had a very good water consumption precision by the plant. The highest consumptions were observed in the months of high average temperature (April and September). The reposition of 100 % of the evapotranspired water resulted in the highest fruit production of acid lime tree variety 'Tahiti' in field conditions. Irrigation levels had no significant effect at 0.05 level on the quality of the fruits.

Key words: Drip irrigation; Weighing lysimeter; Crop evapotranspiration; Crop coefficient; Basal coefficient of transpiration

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Área experimental. Vista lateral (a). Vista longitudinal (b).....	32
Figura 2 - Esquema de arranjo dos gotejadores em torno da planta com “anel auxiliar”.....	34
Figura 3 - Estação meteorológica automática e pomar ao fundo (a); Lisímetro de pesagem de 4 m de diâmetro contendo uma planta de limão Tahiti (b).....	35
Figura 4 - Regressão verificada com a adição e subtração dos pesos, massa (kg) e a milivoltagem, (mV) registrada pelo datalogger.....	36
Figura 5 - Curva de evaporação de água no solo, K_e , em um Nitossolo Vermelho, textura argilosa, em Piracicaba, São Paulo. d= Dias após chuva ou irrigação. Adaptado de Alves Jr. et al. (2007).....	39
Figura 6 - Área experimental. Imagem de satélite, adaptado de Google Earth, Europa Technologies 2007 (a). Croqui da área mostrando os distintos tratamentos (b).	41
Figura 7 - Temperatura média diária x consumo de água pela planta do lisímetro (a). Coeficiente de cultivo x déficit de pressão de vapor (b). Dados considerando somente dias sem chuva. * Termo significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.....	44
Figura 8 - Freqüência de chuva mensal e média do Coeficiente de evaporação de água no solo (K_e) não molhado pelos gotejadores	46
Figura 9 - Temperatura, radiação global e transpiração de uma planta adulta de lima ácida Tahiti.....	48

- Figura 10 - Volume de irrigação calculado pelos três métodos em comparação à ETo . Kc - Coeficiente de cultivo tradicional e ajustado (Kc_{aj}), como descrito por Keller e Karmelli (1975).
Coeficiente de transpiração da cultura (Kcb) 50
- Figura 11 - Tensão de água no solo do tratamento sem irrigação, dos tratamentos irrigados e dados de precipitação diária 54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Medidas fitométricas da planta cultivada no lisímetro e de plantas cultivadas na área.....	36
Tabela 2 - Médias mensais da estimativa diária da evapotranspiração de referência (ET_o) e da evapotranspiração da cultura (ET_c) de lima ácida 'Tahiti'	43
Tabela 3 - Transpiração e Coeficiente basal de transpiração de uma planta adulta de lima ácida Tahiti	47
Tabela 4 - Evapotranspiração de referência (ET_o), Coeficiente de cultivo tradicional (K_c) e ajustado ($K_{c_{aj}}$), Coeficiente de transpiração da cultura (K_{cb}) e estimativa do volume de água para irrigação por, K_c , $K_{c_{aj}}$ e K_{cb}	49
Tabela 5 - Produtividade e qualidade de fruto de lima ácida 'Tahiti' irrigada sob diferentes lâminas de irrigação. Plantas avaliadas estavam com 6 anos de idade (2007)	52

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de citros, produzindo cerca de 38 % do total mundial, e responsável por 60 % de todo suco concentrado exportado na safra 2005/2006 (FNP, 2007). Em 2006, o Brasil produziu aproximadamente 17,9 milhões de toneladas de citros (438 milhões de caixas de 40,8 kg), correspondendo a R\$ 3,9 bilhões.

Estima-se que 82,4 % da produção de citros do país está concentrada no Estado de São Paulo (FNP, 2007). Dados de 2004 mostram que há um total de 48,5 mil hectares de limão no Brasil, produzindo 986 mil toneladas, das quais cerca de 80 % do total produzido estão em São Paulo (FNP, 2007).

As perspectivas de aumento de produção com o uso e manejo adequado da irrigação, juntamente com melhores preços, que renegociados subiram 48 %, animam o produtor brasileiro. Também há previsão de aumento da exportação, já que a Flórida, um dos maiores produtores mundiais tem sofrido com os fenômenos climáticos. A safra 2006/2007 da Flórida pode finalizar com o menor volume colhido dos últimos 17 anos. Sua produção de frutos, oferta e estoque de suco, além do número de plantas novas caíram respectivamente 50, 26, 60 e 40 % para a safra 2006/2007 (BOTEOM; BRAGAS, 2007). Em contrapartida, no estado de São Paulo, o número de plantas teve um aumento de 28% e seus estoques de suco praticamente zeraram no mesmo período. (INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA, 2007).

A lima ácida 'Tahiti', (*Citrus latifolia* Tanaka), conhecida e consagrada entre os consumidores brasileiros como limão Tahiti, é uma das preciosidades da citricultura. É uma espécie americana de citros, pois sua origem é a Califórnia, Estados Unidos, onde surgiram a partir de sementes de limão introduzidas do Tahiti, por volta de 1870. Sua cultura se difundiu pelos países das três Américas, único continente onde o limão Tahiti é produzido comercialmente.

O limão 'Tahiti' é apreciado pelos produtores por formar plantas vigorosas, com copa arredondada e em especial pela ausência de espinhos. O consumidor, por sua vez, tem na lima ácida 'Tahiti' uma fruta rica em acidez, perfumada, de casca fina e sem sementes. A exploração comercial da lima ácida Tahiti, segundo se tem notícias, iniciou-se no estado de São Paulo a partir de 1940. A expansão das plantações se viabilizou

com o trabalho de melhoramento conduzido no IAC, que resultou na seleção de um clone nucelar vigoroso, produtivo e sadio, denominado Tahiti IAC-5 ou Peruano.

A produção de lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.) vem crescendo e ocupando lugar cada vez mais importante na citricultura brasileira, com sua exportação em ascensão, além do consumo no mercado interno. Trata-se de uma variedade que satisfaz plenamente as exigências do mercado consumidor, quanto à qualidade do suco, ao sabor, ao tamanho do fruto e à ausência de sementes (BARROS et al., 1991).

Profundas modificações no sistema de cultivo têm levado a irrigação a assumir um novo papel na citricultura. Anteriormente recomendada para aumento de produtividade, atualmente pode possibilitar a antecipação do florescimento e a manutenção da produtividade de pomares formados com porta-enxertos menos tolerantes ao déficit hídrico. O interesse do citricultor na técnica tem sido crescente.

No Estado de São Paulo o inverno é o período de escassez de chuvas, coincidindo com a fase de menor exigência hídrica das plantas devido à baixa taxa de evapotranspiração. Isso aliado ao uso predominante do porta-enxerto limoeiro 'Cravo', com sistema radicular bastante profundo, tem sido o motivo dos efeitos das secas não terem se manifestado com muita intensidade. Mesmo assim, nos poucos estudos que foram realizados, têm sido observados resultados econômicos favoráveis ao uso da irrigação com aumento de produção de 35 a 75 % (VIEIRA, 1988).

Apesar de apresentar uma precipitação pluviométrica anual suficiente para a manutenção e produção da cultura, no estado de São Paulo, é comum à ocorrência de períodos com déficit hídrico, como o ocorrido em agosto/setembro de 2007 propiciando quebras de produção. Em função disso, a opção pela técnica de irrigação é uma medida economicamente sustentável desde que feita de maneira criteriosa. No entanto, são escassos os trabalhos sobre o consumo hídrico destas plantas nas condições edafoclimáticas da região.

O conhecimento da evapotranspiração da cultura (ET_c) e do coeficiente de cultivo (K_c) é fundamental para se outorgar, dimensionar e manejar a irrigação de uma cultura, uma vez que estes valores variam conforme a disponibilidade energética do local, tipo de solo, variedade e idade da planta.

Diferentes técnicas têm sido testadas para se medir a evapotranspiração da cultura, como o método do balanço hídrico do solo proposto por Jensen (1974) apud Reichardt (1990). De maneira mais simplificada, Jackson et al. (1977) propuseram a medida da evapotranspiração baseada na diferença de temperatura da planta. No entanto, diversos autores reportam o uso de lisímetros de pesagem como ferramenta padrão em estudos de consumo de água das culturas, seja na determinação da evapotranspiração, como também na calibração de modelos agrometeorológicos de estimativa (HOWELL et al., 1991; SILVA et al., 1999; CAMPECHE, 2002)

Entretanto, a grande maioria das informações quanto ao consumo hídrico das plantas cítricas, utilizando-se lisímetros, provém de países de regime climático diferente do que ocorre no Brasil (BOMAN, 1994; CASTEL, 1994; YANG et al, 2003).

É de fundamental importância à obtenção de valores que possam ser utilizados para o dimensionamento e manejo de sistemas de irrigação em nosso país.

Assim, este estudo teve como objetivos:

- a) Determinar a evapotranspiração de uma planta adulta de limeira ácida 'Tahiti' e estimar o coeficiente de cultivo durante o período outono/inverno (período seco) usando a técnica da lisimetria de pesagem;
- b) Avaliar os aspectos produtivos e de qualidade de fruto de lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.), frente à níveis crescentes de irrigação, com o fornecimento de 0 a 125 % da necessidade hídrica da cultura.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No estado de São Paulo, maior produtor nacional de citros, até pouco tempo o interesse pelo citricultor em optar pela irrigação era pequeno, pois se conseguia a viabilidade econômica da cultura mesmo sob baixa produtividade (ZANINI; PAVANI, 1998). No entanto, com a queda nos preços e a utilização de porta-enxertos menos tolerantes ao déficit hídrico, a procura pela utilização da irrigação tornou-se crescente nos últimos anos, chegando, no estado de São Paulo a um total de 15 %. Concomitantemente, tem havido uma maior busca pela racionalização do recurso hídrico visando permitir a convivência dos usos múltiplos tornando-se, portanto, imprescindível o aumento da eficiência da irrigação.

A despeito da importância da irrigação suplementar para a maioria das culturas frutíferas no Brasil, os estudos de consumo de água em citros são ainda incipientes. Para a cultura da lima ácida “Tahiti”, tais estudos são escassos, mesmo sendo uma cultura com ciclo extremamente dependente do clima e da disponibilidade de água no ambiente. As informações sobre o consumo de água são fundamentais para o correto planejamento da irrigação, com vistas a um manejo correto e à economia de água.

A lima ácida “Tahiti” (*Citrus latifolia* Tan.) é, dentre as espécies cítricas, a de maior precocidade, apresentando, em geral uma produção significativa já a partir do terceiro ano, mas, só a partir do quinto em diante é que começa a expressar rendimentos econômicos.

No estado de São Paulo, essa cultura se adapta bem em quase todas as regiões, com exceção para aquelas onde a carência térmica limita o seu desenvolvimento. Do total, em torno de 50 mil ha colhidos de limão no Brasil, o estado de São Paulo detém cerca de 33 mil ha, produzindo 780 mil toneladas, aproximadamente 80% de um total de 986 mil toneladas produzidas nacionalmente (FNP, 2007).

A medida direta do consumo de água em pomares é difícil, principalmente quando se trata de árvores adultas de grande porte, como é o caso da lima ácida ‘Tahiti’, porém, com o uso da lisimetria de pesagem, apesar de ser uma técnica ainda um pouco onerosa, pode-se mensurar com precisão o consumo de uma planta adulta.

2.1 Mercado mundial de citros

Os maiores produtores mundiais de citros são Brasil e Estados Unidos, seguidos de China, que se consolida como o terceiro maior produtor mundial de laranja, deixando para trás a Espanha e o México (BOTEOM; BRAGA, 2007).

Brasil e Estados Unidos são competidores na indústria cítrica há mais de duas décadas. Nos anos 80, o Brasil firmou-se como o maior e mais competitivo produtor e exportador mundial, ampliando consideravelmente sua penetração no mercado norte-americano de concentrado de suco de laranja congelado. Os Estados Unidos responderam com altas tarifas aduaneiras, fixadas, conforme negociado na Rodada Uruguai, em 7,85 centavos de dólar por litro de suco reconstituído (equivalente a uma tarifa de 44,9 % *ad valorem*, considerados os preços de mercado nos primeiros sete meses de 2003) e 4,5 centavos de dólar por litro de suco não concentrado e não congelado (equivalente a uma tarifa de 15,8 % *ad valorem*) – que colocam o suco de laranja concentrado brasileiro em posição de desvantagem em relação à produção norte-americana. Nos anos 90, protegida pelo imposto de importação proibitivo e por ação antidumping contra o suco brasileiro (que chegou a fixar margem de 65 % para as empresas visadas), a produção de suco de laranja da Flórida cresceu. As importações do concentrado brasileiro caíram (DEINT, 2007).

O suco de limão concentrado brasileiro está sujeito a imposto de 7,9 centavos de dólar por litro. Este imposto correspondeu, ao longo de 2002, a uma tarifa “*ad valorem*” de 65 %, a qual, naturalmente, não permite o crescimento das importações do produto. Em 2002, o Brasil exportou apenas US\$ 102 mil de suco de limão para os Estados Unidos (NEVES, 2006).

Pesquisas mostraram evolução em diversos mercados, exceção feita à União Européia (maior importadora do suco brasileiro), que experimentou uma retração de 1,33% (932,7 mil t em 2004 e 920,3 mil t em 2005) e o Mercosul, com queda de 29,17% (de 2,4 mil t para 1,7 mil t em 2005), mas ainda pouco representativo como bloco importador diante de outros blocos ou regiões. O que se viu foram os demais mercados com evoluções significativas, a começar com o Tratado Norte-Americano de Livre Comércio (NAFTA - EUA, Canadá e México), que sob os efeitos dos furacões em 2004

e 2005 na Flórida evoluiu 32,95 %, passando de 151,9 mil t em 2004 para 201,8 mil t em 2005. Ásia com aumento de 25,33 %, de 142,5 mil t para 178,6 mil em 2005, e outros (Oceania, Europa Oriental etc), com aumento de 39,5% saltando de 68,1 mil t para 95,0 mil t em 2005. No total, acréscimo de 7,7 %, de 1,298 milhão de toneladas em 2004 para 1,397 milhão de toneladas em 2005 (NEVES, 2006).

