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

**Desempenho horticultural de clones de lima ácida ‘Tahiti’
enxertados em citrumelo ‘Swingle’ cultivados com e sem
irrigação**

Horst Bremer Neto

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

**Piracicaba
2012**

Horst Bremer Neto
Engenheiro Agrônomo

**Desempenho horticultural de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em
citrumelo 'Swingle' cultivados com e sem irrigação**

Orientador:
Prof. Dr. **FRANCISCO DE ASSIS ALVES MOURÃO FILHO**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor em
Ciências. Área de concentração: Fitotecnia

Piracicaba
2012

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

Bremer Neto, Horst

Desempenho horticultural de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados com e sem irrigação / Horst Bremer Neto.- - Piracicaba, 2012.
113 p: il.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2012.

1. Clones 2. Fotossíntese 3. Irrigação 4. Laranja 5. Podridão (Doença de planta) 6. Porta-enxertos 7. Tolerância à deficiência hídrica I. Título

CDD 634.31
B836d

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

A Deus,
minha reverência.

Aos meus pais, avós, bisavós e irmãos,
minha eterna gratidão.

À Ana, Marina e Tiago,
minha vida.

Aos que vivem da cultura da lima ácida 'Tahiti', dedico,
humildemente, este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Francisco de Assis Alves Mourão Filho pelos conhecimentos e experiências compartilhadas, dedicação, paciência e exemplo de profissionalismo no exercício das atividades de ensino e pesquisa.

Ao Dr. Eduardo Sanches Stuchi pela oportunidade de trabalho, pela orientação objetiva, facilidades concedidas e por me ensinar que a perfeição não é um objetivo a ser perseguido.

Ao Departamento de Produção Vegetal, em especial aos professores Durval Dourado Neto e João Alexio Scarpate Filho, pelo incentivo e apoio incondicional.

À Coordenação do Curso de Pós-graduação em Fitotecnia pela oportunidade de realização do curso.

Ao Centro APTA Citros - Sylvio Moreira/IAC e EMBRAPA Mandioca e Fruticultura pelo fornecimento dos clones de lima ácida 'Tahiti'.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo, FAPESP, pelos recursos destinados à condução deste trabalho.

Aos Professores Hilton Thadeu Zarate do Couto, João Alexio Scarpate Filho, Francisco de Assis Alves Mourão Filho, Marcos Vinícius Folegatti, Beatriz Appezzato-da-Glória e Carlos Tadeu dos Santos Dias pelos conhecimentos transmitidos ao longo das disciplinas.

Aos funcionários da Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro pela atenção e auxílio nas atividades de campo.

Ao Prof. Dr. Rinaldo César de Paula, UNESP – Campus Jaboticabal, pela confiança e empréstimo dos instrumentos utilizados nas avaliações da tolerância à deficiência hídrica.

Aos professores Hilton Thadeu Zarate do Couto, Carlos Tadeu dos Santos Dias e Dra. Tatiana Cantuarias-Avilés pelas orientações envolvendo as análises estatísticas.

À Profa. Dra. Adriana Pinheiro Martinelli, à técnica em laboratório Mônica Lanzoni Rossi e ao colega Mateus Donegá pela orientação envolvendo as análises estomáticas.

Ao Prof. Marcel Bellato Spósito pela orientação envolvendo as avaliações da incidência de podridão floral.

Ao Dr. Rafael Vasconcelos Ribeiro pela avaliação dos resultados e sugestões envolvendo as análises das trocas gasosas.

Ao Prof. Dr. Luís Eduardo Aranha Camargo pela orientação envolvendo as análises moleculares.

Ao Dr. Fernando Alves de Azevedo pelas sugestões no exame de qualificação.

Ao Dr. Jorgino Pompeu Júnior, Dr. Eduardo Augusto Girardi, Profa. Simone Rodrigues da Silva e Dra. Tatiana Cantuarias-Avilés pelas críticas e valiosas sugestões.

Aos amigos Erick Espinoza-Núñez e Tatiana Cantuarias-Avilés pela companhia alegre e apoio intelectual, físico e moral.

À Claudia Denise da Silva pela disposição e inestimável auxílio nas avaliações das trocas gasosas.

Aos amigos Leonardo Soriano, Renata Beatriz Cruz e Marcelo Favareto Correa, Liliane Stipp, Luzia Miyata, André Fadel, Vanessa Caron, Meire Bassan, Marcos Trevisan, Thiago Vieira pelo auxílio nas análises laboratoriais e de campo.

Aos estagiários do Departamento de Produção Vegetal, da Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro e da UNESP pelo inestimável auxílio nas avaliações de campo. Especial agradecimento ao aluno Vinícius Guidini pela disposição e dedicação irrestrita.

Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ, em especial ao Sr. Aparecido Donizete Serrano pela condução das atividades da Seção de Horticultura durante a minha ausência.

Aos secretários do Departamento de Produção Vegetal, Luciane Aparecida Lopes Toledo, Maria Célia Rodrigues, Paulo Jaoude e Elizabete Sarkis São João pela atenção e auxílio.

À Eliana Maria Garcia e Silvia Maria Zinsly pelo auxílio nas correções e formatação da tese.

Aos amigos Alessandro Rodrigues e Eduardo Augusto Girardi pela troca de experiências e momentos de descontração.

Ao amigo e colega de trabalho Cláudio Roberto Segatelli pelo estímulo.

Aos queridos amigos e trabalhadores da Associação Espírita de Estudos Evangélicos Francisco de Paula Victor e do Grupo Espírita de Estudos Filosóficos Prof. "Walter Radamés Accorsi" pelo apoio irrestrito durante a etapa final deste

curso. Em especial, Walkyria, Lúgia, Alexandre, Cristina, Érica, Luiz, Herbert, Eduardo, Reginaldo, Rafaella, Vanessa, Meire, Patrícia, Gustavo, Gabriela e Fred.

E a todas as pessoas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Muito obrigado!

**“O orgulho inibe a compreensão de tudo aquilo que se alcança com
humildade”**

Hammed

Psicografia de Francisco do Espírito Santo Neto

SUMÁRIO

RESUMO	13
ABSTRACT	15
LISTA DE FIGURAS	17
LISTA DE TABELAS	21
1 INTRODUÇÃO	23
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	27
2.1 Distribuição geográfica e mercado da lima ácida 'Tahiti'	27
2.2 Classificação botânica, melhoramento e clones de lima ácida 'Tahiti'	29
2.3 Irrigação no cultivo da lima ácida 'Tahiti'	33
2.4 Tolerância de citros à deficiência hídrica	35
2.5 Podridão floral dos citros (<i>Colletotrichum</i> spp.)	37
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	39
3.1 Caracterização da área experimental	39
3.2 Tratamentos e delineamento estatístico	40
3.3 Crescimento vegetativo.....	41
3.4 Produção de frutos e eficiência produtiva	42
3.5 Qualidade dos frutos	42
3.6 Tolerância à deficiência hídrica.....	44
3.6.1 Avaliação visual	44
3.6.2 Avaliação do potencial da água na folha.....	45
3.7 Assimilação líquida de CO ₂ , transpiração, condutância estomática e eficiência do uso da água	46
3.8 Densidade e comprimento de estômatos.....	47
3.9 Teor relativo de clorofila.....	47

3.10 Similaridade de clones de lima ácida ‘Tahiti’ em função da tolerância à deficiência hídrica.....	48
3.11 Incidência de podridão floral dos citros (<i>Colletotrichum</i> spp.).....	48
3.12 Análise da diversidade genética dos clones estudados.....	49
3.13 Análises estatísticas	50
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1 Crescimento vegetativo	51
4.2 Produção de frutos e eficiência produtiva.....	54
4.3 Qualidade dos frutos.....	57
4.4 Tolerância à deficiência hídrica	61
4.4.1 Avaliação visual.....	61
4.4.2 Avaliação do potencial da água na folha	64
4.5 Assimilação líquida de CO ₂ , transpiração, condutância estomática e eficiência do uso da água.....	70
4.6 Densidade e comprimento de estômatos	75
4.7 Teor relativo de clorofila	76
4.8 Similaridade de clones de lima ácida ‘Tahiti’ em função da tolerância à deficiência hídrica.....	77
4.9 Incidência de podridão floral dos citros (<i>Colletotrichum</i> spp.).....	78
4.10 Análise da diversidade genética dos clones estudados.....	80
4.11 Discussão	81
5 CONCLUSÕES	89
REFERÊNCIAS	91
APÊNDICES.....	105
ANEXO	111

RESUMO

Desempenho horticultural de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados com e sem irrigação

A partir da década de 1990, em função da valorização da fruta no mercado interno e do aumento das exportações da fruta *in natura*, observou-se aumento da importância da lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka) sob os aspectos econômico e social no agronegócio brasileiro. A diversidade genética da espécie é pequena e os cultivos comerciais são baseados, predominantemente, nos clones "IAC 5" e "Quebra-galho". Atualmente, existem novos clones para a diversificação de copas. Entretanto, a baixa disponibilidade de informações sobre os mesmos dificulta a diversificação dos pomares. Além da baixa diversificação de copas, grande parte dos pomares utilizam o limão 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) como porta-enxerto, por induzir maior produtividade e tolerância à deficiência hídrica. Por outro lado, a combinação dos clones "IAC 5" e "Quebra-galho" com o limoeiro 'Cravo' tem levado à produção de plantas de porte elevado e baixa longevidade devido às elevadas taxas de mortalidade causadas por gomose de *Phytophthora* (*Phytophthora* spp.) e à presença de estirpes severas do vírus da tristeza dos citros e do viróide da exocorte. Dessa forma, este trabalho avaliou o desempenho horticultural de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' [*Citrus paradisi* Macfad. cv. Duncan x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] em Bebedouro, SP. Tendo em vista as restrições do uso comercial do citrumelo 'Swingle' em ambientes que apresentam deficiência hídrica prolongada, os clones foram avaliados em duas áreas distintas, diferenciadas pelo uso da irrigação. Foram avaliados os clones "IAC 5", "IAC 5-1", "CNPMF/EECB", "CNPMF 2000" e "CNPMF 2001". O experimento foi instalado em março de 2005 e as avaliações foram realizadas entre 2007 e 2011. Foram avaliados o crescimento vegetativo, produção, eficiência produtiva, qualidade dos frutos, fotossíntese e potencial da água na folha em ambas as áreas. Adicionalmente, na área não irrigada, a tolerância à deficiência hídrica, condutância estomática e transpiração foram avaliados visando à seleção de clones mais adequados para cultivos não irrigados. A análise de variância dos dados obtidos na área irrigada e não irrigada foi realizada conjuntamente e as médias foram comparadas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$). O clone "CNPMF/EECB" apresentou maior produção acumulada de frutos e maior eficiência produtiva, independentemente da condição de cultivo. Sob cultivo irrigado, o clone "CNPMF/EECB" apresentou maior produção de frutos na entressafra. Os clones "IAC 5-1", "CNPMF/EECB", "CNPMF 2000" e "CNPMF 2001" apresentaram maior crescimento vegetativo em relação ao clone "IAC 5", independentemente da condição de cultivo. O clone "IAC 5-1" induziu maior porcentagem de frutos adequados à exportação, maior tolerância à deficiência hídrica e maior suscetibilidade à podridão floral dos citros. A irrigação induziu maior crescimento vegetativo, maior precocidade de produção, maior produção de frutos na safra e entressafra, maior eficiência produtiva, maior rendimento de suco, maior acidez e maior porcentagem de frutos exportáveis.

Palavras-chave: *Citrus latifolia*; Fotossíntese; Podridão floral dos citros; Tolerância à deficiência hídrica

ABSTRACT

Horticultural performance of 'Tahiti' lime selections grafted on 'Swingle' citrumelo under irrigated and non-irrigated conditions

Since the '90s, 'Tahiti' lime (*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka) has increased its importance in the Brazilian agribusiness with economic and social impacts, due to higher fruit value recorded both on domestic and international markets. Genetic diversity of this species is restricted, and in Brazil, most of the commercial orchards are predominantly based on "IAC 5" and "Quebra-galho" selections. Currently, new selections are available for scion diversification. Nonetheless, technical information about these materials is very limited, thus restricting the studies on scion diversification. Besides the low diversification of scions, most of the orchards are established onto the 'Rangpur' lime (*Citrus limonia* Osbeck), because of higher yield and tolerance to water deficit induced by this rootstock. "IAC 5" and "Quebra-galho" selections grafted onto the Rangpur lime result in large-sized plants of low longevity, because of their high susceptibility to *Phytophthora* gummosis (*Phytophthora* spp.), and the endemic presence of severe Citrus Tristeza Virus strains and the Exocortis Citrus Viroid. Restricted scion and rootstocks diversification increase the risks associated with outbreaks of new and more severe diseases and pests that threaten the whole 'Tahiti' lime production chain. This study evaluated the horticultural performance of five 'Tahiti' lime selections grafted on 'Swingle' citrumelo [*Citrus paradisi* Macfad. cv. Duncan x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], in Bebedouro, São Paulo State, Brazil. Due to constraints for the commercial use of 'Swingle' citrumelo as rootstock in environments under prolonged water deficit conditions, two trials were conducted for evaluation of 'Tahiti' lime selections under irrigated and non irrigated conditions. The following 'Tahiti' lime selections were studied: "IAC 5", "IAC 5-1", "CNPMF/EECB", "CNPMF 2000" and "CNPMF 2001". The experiment was installed in March 2005 and the evaluations were performed between 2007 and 2011, involving the following variables: plant growth, yield, yield efficiency, fruit quality, photosynthesis rate and leaf water potential in both irrigated and non-irrigated trials. In addition, plant water deficit tolerance, stomatal conductance, transpiration rate and water use efficiency were evaluated in the non-irrigated trial for selecting suitable selections for non-irrigated plantings. Data obtained in the irrigated and non-irrigated trials were submitted to individual and joint analyses of variance, and the comparisons among means were performed by Duncan test ($P < 0.05$). The "CNPMF/EECB" selection had larger cumulative fruit yield and yield efficiency both in the irrigated and non-irrigated plantings. In the irrigated trial, the "CNPMF/EECB" selection presented larger off-season fruit yield. The "IAC 5-1", "CNPMF/EECB", "CNPMF 2000" and "CNPMF 2001" selections had larger tree size than the "IAC 5" selection, both in the irrigated and non-irrigated plantings. The "IAC 5-1" selection induced larger percentage of fresh fruit for export under irrigated and non-irrigated plantings, conferring higher water deficit tolerance and lower tolerance to postbloom fruit drop. Irrigation increased plant growth, early bearing, main-season and off-season fruit production, yield efficiency, juice percentage, juice acidity and the percentage of fresh fruit classified for export.