Com o mercado em franca expansão, em resposta à demanda, o Brasil praticamente duplicou a área plantada em comparação a 1999 e gerou um volume disponível para exportação de mais 825 mil toneladas em 2003 (SECEX, 2004) apud Vitti, A (2006). Em breve, esse valor deverá ultrapassar 1 milhão de toneladas de frutas, caso os investimentos em produtividade, qualidade e área plantada continuem (VITTI et al., 2003) apud Vitti, A (2006)

2.2 Necessidade hídrica e irrigação

A irrigação de culturas cítricas no estado de São Paulo, uma das principais regiões produtoras do mundo, com uma área de aproximadamente 830 mil hectares, não é prática rotineira. Só uma pequena parte do total é irrigada (em torno de 15 %) (FNP, 2007). A adoção da irrigação se impõe caso se queira aumentar a produção dos pomares e a qualidade dos frutos, resultando em maior competitividade, já que as chuvas têm distribuição irregular propiciando a ocorrência de longos períodos de déficit hídrico no solo e conseqüentemente estresse hídrico às plantas, gerando grandes quebras de produção (VIEIRA, 1991). Mesmo assim, apresenta-se como um dos maiores produtores mundiais de limão, apesar da citricultura brasileira ainda só explorar metade do seu potencial.

Entretanto, a lucratividade do pomar está ligada à competência de se produzir os frutos na época da entre safra (setembro a dezembro) (ALVES JR., 2006).

O principal objetivo da irrigação é fornecer uma quantidade adequada de água às plantas para prevenir o estresse hídrico que pode afetar, tanto em quantidade como em qualidade, a produção da cultura. Quando não há irrigação, a principal fonte de água para as culturas é a chuva. A disponibilidade hídrica efetiva é resultado de uma interação complexa, parcialmente conhecida, que envolve as características físicas e

hídricas do solo, a capacidade de demanda e absorção de água da combinação copa-cavalo, no caso dos citros, e as características de intensidade e distribuição temporal da chuva.

Os bons resultados adquiridos com a irrigação sistemática dos citros, garantem excelentes retornos, que compensam amplamente os investimentos. Os aumentos de produção são da ordem de 30 a 75 %, variando com as condições da propriedade, do pomar, do manejo da irrigação e com a combinação copa-cavalo. Segundo dados levantados na Flórida, EUA, os incrementos de produção nos pomares irrigados em relação aos não irrigados são da ordem de 35 % para a variedade Hamlin, 29 % em Valência e 47 % em Pomelo Marsh Seedless. Em experiências realizadas em propriedade localizada em Leme-SP, os aumentos de produtividades foram: para a variedade Hamlin de 76,25 %; Natal de 67,22 % e para Valência de 80,50 %; em 5 anos de irrigação (VIEIRA, 1991).

Como qualquer espécie, o fator hídrico desempenha papel fundamental no crescimento, desenvolvimento e produção vegetal dos citros. O déficit hídrico afeta o desenvolvimento radicular (SHALHEVET; LEVY, 1990), promove a queda de folhas e frutos, com o aumento da concentração de sólidos solúveis e de acidez do suco e diminuição de narigina (CRUSE et al., 1982)

Vários estudos em todo o mundo têm procurado definir as necessidades hídricas para os citros. A evapotranspiração real da laranja tem apresentado valores de 3,2 a 4,7 mm dia⁻¹ durante todo o período de verão em regiões de clima temperado (VINK et al., 1971). Nos Estados Unidos, a evapotranspiração da cultura (*ETc*) anual varia de 900 a 1200 mm (ERIE et al., 1982), relatando-se valores de 1,5 mm dia⁻¹ no inverno (dezembro-janeiro) e 4,7 mm dia⁻¹ no verão (julho-agosto) para a laranja Navel (*Citrus sinensis* L.). A maioria das informações disponíveis sobre a necessidade de água pelo citros é de países de regime climático diferente do que ocorre no Brasil, ressaltando a importância de pesquisas locais para obtenção de dados mais precisos.

Barreto et al. (1976) analisaram tratamentos irrigados e não irrigados em 5 anos de produção de laranja natal sobre porta-enxerto laranja Caipira, para Latossolo Roxo, na região de Ribeirão Preto. Neste trabalho onde a cultura foi irrigada sempre que a tensão de água no solo atinja 1,5 bar na profundidade de 50 cm, foram observados

aumentos de produção da ordem de 70 % em peso, 56 % em número de frutos e de 9 % no peso médio dos frutos, em relação ao tratamento não irrigado. Em geral foram necessárias 4 irrigações por ano com um intervalo médio de 39 dias, sendo que o menor intervalo foi de 20 dias e o maior de 66 dias, devido às precipitações ocorridas.

Em um estudo realizado em Pratânia-SP, em uma área comercial de laranja Valência irrigada por microaspersão, a irrigação proporcionou um aumento de 11,3 % na produtividade (DUENHAS et al., 2000). Segundo Vieira (1988), mediante adequado suprimento de água às plantas cítricas, a irrigação pode aumentar o pegamento de flores e frutos e melhorar a qualidade de frutos. Já Souza et al. (2003) apud Silva, C. (2005) verificou o efeito positivo no aumento do tamanho final dos frutos em limeira ácida 'Tahiti' com irrigação.

No ano de 1999, cerca de 3.000 ha de irrigação localizada por gotejamento foram implantados nas tradicionais áreas do estado de São Paulo, irrigando uma fração reduzida do sistema radicular de pomares adultos, visando a um menor custo de instalação do sistema (1 linha de gotejadores por linha de planta); essa recomendação de irrigação em citros, baseada na experiência bem sucedida de israelenses em condição de deserto (área irrigada de 10 a 15 % da projeção da copa), ainda não foi adotada em larga escala nas tradicionais áreas citrícolas irrigadas: Espanha (Valência), Estados Unidos da América (Flórida) e África do Sul. Pomares irrigados por gotejamento ou por microaspersão, em geral, são menos sujeitos a problemas de *Phitophtora* que aqueles irrigados por aspersão convencional. Nos sistemas de irrigação localizada com o turno de rega é mais freqüente o solo permanece por mais tempo com umidade alta dificultando a frutificação do fungo (FEICHTENBERG, 1990).

A escolha do sistema de irrigação é muito importante, de acordo com Intrigliolo et al., (1992), quando se utilizar o sistema de irrigação por gotejamento, é importante se preocupar com a distribuição de água em torno da planta. Uma alternativa para instalação do sistema de irrigação é o uso de duas linhas laterais por fileira de plantas, e a distância da linha lateral da planta dependerá do tipo de bulbo úmido formado no solo, devendo a planta estar dentro do bulbo molhado. Outra opção seria distribuir os emissores em forma de semicírculo ou em círculo completo.

Segundo Ortolani et al. (1991), o crescimento vegetativo em um ano é influenciado pelo efeito residual do crescimento da estação anterior e, em plantas jovens, determina seu tamanho final e a futura capacidade de frutificação. Em plantas adultas, o vigor de crescimento determina a taxa de reposição dos ramos de frutificação.

Dessa maneira conclui-se que é altamente importante a irrigação nos pomares de citros, pois é do eficiente suprimento de água que depende a produtividade, a qualidade dos frutos e a produção nas épocas corretas e de maior retorno econômico, tornando a atividade viável e lucrativa (COLETTI, 2000).

2.3 Citros

2.3.1 Características gerais

Os citros procedem originariamente das zonas tropicais úmidas do sudeste da Ásia, porém a produção comercial em grande escala encontra-se nas zonas subtropicais sob irrigação. Além de serem produzidos para o consumo como fruta fresca e suco, os citros são cultivados também para a produção de óleo e ácido cítrico (DOORENBOS; KASSAM, 1979).

As espécies cítricas são de natureza perene. As que se cultivam mais comumente são: *Citrus auratifolia* (lima), *Citrus aurantium* (laranja amarga ou de Sevilha), *Citrus grandis* (pomelo), *Citrus limon* (limão), *Citrus medica* (cidra), *Citrus paradisi* (toronja), *Citrus reticulata* (mandarina, tangerina), *Citrus sinensis* (laranja comum) (DOORENBOS; KASSAM, 1979), e *Citrus latifolia* (limão Tahiti).

As plantas cítricas não são caducifólias, pois há uma contínua reposição de folhas, as quais podem permanecer na planta por mais de dois anos. São consideradas tipicamente mesofíticas, mas as folhas têm muitas características xeromórficas; são folhas rígidas, sem atividade estomática na parte adaxial, com uma camada de cera e o murchamento em folhas maduras só ocorre com potenciais de água considerados relativamente baixos. Em condições climáticas úmidas são capazes de altas transpirações, que limitam-se em atmosfera desfavorável, fechando os estômatos. Por

ter bom controle dos estômatos, o uso consuntivo não varia muito em condições de maior ou menor demanda evaporativa (SHALHEVET; LEVY, 1990).

Em geral, as plantas cítricas desenvolvem-se em regiões de clima subtropical, quando as baixas temperaturas no inverno induzem a uma dormência e a um período de diferenciação floral seguido de um intenso florescimento na primavera. A duração do período de florescimento é largamente dependente da temperatura. Sob condições de clima mais quente as flores se abrem dentro de poucos dias, resultando em um surto concentrado de flores abertas, queda e pegamento de frutos. Entretanto, sob condições de temperaturas amenas o período pode se estender, obtendo-se um florescimento difuso (SPIEGEL-ROY; GOLDSCHMIDT, 1996). O fator de maior influência, em condições tropicais, parece ser o estresse hídrico. Segundo Pire et al. (1993), o florescimento é influenciado naturalmente pela sucessiva ocorrência de período de chuva e seca. Na Itália, o estresse hídrico durante o verão é uma prática comum para indução floral na cultura do limão e uma vez ocorrido o florescimento é igualmente importante à manutenção de uma quantidade adequada de água disponível no solo (BARBERA, 1985 apud PIRE et al., 1993).

2.3.2 Lima ácida ‘Tahiti’

A lima ácida Tahiti, (*Citrus latifolia* Tanaka), conhecida e consagrada entre os consumidores brasileiros como limão Tahiti, é uma das preciosidades da citricultura. É uma espécie americana de citros, pois sua origem é a Califórnia, Estados Unidos, onde surgiram a partir de sementes de limão introduzidas do Tahiti, por volta de 1870. Sua cultura se difundiu pelos países das três Américas, único continente onde o limão Tahiti é produzido comercialmente.

A limeira ácida “Tahiti”, mais conhecida no Brasil como limão, tem sua classificação botânica descrita da seguinte maneira: ordem Geraniales, família Rutaceae, subfamília Aurantioideae, tribo Citreae, subtribo Citrineae, gênero *Citrus* e espécie *Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka. Dentro do grupo das limas ácidas, a Tahiti é caracterizada por frutos grandes e quase totalmente desprovidos de sementes (WEBER, 1943). Esta última característica se deve provavelmente a sua origem

genética, um híbrido triploide ($3n = 27$) segundo Bacchi (1940) do qual o pólen e os óvulos não são viáveis e, por esta razão os frutos são partenocápicos.

É uma planta de tamanho médio a grande, vigorosa, expansiva, curvada e quase sem espinhos. De origem tropical, o limão 'Tahiti' não é na verdade um limão verdadeiro, mas sim uma lima ácida, de folhagem densa, com folhas de tamanho médio, lanceoladas e com pecíolos alados. A floração ocorre durante quase todo ano, principalmente nos meses de setembro a outubro. Os frutos apresentam tamanho médio, ovais, oblongos ou levemente elípticos com a base usualmente arredondada. O suco, ácido, representa cerca de 50 % do peso do fruto, com teores médios de brix 9 %, acidez 6 %, relação SST/acidez de 1,5 e o teor de ácido ascórbico varia entre 20 e 40 mg 100 ml⁻¹ (PASSOS et al., 1977; FIGUEIREDO, 1986; MARCONDES, 1991).

A Lima ácida "Tahiti" é, dentre as espécies cítricas, a de maior precocidade, apresentando, em geral uma produção significativa já a partir do terceiro ano, mas, só a partir do quinto em diante é que começa a expressar rendimentos econômicos (FNP, 2003). No estado de São Paulo, essa cultura se adapta bem em quase todas as regiões, com exceção para aquelas onde a carência térmica limita o seu desenvolvimento (ORTOLANI et al., 1991)..

No Brasil, destaca-se como um dos frutos cítricos de maior importância comercial, estimando-se a área plantada em cerca de 48,5 mil ha. O estado de São Paulo é o primeiro produtor brasileiro, representado quase 80 % do total (FNP, 2007), com rendimentos de pomares comerciais que variam de acordo com a fase de produção: 8 a 15 kg com três anos de idade; 23 a 37 kg com quatro anos de idade; 64 a 86 kg com cinco anos; de 68 a 141 kg com seis anos. Aos 11 anos, a produtividade alcança 113 kg ou aproximadamente 400 mil frutos por hectare (COELHO, 1993).

Na Flórida, Estados Unidos, plantios experimentais apresentam rendimento na proporção de 9,1 a 13,6 kg por planta no terceiro ano após plantio; 27 a 40 kg no quarto ano; 59 a 81 kg no quinto ano e 90 a 113 kg por planta no sexto ano. Após este período, a produção por planta dependerá das distâncias de plantio. Plantas com 12 a 15 anos de idade produzem 317,8 kg de frutos por hectare. Desenvolve-se em forma de cerca viva e não produzem muitos frutos por planta em decorrência da competição por nutrientes e luminosidade (COELHO, 1993).

2.4 Exigências edafoclimáticas

O clima como condicionante do cultivo de citros interfere de forma decisiva em todas as etapas da cultura. Tem influência na adaptação das variedades; no comportamento fenológico, como na abertura floral; na curva de maturação; na taxa de crescimento; nas características físicas e químicas da fruta e, principalmente, no potencial de produção (ORTOLANI et al., 1991).

As plantas cítricas mantêm-se com folhas durante seu ciclo vegetativo e por essa razão transpiram o ano todo. Evidentemente que tal taxa de transpiração varia com os fatores climáticos como: temperatura do ar, umidade relativa, vento, etc., e com o estado de vegetação floral, tais taxas são elevadas, condicionando maior exigência hídrica da cultura. Em geral, na brotação, emissão de botões florais, frutificação e início de desenvolvimento dos frutos, é esperada maior demanda hídrica da planta cítrica; já no período que vai do início da maturação à colheita e a fase de semidormência, que sobrevêm à colheita, a demanda é menor (VIEIRA, 1991).

A limeira ácida 'Tahiti', como as demais plantas cítricas, adapta-se bem a diferentes tipos de solo, desde muito arenoso a relativamente argiloso. Os solos mais adequados são os leves, bem arejados, profundos e sem impedimentos. Para o estado de São Paulo, os índices de boa fertilidade dos solos são: teor de matéria orgânica entre 1,5 e 4 %, pH em torno de 5,0 e fósforo medido em resina entre 14 e 40 ppm, potássio entre 0,2 e 0,3 mg 100 ml⁻¹; cálcio entre 1,5 e 4,5 mg 100 ml⁻¹ e magnésio entre 0,5 e 1,5 mg 100 ml⁻¹ (GAYET, 1991).