Keywords: *Citrus latifolia*; Drought tolerance; Photosynthesis; Post bloom fruit drop

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Extrato do balanço hídrico climatológico médio do período 2005-2011 calculado por meio de planilha eletrônica pelo método de Thornthwaite e Mather (ROLIM; SENTELHAS; BARBIERI, 1998). Bebedouro, SP. EXC = excedente hídrico; DEF = deficiência hídrica. Capacidade de água disponível de 100 mm. Bebedouro, SP 39
- Figura 2 - Produção anual de frutos de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle', cultivados com e sem irrigação, entre o segundo e sexto ano após o plantio (2007-2011). Bebedouro, SP..... 56
- Figura 3 - Produção total de frutos no segundo semestre de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle', cultivados com e sem irrigação, entre o segundo e quarto ano após o plantio (2007-2009). Bebedouro, SP 57
- Figura 4 - Distribuição da produção de frutos de clones de lima ácida 'Tahiti', enxertados em citrumelo 'Swingle' em classes de diâmetro utilizadas pela CEAGESP (valores médios das avaliações realizadas em 2009 e 2010). Bebedouro, SP 60
- Figura 5 - Distribuição da produção de frutos de lima ácida 'Tahiti' enxertada em citrumelo 'Swingle', cultivada com e sem irrigação, em classes de diâmetro utilizadas pela CEAGESP (valores médios das avaliações realizadas em 2009 e 2010). Bebedouro, SP 61
- Figura 6 - Tolerância à deficiência hídrica (TDH) de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados sem irrigação (avaliações realizadas em junho e agosto de 2008). Bebedouro, SP 62
- Figura 7 - Tolerância à deficiência hídrica (TDH) de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados sem irrigação (avaliação realizada em agosto de 2009). Bebedouro, SP..... 62
- Figura 8 - Turgescência foliar (Turg), intensidade da cor verde escuro do limbo foliar (Cor), enfolhamento da planta (Enf) e tolerância à deficiência hídrica (TDH) de clones lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados sem irrigação (avaliação realizada em setembro de 2011). Bebedouro, SP 63
- Figura 9 - Potencial da água na folha (ψ_f) de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle', cultivados com e sem irrigação, no

período da manhã (6h) e da tarde (14h), em junho de 2009. Bebedouro, SP..... 65

Figura 10 - Potencial da água na folha (ψ_f) de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle', cultivados com e sem irrigação, no período da manhã (6h), em agosto de 2009. Bebedouro, SP 66

Figura 11 - Potencial da água na folha (ψ_f) de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle', cultivados com e sem irrigação, no período da manhã (6h) e da tarde (14h), em maio, julho, agosto e setembro de 2010. Bebedouro, SP 68

Figura 12 - Potencial da água na folha (ψ_f) de lima ácida 'Tahiti' enxertada em citrumelo 'Swingle', cultivada com e sem irrigação, no período da manhã (6h) e da tarde (14h), em maio, julho, agosto e setembro de 2010. Bebedouro, SP 69

Figura 13 - Taxa de assimilação de CO_2 (A) de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle', cultivados com e sem irrigação, no período da manhã (9h), em outubro e dezembro de 2010. Bebedouro, SP 71

Figura 14 - Produção de frutos de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' no primeiro semestre de 2011 em função da taxa de assimilação líquida de CO_2 (A) em outubro de 2010. Bebedouro, SP . 71

Figura 15 - Potencial da água na folha (Ψ_f), taxa de assimilação líquida de CO_2 (A), taxa de transpiração (E) e condutância estomática (g_s) de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados sem irrigação, no período da manhã (9h) e da tarde (14h), em junho, julho, setembro de 2011, e fevereiro de 2012. Bebedouro, SP..... 73

Figura 16 - Eficiência do uso da água (EUA) de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados sem irrigação, no período da manhã (9h) e da tarde (14h), em junho, julho e setembro de 2011, e fevereiro de 2012. Bebedouro, SP 74

Figura 17 - Teor relativo de clorofila (valor SPAD) em folhas de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados sem irrigação, em setembro de 2011 e fevereiro de 2012. Bebedouro, SP. 77

- Figura 18 - Dendrograma de agrupamento de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados sem irrigação obtido pelo método do vizinho mais próximo, baseado nos valores de potencial da água na folha no período da manhã (6h) (agosto de 2009, julho e agosto de 2010, e julho e setembro de 2011), nas notas de tolerância à deficiência hídrica (2008, 2009 e 2011) e nos teores relativos de clorofila (setembro de 2011). Bebedouro, SP 78
- Figura 19 - Cálices retidos (%) e frutos fixados (%) em brotações reprodutivas desenvolvidas no primeiro semestre de 2011 de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados sem irrigação (A). Produção no segundo semestre de 2011 de clones de lima ácida 'Tahiti' cultivados sem irrigação (B). Bebedouro, SP..... 79
- Figura 20 - Cálices retidos (%) e frutos fixados (%) em brotações reprodutivas desenvolvidas no segundo semestre de 2012 de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados sem irrigação. Bebedouro, SP..... 80
- Figura 21 - Amplificação do DNA de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' com marcadores moleculares RAPD 81
- Figura 22 - Balanço hídrico climatológico nos anos 2008, 2009, 2010 e 2011. calculado por meio de planilha eletrônica pelo método de Thornthwaite e Mather (ROLIM; SENTELHAS; BARBIERI, 1998). Bebedouro, SP. EXC = excedente hídrico; DEF = deficiência hídrica. Capacidade de água disponível de 100 mm. Bebedouro, SP..... 107
- Figura 23 - Variação horária da temperatura do ar (Tar), do déficit de pressão de vapor do ar (DPVar) e da radiação solar em 28/06/2011, 28/07/2011, 02/09/2011 e 02/02/2012. Bebedouro, SP 108
- Figura 24 - Temperatura do ar, umidade relativa do ar (UR) e precipitação pluviométrica entre 01/04/2011 e 15/04/2011. Bebedouro, SP..... 109
- Figura 25 - Temperatura do ar, umidade relativa do ar (UR) e precipitação pluviométrica entre 14/10/2011 e 28/10/2011. Bebedouro, SP..... 109
- Figura 26 - Croqui da área experimental..... 113

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Altura, volume da copa e diâmetro do tronco de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle', cultivados com e sem irrigação, no terceiro e sexto ano após o plantio. Bebedouro, SP.....52
- Tabela 2 - Diâmetro da copa e densidade de plantio ajustada de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle', cultivados com e sem irrigação, no terceiro e sexto ano após o plantio. Bebedouro, SP53
- Tabela 3 - Comprimento dos espinhos de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados sem irrigação. Bebedouro, SP54
- Tabela 4 – Produção de frutos inicial (2^o - 3^o ano após o plantio), total (2^o - 6^o ano após o plantio), produção por área (2^o - 6^o anos após o plantio) e eficiência produtiva (EP) (3^o - 6^o ano após o plantio) de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados com e sem irrigação. Bebedouro, SP.....55
- Tabela 5 - Massa, distribuição em classes de diâmetro, rendimento de suco (RS), sólidos solúveis totais (SST), acidez, ácido ascórbico, luminosidade (L*), cromaticidade (C*) e ângulo de cor (h_a) de frutos de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle', cultivados com e sem irrigação. Bebedouro, SP.....59
- Tabela 6 - Densidade estomática e comprimento de estômatos localizados na epiderme abaxial de folhas de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados sem irrigação. Bebedouro, SP76
- Tabela 7 - Similaridade genética de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' obtida pelo coeficiente "simple matching" calculado a partir de análise com marcadores RAPD.....81

1 INTRODUÇÃO

A valorização da lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka) no mercado interno e a expansão do mercado internacional da fruta *in natura* (FNP, 2004, 2011; INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - IEA, 2008; FAO, 2011; EUROPEAN COMMISSION - EC, 2012) promoveram condições favoráveis para o desenvolvimento de uma cadeia produtiva composta por pequenos e médios citricultores e indústrias de beneficiamento nas principais regiões produtoras de lima ácida ‘Tahiti’ do Brasil.