Além das condições edafoclimáticas favoráveis, a concentração da citricultura no estado de São Paulo deve-se aos fatores culturais e bom suporte tecnológico agrícola e industrial (ORTOLANI et al., 1991).

Dentre os fatores climáticos, a temperatura é o de maior importância, não apenas pela influência que exerce sobre o desenvolvimento das plantas e qualidade dos frutos, mas também por impor limites à expansão da cultura. Como a maioria das espécies do Gênero Citrus, o limão Tahiti, sob temperaturas constantes, na faixa de 12 a 13°C, tem seu crescimento paralisado. Na faixa de 25 a 31°C, seu crescimento alcança a taxa

máxima, detendo-se, contudo, sob temperatura acima de 39°C. A temperatura condiciona também o amadurecimento dos frutos (ORTOLANI et al., 1991).

Segundo Machado et al. (2002) a taxa fotossintética varia ao longo do ano, havendo uma diminuição no sentido de janeiro a junho, possivelmente relacionadas à queda de temperatura noturna. Já durante o dia, também se verifica a ocorrência de uma depressão da taxa de assimilação associada ao aumento do déficit de pressão de vapor de água no ar, que é maior com o aumento da temperatura nas horas de maior radiação solar. Este efeito é mais pronunciado quanto menor for a quantidade de água no solo.

2.5 Manejo da irrigação

O manejo da irrigação envolve a tomada de decisão sobre quando irrigar e quanto de água aplicar. Para auxiliar na tomada de decisão mais apropriada, diferentes métodos foram desenvolvidos. Pode-se, portanto, programar a irrigação de um pomar usando-se um método ou uma combinação de dois ou mais métodos. Entre os métodos de manejo da irrigação disponíveis, os mais usados baseiam-se em turno de rega calculado; medidas do teor da água no solo; balanço hídrico diário na zona radicular e instrumentos de evaporação.

Marler e Davies (1990), manejando a irrigação com base no turno de rega, compararam o crescimento de plantas da variedade 'Hamlin' com 1 ano de idade usando fator de variação máxima permissível (f) de 0,20; 0,45 e 0,65 a 0,3 m de profundidade, através de medidas de umidade com uma sonda de nêutrons. O crescimento das raízes e da copa das plantas foi o mesmo quando utilizado f de 0,20 e 0,45 embora as plantas com 0,45 receberam menos irrigações e menos água do que a 0,20. As plantas irrigadas com f de 0,65 tiveram significativamente menos raízes e crescimento de ramos do que nos outros tratamentos.

O manejo da irrigação também pode ser realizado por medidas do teor ou estado energético da água no solo. Nesse caso, o momento da irrigação é determinado pelo estado atual da água do solo, por meio de sensores, quer para determinação do conteúdo de umidade quer para determinação da tensão de água do solo. De maneira

geral os potenciais matriciais para as culturas cítricas devem ser mantidos entre -15 e -30 kPa a 0,30 m de profundidade, apesar de existir recomendações para manutenção de valores entre -30 e -45 kPa. De maneira geral os valores adotados em irrigação localizada podem ser maiores que os adotados em aspersão (COELHO et al., 2004).

Smajstrla et al. (1985) avaliaram o crescimento de plantas de 'Valência' em formação na Flórida, irrigadas em função de diferentes tensões de água no solo. Verificaram que o crescimento do primeiro ano no campo foi maior a 20 kPa de tensão no solo comparativamente com 10 ou 40 kPa, mostrando que o crescimento ótimo da planta está relacionado com a manutenção de um nível adequado de umidade no solo, em que tanto o excesso quanto o déficit de umidade retardaram o crescimento da planta.

Para fins de manejo da irrigação de um pomar de plantas cítricas, o balanço entre evapotranspiração e chuvas pode ser usado.

A evapotranspiração da cultura é a soma do que o pomar perde na forma de evaporação da água no solo e transpiração das plantas. Portanto, de maneira simplista, a lâmina de água aplicada no pomar é baseada no balanço entre a evapotranspiração da cultura (mm dia^{-1}) e os totais de chuvas (mm dia^{-1}) para um período de secamento do solo entre duas irrigações. Na prática, a evapotranspiração da cultura (ET_c) é determinada indiretamente por metodologias com base nos elementos meteorológicos importantes para esse processo (temperatura, umidade relativa, radiação solar e velocidade de vento). A evapotranspiração de referência (ET_o) pode ser estimada também com o uso de evaporímetros, como o conhecido Tanque Classe A, a partir da lâmina d'água evaporada no tanque e de um fator de correção denominado Coeficiente do Tanque K_p . O K_p varia de acordo com a velocidade do vento, a exposição do tanque, a bordadura e a umidade relativa média do ar. (ALVES JR., 2006)

Na Flórida, Smajstrla e Koo (1984) estudando o efeito do manejo de irrigação baseado na reposição da água evaporada em 100, 50 e 25 % do Tanque classe "A" em laranjeira 'Valência' durante cinco anos, verificaram que a produtividade não foi afetada pela quantidade de água aplicada, indicando que todos os tratamentos foram eficientes na prevenção do estresse hídrico.

Torrecillas et al. (1993) trabalhando com plantas de limão na Espanha, submetidas a irrigações baseadas em 100 % da evapotranspiração da cultura (ET_c) ao longo do ano e irrigadas a 25 % da ET_c , excetuando-se durante o período de rápido desenvolvimento dos frutos (após o “june drop”) quando foi aplicado 100 % da ET_c , verificaram que o déficit hídrico não afetou a dinâmica de crescimento dos frutos e produtividade, indicando que um déficit controlado pode economizar água e melhorar a eficiência de uso da água. Este resultado foi ratificado por Domingo et al. (1996), durante quatro anos de experimento no mesmo local.

Castel (1994) estudando a resposta de plantas jovens de tangerina ‘Clementina’ irrigada por gotejamento a 50, 80, 110 e 140 % da evapotranspiração da cultura (ET_c) determinada via lisímetro de pesagem, verificou que a irrigação a 50 % produziu alto estresse hídrico, reduziu o crescimento da planta e diminuiu o número de frutos por planta. O crescimento ótimo foi obtido com irrigação de 110 % da ET_c .

No Brasil, Bertonha et al. (2004) avaliando níveis de irrigação (10, 15, 20 e 25 mm) complementar em laranjeira ‘Pêra’, irrigadas por gotejamento em condições de campo, encontraram que a produção, produtividade, peso médio dos frutos e a quantidade de sólido solúvel produzido por árvore apresentaram uma relação quadrática em função das lâminas aplicadas.

2.6 Evapotranspiração

As plantas cítricas transpiram durante o ano todo e, em geral, sua necessidade de água varia entre 900 e 1200 mm ano⁻¹, de acordo com os seguintes fatores: clima, espécie vegetal, combinação copa-porta-enxerto, idade da planta, limpeza do terreno e disponibilidade de água do solo (PIRES, 1992).

Castel (1997) na Espanha encontrou que a evapotranspiração anual de plantas jovens de ‘Clementina’ irrigadas por gotejamento foi de 290 e 397 mm em 1990 e 1991, que correspondeu aos valores de Coeficiente de Cultivo (K_c) de 0,25 e 0,31, respectivamente. Verificaram ainda que a evaporação do solo durante 1991 variou de 50 % a 30 % da Evapotranspiração de Referência (ET_o).

Os primeiros trabalhos com lisimetria em citros foram feitos por Green e Bruwer (1979), na África do Sul, na qual construíram com sucesso três lisímetros de pesagem, com uma área de 13,4m² e profundidade de 1,8m com uma massa de aproximadamente 50 t e uma precisão de 4 kg.

Yang et al. (2003) estudando a evapotranspiração de plantas de 'Murcote' com 8 anos de idade com lisimetria de pesagem, verificaram um comportamento sazonal da evapotranspiração, com uma taxa de 4,4 mm dia⁻¹ no verão e 0,6 mm dia⁻¹ no inverno. O *Kc* médio obtido foi de 0,91 a 0,75 durante o verão e inverno respectivamente. A evaporação do solo foi de 33 % da ETo durante o período de inverno e 11 % no verão e ainda, a máxima absorção de água pelas plantas ocorreu na camada de 0,3 a 0,6 m de profundidade no inverno e de 0 a 1,2 m no período do verão. Este comportamento sazonal também foi observado por Fares e Alva (1999), Silva, C. (2005) e Alves Jr. (2006).

2.7 Bulbo úmido

Vários autores relatam que um dos principais problemas da irrigação por gotejamento em pomares consiste em decidir o número de gotejadores, por planta ou por fileira de plantas, pois isso irá determinar o preço do sistema por unidade de área, e em muitos casos a própria produção e rentabilidade. Somente conhecendo as dimensões do bulbo molhado formado no solo em função da emissão de água, assim como o conhecimento das dimensões do sistema radicular da cultura a ser irrigada, para se definir o número de emissores por planta (ALVES JR., 2006).

Em testes realizados em laboratório e no campo, Bresler et al. (1971) chegaram à conclusão de que um aumento na taxa de vazão por gotejador resulta um aumento na extensão horizontal do bulbo e um decréscimo na extensão vertical, isto para um mesmo tipo de solo e um mesmo volume de água aplicado. Isso foi confirmado por Vermeiren e Jobling (1997) afirmando que para um mesmo tempo de irrigação, quanto maior for a vazão do emissor, maior é a extensão horizontal do bulbo.

Segundo Cohen e Goell (1984) a determinação de quantias mínimas de água de irrigação necessárias para atingir um ótimo desenvolvimento das árvores, rendimentos e

qualidade dos frutos é um problema para a citricultura. De acordo com Ribeiro (1993) a falta de um método no qual pode-se medir a umidade do solo economicamente e corretamente para a regularização da irrigação, é um dos maiores problemas enfrentados pelos produtores de citros no Brasil.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição da área experimental

O experimento foi conduzido na área experimental do Departamento de Engenharia Rural, na Fazenda Areão, da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo (ESALQ – USP), situada no município de Piracicaba-SP, nas seguintes coordenadas geográficas: 22° 41’ 58” de latitude Sul; 47° 38’ 42” de longitude Oeste e aproximadamente 511 metros de altitude.

O experimento foi conduzido durante o outono e inverno (de 01/04/2007 a 30/09/2007). A temperatura, a umidade relativa média e o total de precipitação durante a condução do experimento foram de 19,6°C, 72,5% e 336,8 mm.

Piracicaba possui clima do tipo Cwa no sistema Koppen, denominado subtropical úmido, e caracterizado por estiagem no inverno, temperatura média no mês mais frio de 18°C e 22°C no mês mais quente. A temperatura média anual é de 21,4°C e total de chuva de 1.257 mm.

O solo da área experimental é classificado como Nitossolo Vermelho (Embrapa, 1999), textura argilosa, com densidade média entre a superfície e 1 m de profundidade foi 1,3 kg dm⁻³ com 5 % de declividade média. Em análise de solo, foi determinada uma saturação por bases na camada de 0 a 0,6m de profundidade era de aproximadamente 64 % e pH médio de 5,2. A adubação da área foi feita seguindo recomendação de Raij et al (1992).

O estudo foi conduzido com plantas de lima ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka cv. IAC 5], enxertada em citrumelo ‘Swingle’ [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. × *Citrus paradisi* Macf.].

O pomar, instalado em uma área de aproximadamente 1,0 ha com plantas espaçadas de 4 x 7 m, havia sido implantado na primeira quinzena de Maio de 2001, totalizando 360 plantas por hectare (Figura 1).



Figura 1 - Área experimental. Vista lateral (a). Vista longitudinal (b)

3.2 Histórico da área

A cultura de lima ácida 'Tahiti' foi implantada na primeira quinzena de Maio de 2001, utilizando mudas com 4 meses de idade, com a finalidade de estudos de consumo hídrico

Para determinação da evapotranspiração da cultura foram utilizados 4 lisímetros de pesagem com diferentes diâmetros e profundidades, sendo 0,8 m x 0,6 m (lisímetro 1); 1,6 m x 0,7 m (lisímetro 2); 2,7 m x 0,8 m (lisímetro 3); 4,0 m x 1,3 m (lisímetro 4). Os lisímetros apresentam 0,52; 2,01; 5,72 e 12,56 m² respectivamente. A finalidade da implantação de quatro lisímetros de tamanhos diferentes foi determinar a evapotranspiração nos diversos estádios de desenvolvimento da cultura (CAMPECHE, 2002).

Em estudo conduzido por Campeche (2002), utilizaram-se apenas os resultados referentes aos lisímetros 1 e 2, que possuíam sensibilidade suficiente para registrar as pequenas taxas de *ET* na fase inicial da cultura, principalmente nos meses secos. Para os meses de agosto a dezembro de 2002, na fase inicial de cultivo, foram encontrados valores médios diários de *Kc* de 0,0137 (mudas recém implantadas), no final do período de inverno (período seco) e *Kc* de 0,0142 (mudas com até 6 meses de implantadas), para o período de verão. Valores pequenos de *Kc* encontrados são devidos ao pequeno

porte da planta, tendo uma pequena contribuição no consumo de água devido à transpiração.

Silva (2005) trabalhando com as plantas entre 24 e 33 meses de idade, com altura média de 2,58 (27 meses de idade) e grau de recobrimento do solo (GC) de 25 %, encontrou coeficientes de cultura (K_c) de 0,36 para o período de verão (período chuvoso) e 0,22 para o período de inverno (período seco). Os valores obtidos de K_c no trabalho citado, somente são válidos para uso em irrigação localizada, uma vez que na determinação da ET_c não foi considerada a evaporação do solo para a área correspondente a diferença entre a área útil da planta e área do lisímetro (28 m² e 5,72 m², respectivamente).

Alves Jr. (2006) conduzindo estudo durante um período de 3 anos (Agosto de 2002 a Maio de 2005) e utilizando metodologia para determinação de K_c , considerando a evaporação da água no solo, encontrou valores médios de K_c de 0,45 (plantas com 15 meses de idade); 0,56 (plantas com 27 meses de idade); 0,68 (plantas com 39 meses de idade), para o período de inverno (estação seca) e valores médios de K_c de 0,78 (plantas com 21 meses de idade); 0,93 (plantas com 33 meses de idade); 1,17 (plantas com 46 meses de idade), para o período de verão (estação chuvosa). Estes valores são condizentes, considerando que no período chuvoso, o consumo de água pela cultura é superior ao período seco, pois à contribuição da evaporação da água do solo é maior.