Dentre as variáveis hortícolas que influenciam a viabilidade econômica da cultura, destacam-se a produtividade, principalmente na entressafra e a precocidade de início de produção, tendo em vista a ocorrência de doenças que reduzem a vida comercial das plantas. Além disso, a qualidade dos frutos exerce grande influência na comercialização da lima ácida ‘Tahiti’, principalmente, no mercado internacional, onde os preços são superiores aos praticados nos mercados locais, notadamente no período de safra. A maximização desses fatores pode ser alcançada pela seleção criteriosa da combinação copa/porta-enxerto. Adicionalmente, a aplicação de tecnologias de produção, notadamente a irrigação, tem gerado resultados favoráveis, aumentando a produção de frutos na safra e entressafra (ESPINOZA-NÚÑEZ et al., 2011). Dessa forma, pesquisas têm sido desenvolvidas nos últimos anos visando à avaliação de porta-enxertos e irrigação para lima ácida ‘Tahiti’ (FIGUEIREDO et al., 2000, 2002; STUCHI; DONADIO; SEMPIONATO, 2003; CASTLE et al., 2004; STENZEL; NEVES, 2004; SILVA et al., 2005; STUCHI et al., 2009; ALVES JÚNIOR et al., 2007, 2011; BERDEJA-ARBEU et al., 2010; ESPINOZA- NÚÑEZ et al., 2011). Por outro lado, o número de pesquisas envolvendo a avaliação de clones de lima ácida ‘Tahiti’ é reduzido em função da constituição genética triplóide da espécie que impõem limitações à aplicação de técnicas de melhoramento convencional (HODGSON, 1967; JACKSON et al., 1972; SOARES FILHO; PASSOS; 1978; AGUSTÍ, 2003).

No Brasil, estudo visando a seleção de clones de lima ácida ‘Tahiti’ teve início na década de 1960 (FIGUEIREDO; RODRIGUEZ; POMPEU JÚNIOR; 1976). Esse estudo culminou com a seleção do clone “IAC 5”, clone nucelar obtido na Califórnia em 1885 (HODGSON, 1967). Atualmente, o clone “IAC 5”, juntamente com o clone “Quebra-galho”, constituem a base da produção nacional da lima ácida

‘Tahiti’ (SILVA, 2007). Entretanto, os clones “IAC 5” e “Quebra-galho” apresentam limitações relacionadas ao porte elevado e à contaminação com viróides dos citros, respectivamente (FIGUEIREDO; STUCHI, 2003; SILVA, 2007; EIRAS et al., 2010). Considerando que o porte elevado da planta limita o adensamento e dificulta o manejo do pomar, ainda há preferência de alguns produtores pelo clone “Quebra-galho” que, além do menor porte em relação ao clone “IAC 5”, apresenta, supostamente, maior produção de frutos na entressafra, quando os preços são mais elevados (FIGUEIREDO; STUCHI, 2003). Contudo, o desempenho horticultural das plantas do clone “Quebra-galho” não está relacionado com a presença de viróides dos citros (SILVA, 2007). Portanto, a multiplicação e o plantio do clone “Quebra-galho” aumentam o risco de contaminação de variedades e espécies de citros sadias, sem que benefícios adicionais relacionados à presença de viróides sejam obtidos. Dessa forma, a seleção de novos clones de lima ácida ‘Tahiti’ é ação desejável para a garantia de produtividade e qualidade dos pomares comerciais (CENTRO DE CITRICULTURA, 2007).

Além da baixa diversificação de copas, a maioria dos pomares utiliza o limão ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck) como porta-enxerto (FIGUEIREDO et al., 2002; STUCHI; DONADIO; SEMPIONATO, 2002). Os principais argumentos favoráveis à utilização dessa espécie como porta-enxerto são a maior precocidade de produção, maior produtividade e a maior tolerância à deficiência hídrica induzida às copas nela enxertadas. Por outro lado, a combinação da lima ácida ‘Tahiti’ clones “IAC 5” e “Quebra-galho” com o limão ‘Cravo’ leva à produção de plantas com porte elevado e com baixa longevidade comercial devido à elevada taxa de mortalidade causada por gomose de *Phytophthora* e pela presença de estirpes severas do vírus da tristeza dos citros (CTV) e viróides dos citros (COELHO, 1993; STUCHI; CYRILLO, 1998; FIGUEIREDO et al., 2000, 2001, 2002; FIGUEIREDO; STUCHI, 2003). Em função dessas limitações, estudos foram realizados visando a seleção de porta-enxertos alternativos ao limão ‘Cravo’ para a lima ácida ‘Tahiti’ (FIGUEIREDO et al., 2000, 2001, 2002; FIGUEIREDO; STUCHI, 2003). Dentre o conjunto de características estudadas nesses experimentos, o citrumelo ‘Swingle’ [*Citrus paradisi* Macf. cv. Duncan x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], embora tenha induzido menor tolerância à deficiência hídrica em relação ao limão ‘Cravo’, foi considerado o porta-enxerto mais adequado para a lima ácida ‘Tahiti’ clone “IAC-5” por levar à maior produção de frutos, volume intermediário de copa e baixa suscetibilidade à gomose de