A escolha do melhor coeficiente de cultura para manejo da irrigação em citros irá depender da condição de solo, de clima e das práticas agrônômicas no pomar, idade, espaçamento da cultura etc..

3.3 Sistema de irrigação

O sistema de irrigação utilizado no pomar foi gotejamento, com emissores autocompensantes e vazão individual de 4 L h⁻¹ cada (Modelo PCJ, Netafim off-line). A uniformidade de distribuição de água do sistema foi 95 %. Foram utilizados quatro emissores por planta, os quais foram distribuídos de forma equidistantes entre si (Figura 2) e localizados a 0,5m do tronco. A vazão total do sistema foi 5.760 L h⁻¹. A umidade do

solo foi mantida entre $0,35$ e $0,40 \text{ m}^3.\text{m}^{-3}$, em turno de rega que variou de 1 a 4 dias para reposição da água evapotranspirada.

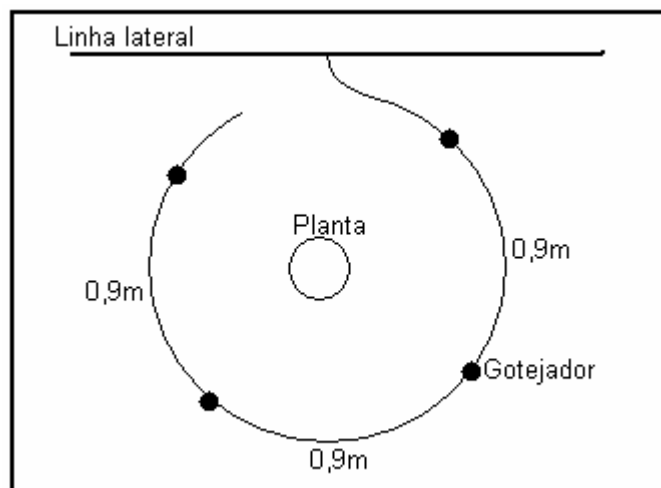


Figura 2 - Esquema de arranjo dos gotejadores em torno da planta com “anel auxiliar”

3.4 Evapotranspiração

Para determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c) foi utilizado um lisímetro de pesagem com 3 células de carga eletrônicas acopladas a um sistema automático de coleta de dados (datalogger CR23X da Campbell Scientific, Logan, Utah, EUA). O lisímetro localizava-se próximo ao centro da área experimental, contendo uma planta com características semelhantes e sob o mesmo sistema de manejo das plantas externas, com reposição de 100 % da água evapotranspirada pelo sistema. Apresentava as dimensões de 4,0 m de diâmetro e 1,3 m de profundidade com sensibilidade de 0,45kg, correspondendo a 0,036mm e exatidão de 0,1 mm (Figura 3b). Maiores detalhes sobre construção e calibração deste equipamento podem ser obtidos em Campeche (2002).

Na Figura 3a, pode ser vista a estação automática utilizada para determinação da evapotranspiração de referência e armazenamento de dados meteorológicos.



Figura 3 - Estação meteorológica automática e pomar ao fundo (a); Lisímetro de pesagem de 4 m de diâmetro contendo uma planta de limão Tahiti (b)

3.5 Calibração e monitoramento de massa do lisímetro

Inicialmente foi feita uma nova calibração do lisímetro com pesos padrões (1, 2, 3, 4, 5, 10, 15 e 20 kg). Resumidamente, o processo da calibração foi realizado à noite (18:00 - 21:00 h) a fim de evitar uma possível mudança de massa do sistema devido à evapotranspiração. Inicialmente, foi registrada a milivoltagem média do sistema, sem adição de pesos, teoricamente descarregado. Em intervalos de dois minutos foram adicionados os pesos em ordem crescente de massa. O primeiro minuto da medida foi descartado para análise, já que inclui as oscilações provocadas pelo acréscimo e decréscimo do peso. Em seguida foram retirados os pesos em intervalos também de dois minutos em ordem inversa à seqüência da sua adição.

Desta maneira, foi feita uma relação linear entre o somatório das saídas de sinal das três células de carga e a massa adicionada, em equivalente de quilograma de água (mV x kg). Pelos resultados obtidos (Figura 4) verifica-se uma excelente linearidade e baixa histerese com uma exatidão de 0,62 kg e sensibilidade para detecção de massa de 0,454 kg correspondendo a 0,036 mm.

A cada segundo era feito o monitoramento da massa do lisímetro por 3 células de carga eletrônica tipo “S” (Omegadyne, modelo LC 101 – 30k) com capacidade para aproximadamente 13.600 kg cada uma delas. A cada dez minutos era armazenada uma

média de leitura do lisímetro. Para manejo da irrigação, foram usados os valores coletados a meia noite, quando o elemento meteorológico vento era fraco ou nulo (vento $\leq 1,5 \text{ m.s}^{-1}$), os quais eram armazenados em um datalogger (CR23X).

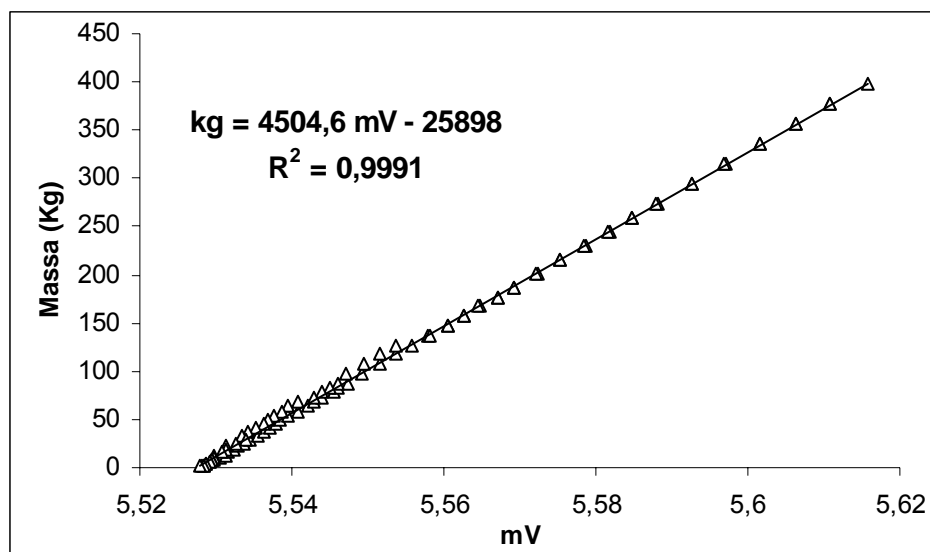


Figura 4 - Regressão verificada com a adição e subtração dos pesos, massa (kg) e a soma do sinal, (mV/V) registrada pelo datalogger

Para aferição de que o crescimento da planta do lisímetro era similar as demais plantas do pomar, foi realizada uma avaliação fitométrica no final do período de inverno (20/09/2007), consistindo de medidas da altura, perímetro do caule (0,05 m acima do ponto de enxertia) e diâmetro da copa da planta do lisímetro e em 10 plantas externas (Tabela 1).

Tabela 1 - 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

3.6 Transpiração (T) e Coeficiente basal de transpiração (Kcb)

Valores de variação de massa do lisímetro foram monitorados e armazenados diariamente. A Transpiração (T) e Coeficiente basal de transpiração (Kcb) foram estimados (Equações de 1 a 6) considerando a contribuição individual da evaporação de água do solo e transpiração da cultura pela substituição do coeficiente de cultivo (Kc) por dois coeficientes; um coeficiente de evaporação do solo K_e (Equação 1), e um coeficiente de transpiração da planta (Kcb) (Equação 2) (ALLEN et al., 1998).

$$K_e = \frac{E_v}{E_{T_o}} \quad (1)$$

Em que:

E_v = Evaporação de água no solo (mm),

E_{T_o} = Evapotranspiração de referência (mm);

A evapotranspiração de referência (E_{T_o}) foi estimada pelo modelo de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Durante o período de execução do experimento, os dados meteorológicos foram coletados por uma estação meteorológica automática (Campbell Scientific, Logan, USA) localizada cerca de 70 m distante do pomar.(Figura 3a).

$$K_{cb} = \frac{T}{E_{T_o}} \quad (2)$$

Em que:

T = transpiração (mm) (Equação 3).

$$T = \frac{[(M_{i-1} - M_i) - D + I + (P \times A_L)] - ES_L}{A_c} \quad (3)$$

Em que, M_{i-1} é a massa do lisímetro no dia anterior (kg); M_i é a massa do lisímetro atual (kg); D é a Drenagem (kg); P é a precipitação (mm); I é a irrigação (kg); A_c é área da copa (m^2) e ES_L é a água evaporada da superfície do solo (kg) dentro do lisímetro.

A transpiração foi obtida por diferença entre medidas de massas do lisímetro, deduzidas a drenagem, a evaporação do solo, somadas a irrigação e a precipitação e dividido pela área sombreada pela copa como descrito por Goodwin et al. (2006).

Foi estimada a evaporação de água no solo (ES_L) como segue:

$$ES_L = E_s + E_u \quad (4)$$

Em que, evaporação de água no solo dentro do lisímetro (ES_L), em litros, é o somatório de Evaporação de água no solo seco (E_s) e Evaporação de água no solo úmido (E_u).

A E_s e E_u foram estimadas como segue:

$$E_s = Ke_1 \times ETo \times A_s \quad (5)$$

$$E_u = Ke_2 \times ETo \times A_u \quad (6)$$

Em que, Ke é o coeficiente de evaporação de água no solo, estimada por uma curva de evaporação como uma função de dias após a chuva (Ke_1) ou irrigação (Ke_2), conforme descrito por Silva (2005), Alves Jr. (2006) e Alves Jr. et al. (2007) (Figura 4); ETo é a evapotranspiração de referência (mm); $A_u = 1,13 m^2$ é a área molhada, e $A_s = 11,43 m^2$ é área seca dentro do lisímetro.

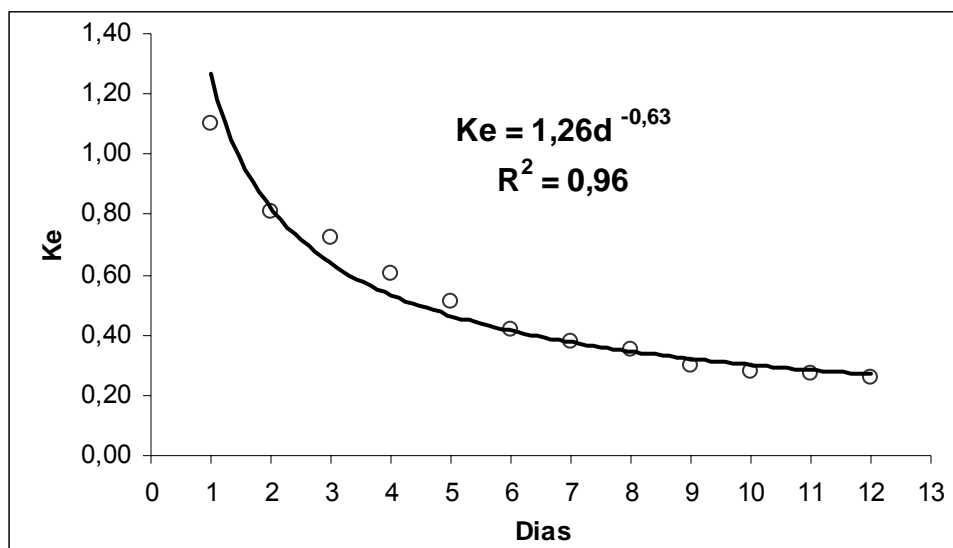


Figura 5 - Curva de evaporação de água no solo, K_e , em um Nitossolo Vermelho, textura argilosa, em Piracicaba, São Paulo. d = Dias após chuva ou irrigação. Adaptado de Alves Jr. et al. (2007)

3.7 Evapotranspiração da cultura (ET_c) e Coeficiente de cultivo (K_c)

A evapotranspiração da cultura (ET_c) foi estimada dividindo-se o total de água consumida pela planta (TAC) pela área total 28 m^2 ($7 \text{ m} \times 4 \text{ m}$) alocada para cada planta (Equação 7) e K_c pela relação ET_c/ET_o (ALLEN et al., 1998).

$$ET_c = \frac{TAC}{A_T} \quad (7)$$

Em que, ET_c é a evapotranspiração da cultura (mm); TAC é o consumo total de água da planta (L dia^{-1}) e A_T é a área alocada para cada planta (28 m^2).

TAC (L dia^{-1}) é o somatório da Transpiração (Equação 3), e da Evaporação do solo (Equação 4) ocorrida durante o mesmo período no lisímetro ($12,56 \text{ m}^2$) e adicionada a evaporação da água no solo da área externa ao lisímetro ($15,44 \text{ m}^2$)

complementar a área do lisímetro (12,56 m²), totalizando área alocada para cada planta de 28 m² (7m x 4 m), como segue.

$$TAC = (T \times A_C) + ES_L + (Ke_2 \times ET_o \times A_E) \quad (8)$$

O K_c foi calculado dividindo-se a evapotranspiração da cultura (Equação 7) pela evapotranspiração de referência estimada por Penman-Monteith, como segue.

$$K_c = \frac{ET_c}{ET_o} \quad (9)$$

Para efeito de comparação, foi calculado o K_c ajustado empiricamente como recomendado por Keller e Karmeli (1975). Os autores propuseram uma equação (Equação 10) que ajusta a taxa de uso da água para copas de baixa cobertura do solo.

$$K_{c_{AJ}} = \left(\frac{ET_c}{ET_o} \right) \times \left(\frac{GC}{0,85} \right) \quad (10)$$

Em que, GC é o grau de cobertura da área pela cultura. GC é a relação A_C/A_T (decimal). A_C é a área de cobertura da copa (m²) e A_T é área alocada para cada planta 28 m² (7 m x 4 m).

3.8 Lâminas de irrigação

Paralelamente ao estudo descrito acima foi conduzido um experimento referente à qualidade e produtividade de fruto em função de distintas lâminas de irrigação. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 5 tratamentos (níveis de irrigação) e 10 repetições (cada planta constituía uma parcela experimental). Foram escolhidas 50 plantas de tamanho equivalente e aleatorizadas dentro dos blocos de acordo com o tratamento (Figura 6b). Cada bloco continha duas repetições de cada

tratamento. Os tratamentos consistiram de reposição da ET_c com níveis descritos como segue: T1) sem irrigação, T2) reposição de 50% da ET_c , T3) reposição de 75 % da ET_c , T4) reposição de 100 % da ET_c e T5) reposição de 125 % da ET_c determinada por um lisímetro de pesagem. Os níveis de irrigação foram conseguidos utilizando-se diferentes números de gotejadores por planta. Em T2 (50 % ET_c) dois gotejadores foram usados, T3 (75 % ET_c) três gotejadores, T4 (100 % ET_c) quatro gotejadores e T5 (125 % ET_c) cinco gotejadores.

Os gotejadores em T2, T3 e T5 foram adaptados com divisores de descarga e microtubo (Way Multi - Outlet Dripper) para irrigar todos os tratamentos com 4 bulbos molhados. Desta forma, T2 (50 % ET_c) foi irrigado com 4 bulbos molhados de 2 L h⁻¹, T3 (75 % ET_c) com 2 bulbos molhados de 2 L h⁻¹ e 2 bulbos molhados de 4 L h⁻¹ e T4 (100 % ET_c) com 4 bulbos molhados de 4Lh⁻¹ T5 (125 % ET_c) com 4 bulbos molhados de 5 L h⁻¹, totalizando 8, 12, 16 e 20 L h⁻¹ planta⁻¹, em T2, T3, T4 e T5, respectivamente.

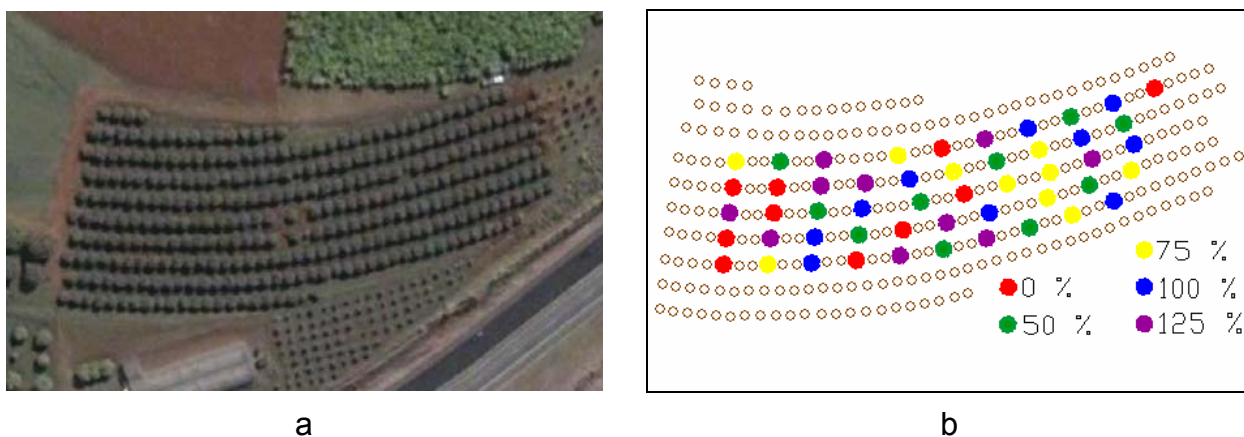


Figura 6 - Área experimental. Imagem de satélite, adaptado de Google Earth, Europa Technologies 2007 (a). Croqui da área mostrando os distintos tratamentos (b)

3.9 Produtividade e qualidade de fruto

Foi avaliada a produtividade das plantas pela medida de peso de frutos e número de frutos nos períodos do outono e inverno (1 de abril a 30 de setembro). A qualidade dos frutos foi avaliada pelas medidas de espessura da casca, diâmetro de fruto,

percentagem de suco (peso de suco total por peso total de fruto), sólidos solúveis totais, pH e acidez total. As colheitas foram feitas duas vezes durante o experimento (Junho, Setembro), aos 3 e 9 meses após o início do experimento, quando as plantas estavam com 71 e 77 meses de idade respectivamente.

Os frutos foram colhidos manualmente com base na coloração, usando o sistema brasileiro de classificação. As duas intensidades de coloração da casca utilizadas foram C3 e C4 (HORTIBRASIL, 2000). Após terem sido colhidos, era feita uma amostragem aleatória de 10 frutos por repetição para análises de qualidade de fruto. Os frutos foram lavados, acondicionados em sacos plásticos e mantidos em refrigerador a 10°C por 12 horas, após as quais, foram avaliados. As medidas de diâmetro equatorial de fruto, espessura da casca e percentagem de suco foram realizados como descrito por Bleinroth et al.(1976). Para o suco extraído, o total de sólidos solúveis (°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).

3.10 Monitoramento do potencial matricial

Para o monitoramento do potencial matricial (Ψ_m) foram instalados na área tensiômetros de punção. Instalaram-se dez conjuntos com 3 tensiômetros, em duas repetições por tratamento sendo cada um representante das camadas de 0 a 0,20; 0,20 a 0,40 e 0,40 a 0,60 m, respectivamente, em que, cada tratamento dispunha de duas baterias. Os dez conjuntos foram instalados próximos da planta (0,5 m) no sentido da linha da cultura. As leituras eram feitas três vezes por semana no período monitorado. Com as leituras dos dez conjuntos de tensiômetros obteve-se a média do potencial matricial para cada camada de solo nos respectivos tratamentos. As leituras foram feitas procurando manter sempre o mesmo horário, entre 7:30 e 8:30 h.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Evapotranspiração da cultura (ETc) e Coeficiente de cultivo (Kc)

A Tabela 2 expõe dados de Evapotranspiração de referência (ET_o) e de Evapotranspiração da cultura (ET_c) para o período estudado. Observa-se que os maiores valores de ET_o máxima foram registrados nos meses de abril e setembro, alcançando 4,72 e 5,63 mm respectivamente. Esta tendência decrescente de abril em direção ao mês de junho e posterior retomada de valores maiores, é provavelmente relacionada à queda de temperatura do ar e radiação solar no início do inverno.

Tabela 2 - Médias mensais da estimativa diária da evapotranspiração de referência (ET_o) e da evapotranspiração da cultura (ET_c) de lima ácida 'Tahiti'

Mês	ET_o^* (mm dia ⁻¹)				ET_c^* (mm dia ⁻¹)				Kc**
	Máx	Mín	Méd**	Desv Pad	Máx	Mín	Méd**	Desv Pad	
ABR	4,72	1,15	3,55	0,81	5,60	2,13	4,08	0,87	1,18
MAI	3,46	1,15	2,64	0,60	3,45	1,76	2,75	0,48	1,08
JUN	3,20	1,36	2,48	0,40	3,98	1,43	2,33	0,48	0,96
JUL	3,77	1,09	2,39	0,69	4,35	1,20	2,27	0,62	1,00
AGO	4,32	2,11	3,22	0,63	3,40	2,08	2,60	0,30	0,82
SET	5,63	2,45	3,99	0,68	5,11	1,30	3,33	0,64	0,84
Média	4,18	1,55	3,05	0,64	4,32	1,65	2,89	0,57	0,98

* dados referentes a dias sem chuva. ** médias diárias. Kc calculado conforme Eq 9

Para os valores de ET_c observa-se também uma tendência de menor consumo de água pela planta nos meses mais frios, indicando uma relação bastante estreita entre consumo de água, temperatura do ar (Figura 7a) e radiação solar.

A temperatura também determina variáveis climatológicas como a pressão de saturação de vapor no ar e influencia no déficit de pressão de vapor (DPV), o qual, por sua vez tem grande influência na regulação estomática de espécies cítricas e no seu consumo de água. Na Figura 7b pode-se observar a correlação entre Kc e DPV e verificar uma tendência de queda do Kc quanto maior seja o DPV.

De acordo com Syvertsen e Lloyd (1994) o fechamento dos estômatos ocorre durante o aumento do déficit de pressão de vapor folha-ar e representa uma adaptação evolutiva das espécies cítricas para conservar água.

Em estudo de variabilidade sazonal de variáveis meteorológicas, Irigoyen et al (2007) encontraram que a variação relativa do déficit de pressão de vapor apresentou-se como a principal condicionante das variações da condutância estomática na região de Piracicaba - SP.

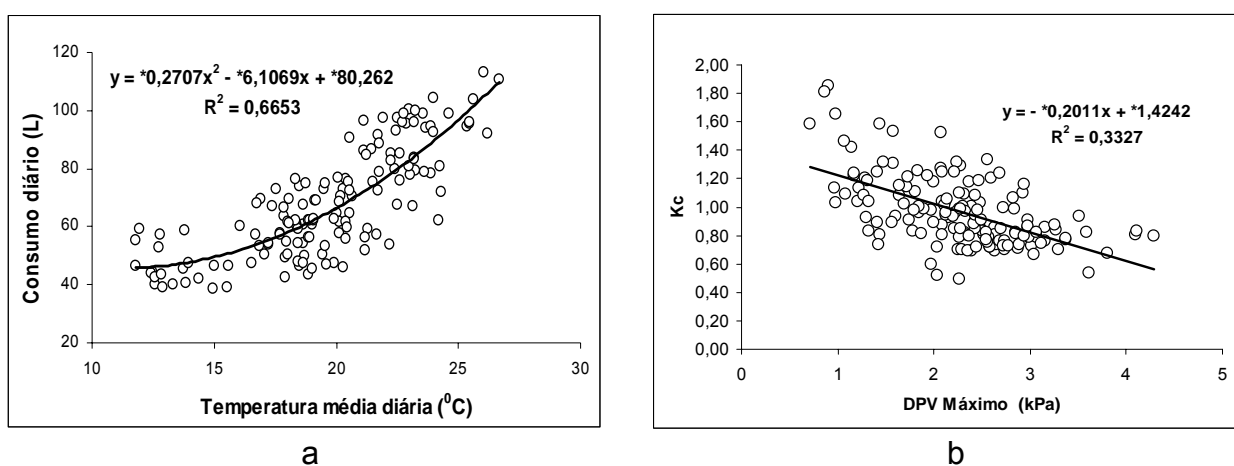


Figura 7 - Temperatura média diária x consumo de água pela planta do lisímetro (a). Coeficiente de cultivo x déficit de pressão de vapor (b). Dados considerando somente dias sem chuva. * Termo significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F

Yang et al. (2003) trabalhando com plantas de laranja 'Murcote' sob condições de estufa mostraram valores de ETc variando de $4,4 \text{ mm dia}^{-1}$ no verão a $0,6 \text{ mm dia}^{-1}$ no inverno, porém, relacionados com a área do lisímetro ($1,767 \text{ m}^2$). Em estudo semelhante, Castel (1997) utilizando um lisímetro de pesagem com plantas de laranja 'Clementina' encontraram que a evapotranspiração relacionada ao espaçamento de plantio ($23,1 \text{ m}^2$) variou de $0,7 \text{ mm dia}^{-1}$ no inverno a $1,8$ e $2,0 \text{ mm dia}^{-1}$ no verão. Esta tendência também foi observada por Silva (2005), trabalhando com plantas jovens de lima ácida 'Tahiti', com 8 % de grau de cobertura, em Piracicaba -SP, verificando que houve um padrão sazonal da evapotranspiração, tendo a média de ETc variando entre $1,5 \text{ mm dia}^{-1}$ no verão e $0,66 \text{ mm dia}^{-1}$ no inverno.

Os valores médios mensais de K_c para plantas adultas com grau de recobrimento médio de 70 % para o período de inverno (estação seca) variaram de 0,82 a 1,18; ficando na média em 0,98. Estes valores estão condizentes com valores apresentados por Alves Jr. (2006), que apresentou valores médios de coeficiente de cultura para a lima ácida Tahiti de 0,45; 0,56; 0,68 quando as plantas apresentavam grau de cobertura médio de 9, 20 e 35 % respectivamente, todos para o período do inverno. Já para o período de verão, o mesmo autor encontrou valores médios de K_c de 0,78; 0,93 e 1,18 quando as plantas apresentavam grau de cobertura médio de 15, 28 e 40 % respectivamente em Piracicaba-SP.

Vieira e Ribeiro (1993) estudando planta adulta lima ácida 'Tahiti' enxertada em limão 'cravo' em São Paulo apresentaram valores de K_c de 0,8. Isto provavelmente se deve as diferenças entre variedades, porta-enxerto, espaçamento, idade, solo e método de medida.

Boman (1994) relatou que os valores de K_c obtidos via lisimetria na Flórida, em plantas com 3-4 anos de idade ajustados para uma área de 28 m², foram de 0,19 durante o inverno e de 0,34 no verão.

Bertonha (1997) estimou K_c de 0,75 para plantas de laranja 'Pera' enxertada em limão 'Cravo' de 4 anos de idade, e K_c igual a 1,0 para laranja 'Baianinha' e 'Hamlin' enxertada em laranja 'Caipira' e limão 'Cravo', respectivamente.

Allen et al. (1998) no Boletim da FAO-56 recomendam valores de K_c para citros, entre 0,70 a 0,75 para diferentes estádios fenológicos quando o grau de cobertura é em torno de 70 % e a altura de plantas é no máximo 4 m, podendo chegar a valores de até 1,2 dependendo da freqüência e manejo da irrigação. Para as condições onde o experimento foi desenvolvido, esses valores corrigidos pela metodologia proposta no Boletim da FAO-56 pelas condições meteorológicas locais, variam de 0,66 a 0,74, ficando portanto subestimados para o período de menor demanda pelas plantas.

Dados de coeficiente de cultivo de limão, geralmente diferem do K_c de laranja provavelmente porque plantas de limão apresentam maior ET_c (cerca de 10 a 20 %) quando comparado a outros citros, porque estas apresentam crescimento e produção durante todo o ano, como descrito por Doorenbos e Pruitt (1977), Morton (1987) e Wright (2000) apud Alves Jr. (2006)

Considerando que em lavouras ácidas cultivadas em clima tropical não há uma predominância de um estágio fenológico ao longo do ano, podemos inferir que, em média, em torno de 30 a 50 % do volume de água aplicado pela irrigação no inverno pode ser reduzido quando comparado ao período do verão.

4.2 Transpiração (T) e Coeficiente basal de transpiração da cultura (Kcb)

Como descrito anteriormente, foi utilizada a curva de evaporação de água no solo (Figura 5) para auxiliar na estimativa da Transpiração da planta. O K_e , para o solo da área estudada, pode variar até no máximo 1,26 de acordo com a frequência de chuva de um determinado período. Na Figura 8 podem ser vistos os valores de K_e e de frequência de chuva para o período estudado.