Phytophthora (AGUILAR-VILDOSO et al., 2003; FIGUEIREDO et al., 1996, 2002; FIGUEIREDO; STUCHI, 2003).

Apesar de resistente aos agentes causadores das principais doenças que afetam as laranjas doces (FIGUEIREDO et al., 2000), a lima ácida ‘Tahiti’ é afetada por outras doenças que comprometem sua exploração econômica, com destaque para a podridão floral. Essa doença é causada pelos fungos *Colletotrichum acutatum* Simmons e *Colletotrichum gloeosporioides* cujos sintomas envolvem o aparecimento de lesões nas pétalas das flores e a abscisão prematura de frutos, podendo causar perda total da produção (FIGUEIREDO et al., 2001; CHEN et al., 2006; LIMA et al., 2011). Sob condições ambientais favoráveis, o progresso da doença é rápido, reduzindo a eficácia do controle químico. Dessa forma, o uso de clones resistentes e/ou técnicas de cultivo que alterem o florescimento para períodos menos favoráveis à infecção são fundamentais para o sucesso do manejo dessa doença (FEICHTENBERGER et al., 2005).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho horticultural de clones de lima ácida ‘Tahiti’ enxertados em citrumelo ‘Swingle’. Tendo em vista as restrições ao uso comercial desse porta-enxerto em ambientes que apresentam deficiência hídrica prolongada, os clones foram avaliados em duas áreas distintas diferenciadas pelo uso da irrigação. Na área não irrigada, a tolerância à deficiência hídrica foi avaliada visando à seleção de clones mais adequados para o cultivo sem irrigação.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Distribuição geográfica e mercado da lima ácida ‘Tahiti’

As estatísticas disponíveis para mercado nacional e internacional da lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka) encontram-se agrupadas com os limões [*Citrus limon* (L.) Burm. F.] (LUCHETTI et al., 2003; FAO, 2011; INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2011; ESTADOS UNIDOS, 2011).

A produção e o cultivo mundiais de limões e limas ácidas é de aproximadamente 13,6 milhões de toneladas e ocupa área de um milhão de hectares distribuídos nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (FAO, 2011). Os principais países produtores são Índia (2,5 mi t), México (1,9 mi t), Argentina (1,0 mi t), China (1,0 mi t), Brasil (0,97 mi t), Estados Unidos (0,85 mi t), Turquia (0,78 mi t), Espanha (0,55 mi t) e Itália (0,48 mi t) (FAO, 2011). No Brasil e México, há predominância das limas ácidas (mais de 98% da produção), ao contrário dos demais países mencionados, onde os limões são mais cultivados (CHABARIBERY; ALVES, 2001; FIGUEIREDO et al., 2001; MATHEIS; CURTI-DIAZ, 2007). A produção mexicana de limas ácidas tem como base a lima ácida ‘Galego’ [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle] (67% da produção) (MATHEIS; CURTI-DIAZ, 2007), enquanto que a produção e consumo brasileiros estão concentrados na lima ácida ‘Tahiti’ (CHABARIBERY; ALVES, 2001). Em 2010, a lima ácida ‘Tahiti’ representou 97,5% da quantidade total de limas e limões comercializados na Central de Abastecimento Gerais do Estado de São Paulo – CEAGESP (LOPES¹, 2011, informação verbal).

No Brasil, a cultura da lima ácida ‘Tahiti’ teve impulso na década de 1960 (SALIBE; ROESSING, 1965; SOARES FILHO; PASSOS, 1978) e, atualmente, a área colhida e a produção brasileira são de, aproximadamente, 41 mil hectares e 1 milhão de toneladas, respectivamente (IBGE, 2011). Em 2009, o valor da produção da lima ácida atingiu R\$ 435 milhões colocando a cultura na 11ª posição entre as frutíferas com maior valor da produção em nível nacional (IBGE, 2011).