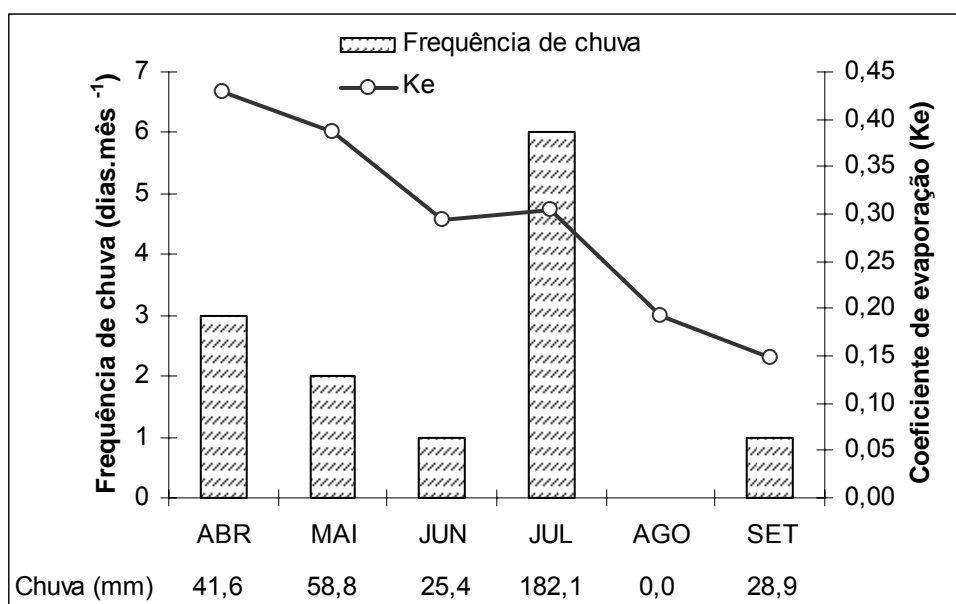


Figura 8 - Frequência de chuva mensal; média do Coeficiente de evaporação de água no solo (K_e) não molhado pelos gotejadores e precipitação (mm)

Como pode ser observado, o inverno é o período de menor incidência de chuvas na região, portanto, a contribuição da evaporação de água do solo na

Evapotranspiração da cultura foi bastante baixa, visto que o K_e mensal decresce potencialmente quão mais distante tenha havido a última chuva.

Por exemplo, quanto mais próximos os dias em que o evento chuva ocorre, maior é a frequência de molhamento do solo e conseqüentemente maior é o potencial evaporativo deste solo, elevando o valor médio de K_e mensal. Da mesma forma, o K_e referente à área molhada pelos gotejadores ($1,13 \text{ m}^2$) é bastante alto, variando de 0,95 a 1,24 no mesmo período, devido à alta frequência de irrigação.

Na Tabela 3 encontram-se os valores médios diários de transpiração (T) de uma planta adulta de lima ácida Tahití e o coeficiente basal de transpiração (K_{cb}) para o período de outono e inverno em Piracicaba-SP. Observa-se que a planta tem uma alta taxa transpiratória, mesmo nos meses cujas temperaturas são mais baixas a planta continua transpirando cerca de 55 litros por dia, oscilando entre 20 e 112 L dia^{-1} . Resultados relatados por Marin et al (2002) mostram valores de transpiração diária para planta adulta de 36 L dia^{-1} durante o inverno.

Tabela 3 – Transpiração e Coeficiente basal de transpiração (K_{cb}) de uma planta adulta de lima ácida Tahití

Mês	*Transpiração (L dia^{-1})				** K_{cb}
	Máx	Mín	Méd	Desv Pad	
ABR	112,39	42,39	70,02	13,89	1,05
MAI	62,43	25,27	46,76	9,96	0,96
JUN	88,68	23,03	42,64	14,82	0,90
JUL	110,41	20,18	42,92	18,32	0,96
AGO	73,20	34,61	52,57	9,05	0,86
SET	98,26	26,07	71,93	14,29	0,94
Média	90,89	28,59	54,47	13,39	0,95

* T calculada conforme equação 3. ** K_{cb} calculado conforme equação 2

As médias diárias de K_{cb} oscilaram entre 0,86 e 1,05 neste trabalho, para as condições climáticas locais, ficando acima dos valores recomendados por Allen et al. (1998) no Boletim da FAO-56, que indicam valores de K_{cb} para citros, entre 0,70 a 0,75 para diferentes estádios fenológicos quando o grau de cobertura é em torno de 70% e a altura de plantas é no máximo 4m. Fica evidenciado que estudos de K_c e K_{cb} para as

diversas regiões são necessários para a obtenção de valores condizentes com a realidade climática local.

Castel (1994) estudando planta jovem de 'Clementina de Nules' (*Citrus Clementina*, Hort ex Tan.) enxertada em Citrange Carrizo (*Citrus sinensis*, Osb.X *Poncirus trifoliata*, Raf.) cultivada em Valência-Espanha, encontrou que K_{cb} pode ser de 0,25 e 0,31. Boman (1994) na Flórida-EUA encontrou valor de K_{cb} de 0,26 para plantas jovens de citros. Enquanto que Alves Jr. (2006) e Alves Jr. et al. (2007) relatam valores de K_{cb} médios de 0,38; 0,69; 0,91 para plantas de lima ácida Tahiti nas mesmas condições do atual experimento, quando as plantas tinham idade de 15, 27 e 45 meses e grau de recobrimento do solo de 9, 21 e 40 % respectivamente.

A Figura 9 mostra a transpiração da planta relacionada às médias mensais das variáveis ambientais: temperatura, radiação global e déficit de pressão de vapor máximos diários. Como se pode observar há uma relação bastante significativa entre tais variáveis e o consumo de água pela planta.

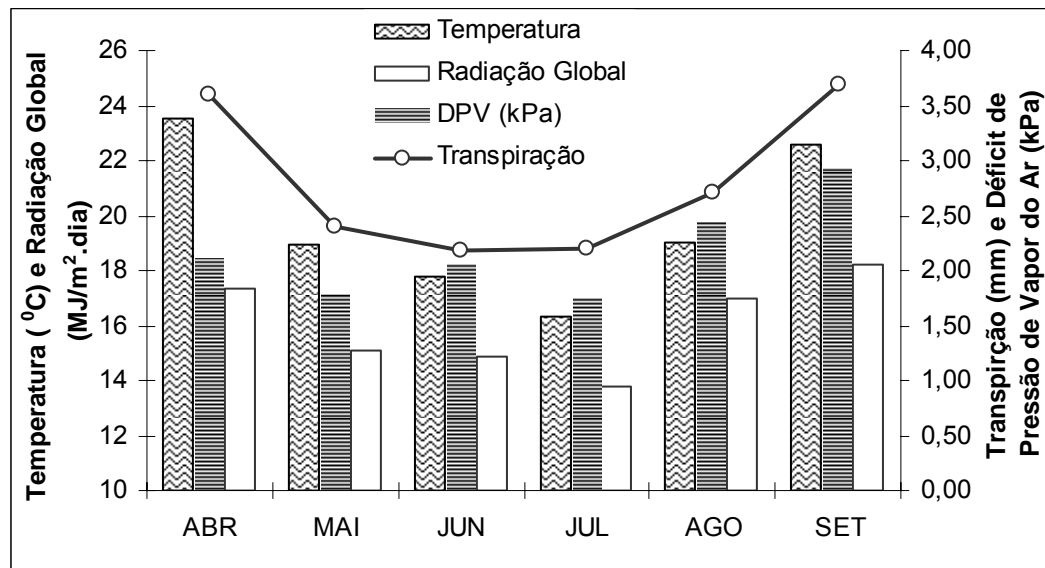


Figura 9 - Temperatura, radiação global e transpiração de uma planta adulta de lima ácida Tahiti

Angelocci et al. (2004) em experimento com lima ácida 'Tahiti' na região de Piracicaba na época de inverno, atribuíram a redução da transpiração da planta, principalmente a efeitos de temperatura do ar e aumento do déficit de pressão de vapor.

Em outro estudo, também na região de Piracicaba-SP, Zanchim et al. (2007) determinando condutância estomática e transpiração em lima ácida Tahiti, mostrou que a transpiração fica determinada principalmente pelo déficit de pressão de vapor entre a folha e o ar adjacente.

Na Tabela 4 estão expostos volumes de água calculados pelos diferentes métodos para plantas adultas podendo ser utilizados nas diversas regiões desde que utilizando ET_o e Ke_1 e 2 locais.

Tabela 4 - Evapotranspiração de referência (ET_o), Coeficiente de cultivo tradicional (Kc) e ajustado (Kc_{aj}), Coeficiente de transpiração da cultura (Kcb) e estimativa do volume de água para irrigação por, Kc , Kc_{aj} e Kcb

Mês	ET_o	Kc	Kc_{aj}	Kcb	Irrigação	Chuva	Volume da água para irrigação localizada (L.planta ⁻¹ .dia)		
							^a Ke_1	^b Ke_2	^c Kc
Abril	3,56	1,18	0,97	1,05	1,14	0,43	81,90	96,34	90,51
Mai	2,60	1,08	0,89	0,96	1,13	0,39	54,90	64,58	60,47
Junho	2,48	0,96	0,78	0,90	1,24	0,29	46,17	54,31	53,05
Julho	2,39	1,00	0,82	0,96	0,95	0,31	46,70	54,94	53,77
Agosto	3,22	0,82	0,67	0,86	0,99	0,19	51,69	60,81	62,97
Setembro	3,99	0,84	0,69	0,94	1,21	0,15	65,65	77,23	83,56
Média	3,04	0,98	0,80	0,95	1,11	0,29	57,83	68,03	67,39

^a - Coeficiente de evaporação do solo para a área molhada pela irrigação ($A_U=1,13 \text{ m}^2$), ^b - Coeficiente de evaporação do solo para a área seca ($A_T - A_C = A_S \rightarrow 8,53 \text{ m}^2$), ^c - Volume (V) calculado por $\rightarrow V = (Kc \times ET_o \times A_T)$; ^d - $V = (Kc_{aj} \times ET_o \times A_T)$; ^e - $V = [(Kcb \times ET_o \times A_C) + (Ke_1 \times ET_o \times A_U) + (Ke_2 \times ET_o \times A_S)]$; A_T é área total alocado para cada planta 28 m^2 ($7 \text{ m} \times 4 \text{ m}$); A_C é a área de cobertura da copa ($AC = 19,47 \text{ m}^2$); ET_o é a evapotranspiração de referência; Kc é o coeficiente de cultivo; Kcb é o coeficiente basal de transpiração; Kc_{aj} conforme equação 10.

O desvio padrão do erro das estimativas pelo método Kc_{aj} , superou em duas vezes o desvio das estimativas pelo método Kcb , comparados ao lisímetro de pesagem, ficando em 3,67 e 1,54 L, respectivamente, indicando que o Kcb pode ser usado para estimar o volume de água com precisão. O cálculo do volume de irrigação pelo método do Kc tradicional, subestimou de 11 a 22 % a irrigação necessária em comparação ao lisímetro de pesagem para o período estudado. Valores médios de irrigação pelos diferentes métodos em comparação à ET_o , podem ser melhor visualizados na Figura 10.

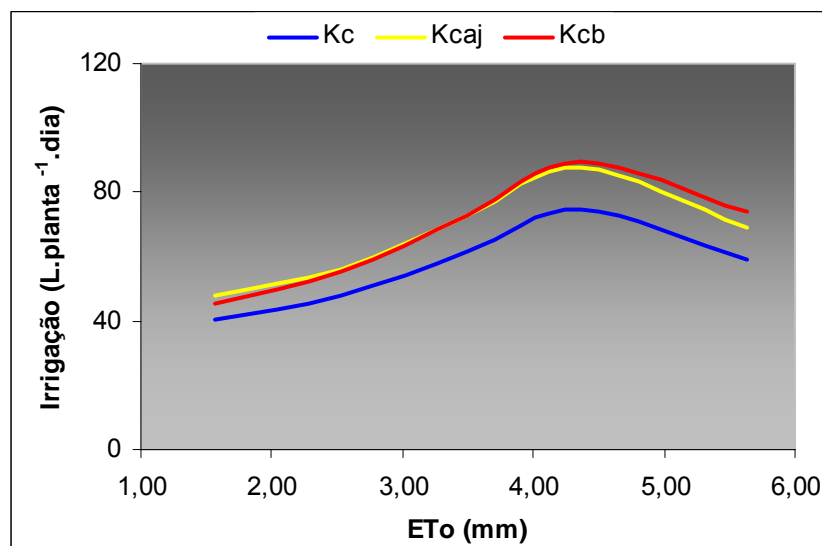


Figura 10 - Volume de irrigação calculado pelos três métodos em comparação à ETo. Coeficiente de cultivo tradicional (K_c) e ajustado (K_{caj}), como descrito por Keller e Karmelli (1975). Coeficiente de transpiração da cultura (K_{cb})

Alves Jr. et al. (2007) relatam volumes de água calculados por K_{cb} de 63 a 93 L.planta⁻¹.dia para plantas jovens de lima ácida Tahiti quando a área da copa era de 10 a 12 m² e grau de cobertura do solo de 38 a 42 %. Enquanto que Coelho et al. (2004) recomendam volumes de 10, 15, 25, 45 e 65 L.planta⁻¹.dia, durante o primeiro, segundo, terceiro, quarto e quinto ano, respectivamente.

Boman e Parsons (2002) estimou que, na Flórida, o requerimento de água de uma planta de laranja 'Valencia' de seis anos de idade foi cerca de 40 L dia⁻¹ (57 e 20 L dia⁻¹ no verão e inverno, respectivamente).

A escolha do melhor método para manejo da irrigação em citros irá depender da condição de solo, de clima e das práticas agrônômicas no pomar, idade, espaçamento da cultura etc..O produtor que dispuser de tecnologia suficiente para determinar a curva de secamento para o solo de sua região por meio de microlisímetros como descrito por Silva, T.(2005), deve optar pelo método do K_{cb} .

4.3 Produtividade e qualidade de frutos

Os resultados apresentados na Tabela 5 mostram que, para o período avaliado, não houve diferenças significativas ($P < 0.05$) de produtividade entre os tratamentos. A produtividade em T4 (100 % de *ETc*) e T1 (sem irrigação) foram maiores que em T5 (125 % da *ETc*), T2 (50 % da *ETc*) e T3 (75 % da *ETc*), nesta ordem. A produtividade em T2 (50 % de *ETc*) e T5 (125 % da *ETc*) foi intermediária. Embora T4 (13,65 kg planta⁻¹) não tenha diferido significativamente de T3 (8,51 kg planta⁻¹), esta foi a maior discrepância na produtividade, atingindo um valor 55% maior. Já para os tratamentos T1, T2 e T5 com relação ao T4, este superou os demais em 5 %, 27 % e 21 %, respectivamente.

Embora T1 não tenha recebido água via irrigação (recebeu 336,8mm de chuva de abril a setembro), este conseguiu superar três dos tratamentos irrigados, T2, T3 e T5, atingindo produtividade de 22 %, 48 % e 16 % superior, respectivamente. Um fator que pode ter contribuído para o resultado pode ter sido o total de 336,8 mm de chuva de abril a setembro, superando em 76,8 mm a média histórica.

Alves Jr. (2006) estudando produção de lima ácida 'Tahiti', verificou que plantas irrigadas tiveram de 30 a 40 % maior produtividade quando comparado com plantas não irrigadas.

Na Flórida, Smajstrla e Koo (1984) estudando o efeito do manejo de irrigação baseado na reposição da água evaporada em 100, 50 e 25 % do Tanque classe "A" em laranja 'Valência' durante cinco anos, verificaram que a produtividade não foi afetada pela quantidade de água aplicada, indicando que todos os tratamentos foram eficientes na prevenção do estresse hídrico.

Valores superiores de produção do tratamento não irrigado em detrimento de T2, T3 e T5 podem ter ocorrido devido ao ciclo produtivo bianual da cultura, no qual em um ano há uma produtividade relativamente baixa e um acúmulo de carboidratos no vegetal e no ano posterior, com a planta dispondo de grandes quantidades de reserva, há uma produção maior que a do ano imediatamente anterior. Além de terem ocorrido chuvas acima da média histórica na região para o período avaliado.

Segundo Ortolani et al. (1991), o crescimento vegetativo em um ano é influenciado pelo efeito residual do crescimento da estação anterior e, determina a futura capacidade de frutificação. Em plantas adultas, o vigor de crescimento determina a taxa capacidade de reposição dos ramos de frutificação

Para as variáveis teor de suco, diâmetro de fruto, espessura da casca, acidez titulável e pH não foram constatadas diferenças significativas ($P < 0.05$). Porém, para peso de fruto foi encontrada diferença significativa entre T1(não irrigado) e T2 (50 % da *ETc*), no qual ocorreu menor pegamento de frutos e os frutos remanescentes alcançaram maior peso individualmente.

Tabela 5 - Produtividade e qualidade de fruto de lima ácida 'Tahiti' irrigada sob diferentes lâminas de irrigação. Plantas avaliadas estavam com 6 anos de idade (2007)

Variáveis	Tratamentos*					Média	DMS	CV
	T1 Não Irrigado	T2 50% ETc	T3 75% ETc	T4 100% ETc	T5 125% ETc			
Produtividade** (Kg.planta ⁻¹)	12,59 a	10,35a	8,51a	13,65a	10,99a	11,22	6,08	42,99
Frutos (nº. planta ⁻¹)	152,8 a	119,7a	96,4 a	155,8a	125,6a	130,06	75,56	45,53
Peso de fruto (g)	96,1b	103,4a	99,0ab	100,9ab	98,4ab	99,56	6,18	4,87
Suco (%)	49,28 a	48,33a	49,68a	49,13a	49,87a	49,26	3,26	5,19
Diâmetro do fruto (mm)	58,59 a	59,08a	57,62a	59,22a	58,77a	58,66	3,19	4,27
Espessura da casca (mm)	2,97 a	3,03 a	2,90 a	2,99 a	2,95 a	2,97	0,36	9,42
Acidez Titulável (%)	5,99 a	5,85 a	5,83 a	5,89 a	5,76 a	5,86	0,24	3,26
pH	2,44 a	2,41 a	2,39 a	2,37 a	2,43 a	2,41	0,11	3,64
Sólidos solúveis totais (°Brix)	9,24 a	8,86 b	8,79 b	8,90 b	8,86 b	8,93	0,33	2,90

*: Média em cada linha seguida de mesma letra não difere estatisticamente entre si ao nível de 0,05 pelo teste de Tukey; **: Somente para o período outono-inverno; C.V. = Coeficiente de Variação; DMS = Diferença mínima significativa.

O teor de sólidos solúveis totais (TSS) diferiu estatisticamente entre o T1 e os demais tratamentos, aquele tendo alcançado valores maiores. Porém esta diferença significativa não diminui a qualidade do fruto, uma vez que os frutos de todos os tratamentos ficaram acima dos padrões comerciais de frutos tipo B (frutos tipo exportação), que segundo Gayet et al. (1995), deve estar entre 7 e 8 °Brix. O aumento do TSS no T1 indica, que, provavelmente, na fase de maturação do fruto, há um acúmulo maior de açúcares nas plantas que recebem menor quantidade de água.

Souza et al. (2003), estudando lima ácida Tahiti obteve valores significativamente menores de Teor de sólidos solúveis no tratamento com menor percentagem de área molhada, enquanto que Alves Jr. (2006) não encontrou diferença significativa no TSS de frutos em dois anos de estudos com limeiras ácidas Tahiti irrigadas e não irrigadas.

4.4 Monitoramento do potencial matricial

Na Figura 11 estão apresentados os dados médios de leitura de tensiômetros nas três profundidades monitoradas. Pode-se observar que o tratamento testemunha (0 %) foi o que apresentou os maiores valores de tensão, porém esses valores foram bastante influenciados pelas chuvas ocorridas durante o período avaliado, não permitindo que as plantas sem irrigação sofressem um alto grau de estresse hídrico, podendo este ser um dos fatores que mais influenciou na boa produtividade do mesmo.

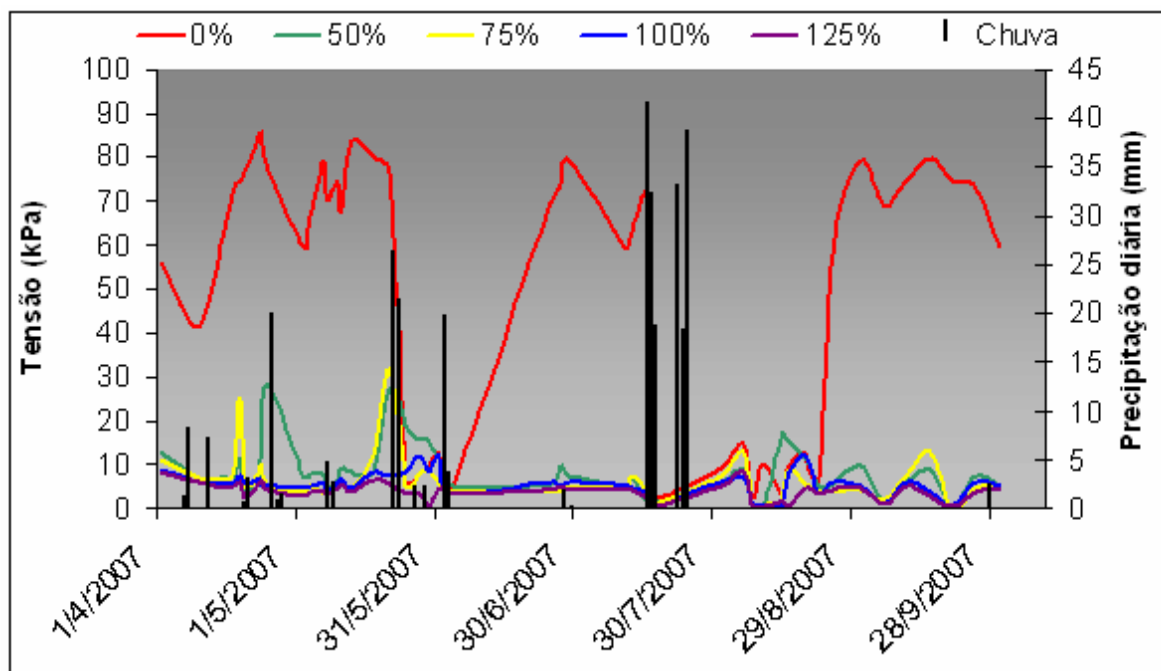


Figura 11 - Tensão de água no solo do tratamento sem irrigação, dos tratamentos irrigados e dados de precipitação diária

Pode-se observar que nos tratamentos irrigados as variações de tensão foram menores, não ultrapassando 30 kPa.

Vários trabalhos citando níveis de tensão crítica para citros são encontrados na literatura, como recomendação na determinação do momento das irrigações, como: 10 a 20 kPa (TAYLOR, 1965), 60 a 70 kPa (HILGEMAN, 1977), 90 kPa (COHEN, 1991), 10 a 35 kPa (BIELORAI et al.1982), 20 a 30 kPa (POGUE e POOLEY 1985), 50 a 70 kPa (SHALHEVET e LEVY, 1990).

Mesmo não havendo um consenso entre os autores, os valores de tensão no solo, verificados no atual experimento, vêm corroborar para os resultados de produtividade obtidos nos tratamentos, mostrando que todos os tratamentos irrigados foram eficazes na prevenção do estresse hídrico.

De maneira geral os potenciais matriciais para as culturas cítricas podem ser mantidos entre -15 e -30 kPa de 0,30 a 0,40 m de profundidade, apesar de existir muitas outras recomendações. Coelho et al. (2004) sugere que de maneira geral os valores adotados em irrigação localizada podem ser maiores que os adotados em aspersão.

5 CONCLUSÕES

A Evapotranspiração da cultura (ET_c) média para o período de outono/inverno foi de 2,89mm.

O Coeficiente de cultivo (K_c) médio foi de 0,98 para planta com seis anos de idade.

O Coeficiente Basal de Transpiração (K_{cb}) mostrou um bom ajuste para a estimativa de consumo de água pela lima ácida Tahiti.

Embora não significativo estatisticamente, a irrigação proporcionou aumento do tamanho final dos frutos.

O uso da irrigação afetou a produção total, sendo que o maior valor absoluto (13,65 kg por árvore) foi obtido com o tratamento de 100 % de reposição da ET_c .

REFERÊNCIAS

ALLEN, R.G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements**. of United Nations, Rome: FAO, 1998. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56). Disponível em: <<http://www.cals.arizona.edu/pubs/crops/az1151.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2007

ALVES JUNIOR, J. **Necessidade hídrica e resposta da cultura de 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.

ALVES JÚNIOR, J.; FOLEGATTI, M.V.; PARSONS, L.R.; BANDARANAYAKE, W.; SILVA, C.R. da; SILVA, T.J.A. da; CAMPECHE, L.F.S.M. Determination of the crop coefficient for grafted ‘Tahiti’ lime trees and soil evaporation coefficient of Rhodic Kandudalf clay soil in Sao Paulo, Brazil. **Irrigation Science**, Berlin, v. 25, p. 419–428, 2007

ANGELOCCI, L.R.; MARIN, F.R.; OLIVEIRA, R.F. de; RIGHI, E.Z. Transpiration, leaf diffusive conductance, and atmospheric water demand relationship in an irrigated acid lime orchard Braz. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 16, n. 1, p. 53-64, 2004

ASSOCIATION OF ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 2nd Ed. Washington, 1970. 1015 p.

BARRETO, G.B.; RODRIGUEZ, O.; REIS, A.J.; ARRUDA, F.B. **Irrigação de citros em latossolo roxo**. Campinas: IAC, 1976. 80 p. (IAC. Boletim Técnico, 35).

BARROS, S.A.; RODRIGUES, J.D.; RODRIGUES, S.D. Efeito do ácido giberélico e do uniconazole na fisiologia pós-colheita do limão ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* Tanaka). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 13, n. 3, p. 223-226, 1991.

BERTONHA, A. **Funções de resposta da laranja à aplicação de água e nitrogênio**. 1997. 62 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

BERTONHA, A.; GONÇALVES, A.C.A.; FREITAS, P.S.L. Resposta de laranjeira Pêra em níveis de irrigação. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 26, n. 2, p. 185-191, 2004.

BIELORAI, H. The effect of partial wetting of the root zone on yield and water use efficiently in a drip and sprinkler-irrigated mature grapefruit grove. **Irrigation Science**, Berlin, v. 3, n. 2, p. 89-100, 1982.

BLEINROTH, W.E.; HANSEN, H.A.; FERREIRA, V.L.P.; ANGELUCCI, E. Conservação de limões das variedades ‘Thaiti’ e ‘Siciliano’ pelo frio e com ácido giberélico. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 7, p. 343-370, 1976.

BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin: Springer Verlag, 1979. 189 p.

BOMAN, B.; PARSONS, L.R. Evapotranspiration. In: BOMAN, B. **Water and Florida citrus: use, regulation, irrigation systems and management**. Gainesville: University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, 2002. p. 163-174.

BOMAN, B.J. Evapotranspiration from young Florida flatwoods citrus trees. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, New York, v. 120, n. 1, p. 81-88, 1994.

BOTEOM, M.; BRAGA, D. Pós-furacões, Brasil confirma sua liderança mundial, mas é preciso redefinir o mecanismo de remuneração na citricultura paulista. **Revista Hortifrutibrasil**, Piracicaba, ano 6, n. 57, p. 6-15, 2007. Disponível em: <http://www.cepea.esalq.usp.br/hfbrasil/edicoes/57/full.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2007.

BRESLER, E.; HELLER, J.; DINER, N., BEN-ASHER I., BRANDT. A. Infiltration from a trickle Source: II Experimental data and theoretical predictions. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 35, n. 5, p. 683-689, 1971.

CAETANO, A.A.; FIGUEIREDO, J.O.; FRANCO, J.F. Uso de ethephon e óleo mineral para alterar a época de produção do limão 'Tahiti'. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 6., 1981, Recife. **Anais ...** Recife: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1981. v. 2, p. 723-731.

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

CASTEL, J.R. Response of young clementine citrus trees to drip irrigation. I. Irrigation amount and number of drippers. **Journal of Horticultural Science**, Kent, v. 69, n. 3, p. 481-489, 1994.

_____. Evapotranspiration of a drip-irrigated clementine citrus trees in a weighing lysimeter. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 449, p. 91-98, 1997.

CITRICULTURA BRASILEIRA. 2 Ed. Campinas, SP; **Fundação Cargill**, 923p., v.1, p. 151 - 195. 1991.

COELHO, E.F.; MAGALHAES, A.F.J.; COELHO FILHO, M.A. **Irrigação e fertirrigação em citros**. Cruz das Almas: Embrapa, CNPMF, 2004. 16 p. (Embrapa. CNPMF. Circular Técnica, 72).

COELHO, Y.S. **Lima ácida "Tahiti": aspectos da produção**. Brasília: EMBRAPA, SPI, 1993. 35 p. (Série Didática FRUPEX, 1).

COEN, Y. Determination of orchard water requirement by a combined trunk sap flow and meteorological approach. **Irrigation Science**, Berlin, v. 12, p. 93-98, 1991.

COHEN, A.; GOELL, A. Fruit development as an indicator of the irrigation needs of citrus trees. **Proceedings of the International Society of Citriculture**, Acireale, v. 1, p. 114-118, 1984.

COLETTI, C. **Caracterização da irrigação de uma cultura citrícola com a utilização do TDR**. 2000. 100 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

CRUSE, R.R.; WIEGAND, C.L.; SWANSON, W.A. A new method of sap flow rate determination in stress. **Biologia Plantarum**, Praha, v. 15, p. 171-178, 1982.

DEPARTAMENTO DE NEGOCIAÇÕES INTERNACIONAIS. **Identificação e sistematização das barreiras externas às exportações brasileiras**. Disponível em: <<http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/secex/bartecnicas/barnaotarifadas/eua.pdf>> Acesso em: 08 out. 2007.

DOMINGO, R.; RUIZ-SÁNCHEZ, M.C.; SÁNCHEZ-BLANCO, M.J. Water relations, growth and yield of fino lemon trees under regulated deficit irrigation. **Irrigation Science**, Berlin, v. 16, p. 115-123, 1996.

DOORENBOS, J.; KASSAN, A.H. **Yield response to water**. Rome: FAO, 1979. 179 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).

DUENHAS, L.H.; VILLAS BOAS, R.L.; SOUZA, C.M.P.; RAGOZO, C.R.A. Efeitos da Irrigação e do modo de Aplicação de Fertilizantes na produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus sinensis*) variedade 'Valência'. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 29., 2000, Fortaleza. **Anais ...** Fortaleza:UFC; SBEA, 2000. 1 CD-ROM.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Solos, 1999. 412 p.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. **Ganho expressivo com limão fora de época**. Disponível em: <<http://www.pesagro.com/pes4.htm#aplicada>>. Acesso em: 24 nov. 2006.

ERIE, E.J.; FRENCH, O.F.; HARRIS, K. **Consumptive use of water by major crops in the Southwestern United States**. Washington: USDA, 1982. 42 p. (Conservation Research Report, 29).

FARES, A.; ALVA, A. K. Estimation of citrus by soil water mass balance. **Soil Science Society American Proceeding**, Madison, v.164, n.5, p.302-310, 1999.

FEICHTENBERGER, E. Gomose de Phytophthora dos citrus. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 11, n. 1, p. 97-122, 1990.

FIGUEIREDO, J.O. Variedades-copa de citros. In: ENCONTRO PARANAENSE DE CITRICULTURA, 1., 1986, Londrina. **Anais ...** Londrina: Associação dos Engenheiros Agrônomos do Paraná, 1986. p. 59-78.

FNP CONSULTORIA & AGROINFORMATIVOS. **Agrianual 1998**: anuário da agricultura Brasileira. São Paulo, 1998. 481 p.

_____. **Agrianual 2003**: anuário da agricultura Brasileira. São Paulo, 2003. 544 p.

_____. **Agrianual 2007**: anuário da agricultura Brasileira. São Paulo, 2007. 516 p.

GAYET, J.P. **Cultura, colheita, beneficiamento, transporte e comercialização da lima ácida "Tahiti" (*Citrus latifolia* Tan.)** Conchal: Frutal Agro-exportadora, 1991. 42 p.

GAYET, J.P.; BLEINROTH, E.W.; MATALLO, M.; GARCIA, E.E.C.; GARCIA, A.E.; ARDITO, E.F.G.; BORDIN, M.R. **Lima ácida 'Tahiti' para a exportação**: Procedimentos de colheita e pós-colheita. Brasília: EMBRAPA, SPI, 1995. 36 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 12).

GENUCHTEN, M. Th. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of insaturated soils. **Soil Science Society of America Proceeding**, Madison, v. 41, p. 892-898, 1980

GREEN, G.C.; BRUWER, W. An improved weighing lysimeter facility for citrus evapotranspiration studies. **Water S.A.**, Pretoria, v. 5, n. 4, p. 189-195, 1979.

HILGEMAN, R.H. Response of citrus trees to water stress in Arizona. **Proceedings of the International Society of Citriculture**, Acireale, v. 1, p. 70-74, 1977.

HORTIBRASIL. Instituto Brasileiro de Qualidade em Horticultura. **Programa brasileiro para melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros**: classificação do limão (lima ácida) 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tanaka). São Paulo: CEAGESP, 2000. 5 p. Disponível em: www.hortibrasil.org.br/classificacao/limao/arquivos/coloracao.html. Acesso em: 11 nov. 2006.

HOWELL, T.A.; SCHNEIDER, A.D.; JENSEN, M.E. History of lysimeter design and use for evapotranspiration measurements. In: ALLEN, R.G.; HOWELL, T.A.; PRUITT, W.O. (Ed.). **Lysimeter for evapotranspiration and environmental measurements**. New York: American Society of Civil Engineers, 1991. p. 1-9.

HUTCHINSON, D.J. Influence of rootstock on the performance of 'Valencia' sweet orange. **Proceedings of the International Society of Citriculture**, Acireale, n. 2, p. 523-525, 1977.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. Disponível em:
<http://www.desenvolvimento.gov.br/arquivo/sdp/proAcao/forCompetitividade/impZonLivComercio/13citricosResumo.pdf>. Acesso em: 08 out. 2007

INTRIGLIOLO, F.; CONIGLIONE, L.; GERMANA, C. Effect of fertirrigation on some physiological parameters in orange trees. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 7., 1992, Acireale. **Proceedings...** Acireale: International Society of Citriculture, 1992. p. 584-589.

IRIGOYEN, A.I.; ANGELOCCI, L.R.; CASAROLI, D.; SIMON, J. Variabilidade horária e sazonal das variáveis meteorológicas determinantes da condutância estomática em Piracicaba-SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 15., 2007, Aracaju. **Anais ...** Aracaju: SBA, 2007. 1 CD-ROM.

JACKSON, R.D.; REGINATO, R.J.; IDSO, S.B. Wheat canopy temperature: a pratica tool for evaluating water requirements. **Water Resources Research**, Acireale, v. 13, p. 651-656, 1977.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. Glendora: Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 1975. 133 p.

MACHADO, C.C. **Influência da irrigação localizada na absorção de água do porta-enxerto limão 'cravo' em plantas adultas de lima ácida 'Tahiti'**. 2000 92 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MACHADO, C.E.; MEDINA, C.L.; GOMES, M.M.A. Variação sazonal da fotossíntese, condutância estomática e potencial da água na folha de laranja 'Valência'. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 1, p. 53-58, 2002.

MARCONDES, P.T.S. **Manejo do florescimento e da produção da lima ácida "Tahiti" com reguladores de crescimento e derriça**. 1991. 120 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola de Agronomia, Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 1991.

MARCONDES, P.T.S.; COELHO, Y.S. Manejo da florada da Lima ácida 'Tahiti' com reguladores de crescimento e desbaste manual. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 14.: REUNIÃO INTERNACIONAL DE HORTICULTURA TROPICAL; SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE MIRTÁCEAS, 42., 1996, Curitiba. **Anais ...** Curitiba: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1996. v. 1, p. 139.

MARIN, F.R.; ANGELOCCI, L.R.; PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A.; SENTELHAS, P.C. Balanço de energia e consumo hídrico em pomar de lima ácida 'Tahiti'. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 219-228, 2002.

MARLER, T.E.; DAVIES, F. Microsprinkler irrigation and growth of young 'Hamlin' orange trees. **Journal of American Society of Horticultural Science**, Alexandria, v. 115, n.1, p. 45-51, 1990.

MOREIRA, C.S. O sistema radical das plantas cítricas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITRUS, 2., 1992, Bebedouro. **Anais ...** Bebedouro: Fundação Cargill, 1992. p. 182-186.

NEVES, E.M. Céu de Brigadeiro em 2006?. **Informativo Agropecuário da Coopercitrus**, ano 19, n. 232, p. 21-23, fev. 2006. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=13378>. Acesso em: 08 out. 2007.

ORTOLANI, A.A.; PEDRO JR., M.J.; ALFONSI, R.R. Agroclimatologia e o cultivo de citrus. In: ENCONTRO NACIONAL DE CITRICULTURA, 4., 1977, Aracaju. **Anais ...** Aracaju: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1977. p. 21-41.

_____. Agroclimatologia e o cultivo dos citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, R.; POMPEU JUNIOR, J.; AMARO, A.A. (Ed.). **Citricultura brasileira**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v. 1, p. 153-195.

PIRE, R.; BAUTISTA, D.; ROJAS, E. The influence of soil moisture on the vegetative and reproductive growth of orange trees under tropical conditions. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 335, p. 527-534, 1993.

PIRES, R.C.M. Manejo da água na irrigação dos citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 1, n. 13, p. 237-260, 1992.

POGUE, W.R.; POOLEY, S.G. Tensiometric management of soil water. In: INTERNATIONAL DRIP/TRICKLE IRRIGATION CONGRESS, 3., 1985, St. Joseph. **Proceedings ...** St. Joseph: ASAE, 1985. p. 761-766. (Publication, 10-85).

RAIJ, B. van; SILVA, N.M.; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELLINAZZI, J.R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 1992. 107 p. (IAC. Boletim Técnico, 100).

REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Ed. Manole, 1990. 188 p.

RIBEIRO, T.A.P. **Estudo dos parâmetros básicos de irrigação por microaspersão para a cultura do limão tahiti (*Citrus limonia*, OSBECK)**. 1993. 138 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

SENTELHAS, P.C.; PEREIRA, A.R. A maior estiagem do século? **Notícias Piracena**, Piracicaba, v. 6, n. 50, p. 1, 2000.

SHALHEVET, J.; LEVY, Y. Citrus trees. In: STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R. **Irrigation of agricultural crops**. Madison: American Society of Agronomy; Crop Science Society of America; Soil Science Society of America, 1990. p. 951-986.

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

SILVA, F.C.; FOLEGATTI, M.V.; MAGIOTTO, S.R. Análise do funcionamento de um lisímetro de pesagem com célula de carga. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 7, n. 1, p. 53-58, 1999.

SILVA, T.J.A. da. **Evapotranspiração e coeficiente de cultivo de maracujazeiros determinados pelo método do balanço de radiação e lisimetria de pesagem hidráulica**. 2005. 99 p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SMAJSTRLA, A.G.; KOO, R.C.J. Effects of trickle irrigation methods and amounts of water applied on citrus yields. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Society**, Tallahassee, v. 97, p. 3-7, 1984.

SMAJSTRLA, A.G.; PARSONS, K.A.; VELLEDIS, G. Response of young citrus trees to irrigation. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Society**, Tallahassee, v. 98, p. 25-28, 1985.

SOUTHWICK, S.M.; DAVENPORT, T.L. Modification of the water stress-induced floral response in 'Tahiti' Lime. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, St. Joseph, v. 2, n. 112, p. 231-236, 1987.

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. 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.

SPIGEL-ROY, P.; GOLDSCHMIDT, E.E. **Biology of citrus**. London: Cambridge University Press, 1996. 230 p.

SYVERTSEN, J.P.; LLOYD, J.J. Citrus. In: SCHAFFER, B.; ANDERSEN (Ed.) **Handbook of environmental physiology of fruits crops: Subtropical and tropical crops**. Boca Raton: CRC Press, 1994. v.2, p.65- 99.

TAYLOR, S.A. Managing irrigation water on the farm. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 8, p. 433-436, 1965.

TODA FRUTA. **Importação brasileira de frutas de 1961 a 2003**. Disponível em: <http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=7590#>. Acesso em: 06 out. 2007.

TORRECILLAS, A.; RUIZ-SÁNCHEZ, M.C; DOMINGO, R. Regulated deficit irrigation on fine lemon trees. **Acta Horticulturae**, Leuven, n. 335, p. 205-212, 1993.

VERMEIREN, G.A.; JOBLING, G.A. **Irrigação localizada**. Tradução de H.R. Gheyi et al. Campina Grande: UFPB, 1997. 184 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 36).

VIEIRA, D.B. Fertirrigação e manejo de irrigação em citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 2, n. 9, p. 369-376, 1988a.

_____. Produtividade e irrigação. In: SIMPÓSIO DE CITRICULTURA. PRODUTIVIDADE DOS CITROS, 3., 1988, Jaboticabal. **Anais ...** Jaboticabal: FUNEP, 1988b. p.185-193.

_____. Irrigação de citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIÉGAS, F.; POMPEU JR., J.; AMARO, A.A. **Citricultura brasileira**. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v. 2, p. 519-541.

VIEIRA, D.B.; RIBEIRO, T.A.P. Estudo de parâmetros básicos de irrigação do limão 'Tahiti' (*Citrus limonia* OSBECK) sob micro-aspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 19., 1993, Ilhéus. **Anais ...** Ilhéus: SBEA; CEPLAC, 1993. v. 4, p. 2328-2339.

VINK, N.; ABOUKHALED, A.; SARRAF, S. Measured and estimated water use by a citrus and apple orchard. **Economic Rural**, Libanaise, v. 36, p. 62-82, 1971.

VITTI, A.; SEBASTIANI, R.E.G.; BOTEON, M.; VICENTINI C.A. **Perspectivas da fruticultura brasileira exportadora frente aos novos investimentos**. Disponível em: <www.cepea.esalq.usp.br/pdf/oca03.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2006

WHITNEY, J.D.; ELEZABY, A.; CASTLE, W.S.; WHEATON, T.A.; LITTELL, R.C. Soil water use, root density, and fruit yield for two citrus tree spacings. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Society**, Tallahassee, v. 103, p. 50-54, 1990.

YANG, L.S.; YANO, T.M.A; LI, X. Evapotranspiration of orange trees in greenhouse lysimeters. **Irrigation Science**, Berlin, v. 21, p. 145-149, 2003.

ZANCHIM, J.B.; RODRIGUES, G.O.; IRIGOYEN, A.I.; ROCHA, F.J.; BARBOZA JR., C.R.A.; FOLEGATTI, M.V. Condutância estomática e transpiração em folhas de Lima Ácida 'Tahiti'. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA USP, 15., 2007, Pirassununga: USP, 2007. v. 1, n, 1, p. 4506.