¹ LOPES, A.P. Seção de Economia e Desenvolvimento - CEAGESP

A produção nacional de lima ácida 'Tahiti' concentra-se no Estado de São Paulo (77%). Nesse Estado, a cultura encontra-se distribuída em todas as regiões. Contudo, 72% da área cultivada concentra-se nos municípios abrangidos pelos Escritórios de Desenvolvimento Rural da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral - CATI de Catanduva (39%), Jaboticabal (24%) e Mogi Mirim (9%), localizados na região Norte e Centro-Leste do Estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2008). Em 2008, havia no Estado de São Paulo 5,9 mil propriedades rurais produtoras de lima ácida 'Tahiti' distribuídas em 32 mil hectares (SÃO PAULO, 2008), caracterizando-se como uma atividade de pequena propriedade rural (STUCHI; DONADIO; SEMPIONATO, 2002). Os Estados da Bahia e Minas Gerais são o segundo e o terceiro maiores produtores e detêm 5,4% e 5,2% da produção nacional, respectivamente (IBGE, 2011). A produtividade média brasileira da limeira ácida 'Tahiti' é de 20,5 t de frutos ha⁻¹, enquanto que no Estado de São Paulo, a produtividade média é de 27,2 t ha⁻¹ (IBGE, 2011). No entanto, em propriedades rurais que empregam tecnologias de produção adequadas observam-se rendimentos superiores a 40 t ha⁻¹ (LUCHETTI et al., 2003).

O principal destino da produção nacional de lima ácida é o mercado interno (89%), seguido pelo processamento (7%) e a exportação de frutos *in natura* (4%) (BOTEON, 2005). No mercado interno, o período 1998-2008 registrou aumento dos preços nas principais centrais de abastecimento brasileiras (FNP, 2004, 2011). Na CEAGESP, o preço médio anual e o volume comercializado da lima ácida 'Tahiti' aumentaram 390% e 55%, respectivamente (FNP, 2004, 2011). As exportações brasileiras de lima ácida 'Tahiti' ocorrem no período de safra (dezembro a março) e embora represente a menor parcela do destino da produção, o valor das exportações aumentou em 3000% no período 1998-2010 (IEA, 2008; INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS – IBRAF, 2011), tornando a lima ácida 'Tahiti' a quinta fruta brasileira mais exportada, após uva, melão, manga e maçã (IBRAF, 2011). Os padrões de qualidade exigidos pelo mercado interno e externo são diferentes. No mercado interno, há preferência por frutos verdes, brilhantes, casca fina e lisa, indicando que os frutos contêm elevado teor de suco (GAYET; SALVO FILHO, 2003). Frutos que apresentam estas características atingem cotações até 55% superiores no mercado interno. No mercado externo, há preferência por frutos com coloração verde escura e casca rugosa (IEA, 2008).

Embora se registre aumento do consumo brasileiro e das exportações da fruta fresca, tanto o mercado interno quanto o externo oferecem oportunidades de expansão ainda maiores. O consumo médio *per capita* brasileiro de limões e limas ácidas é baixo ($0,548 \text{ kg ano}^{-1}$) quando comparado, por exemplo, ao consumo espanhol ($11,22 \text{ kg ano}^{-1}$) (IEA, 2008). Além disso, as exportações brasileiras representam menos de 5% do mercado mundial de lima ácida ‘Tahiti’ (FNP, 2011).

Os preços no mercado interno apresentam variação em função da disponibilidade da fruta, atingindo valores máximos nos meses de entressafra (abril a novembro) quando a oferta é reduzida. Análise dos preços pagos ao produtor no período 1996-2010 revela que, em média, o preço na entressafra é 13,8 vezes superior ao praticado no período de safra (CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA - CEPEA, 2011). Ressalta-se que os frutos obtidos na entressafra provêm de surtos de florescimento secundários, característicos da espécie, e que representam até 30% da produção anual (FIGUEIREDO et al., 2002). Pela associação de práticas culturais e região de cultivo adequados, pode-se aumentar a porcentagem de frutos produzidos no período de entressafra, tornando os rendimentos financeiros ainda maiores (FERRAZ, 2007).

2.2 Classificação botânica, melhoramento e clones de lima ácida ‘Tahiti’

A limeira ácida ‘Tahiti’ pertence à família Rutaceae, subfamília Aurantioideae, tribo Citreae, subtribo Citrinae, gênero *Citrus* e espécie *Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka. Pertence ao pequeno grupo das limas, que por sua vez se subdivide em limas doces (*Citrus limettioides* Tanaka), com pouca importância comercial e em limas ácidas, composto pelas limas ácidas ‘Galego’ e ‘Tahiti’ (AGUSTÍ, 2003). A lima ácida ‘Tahiti’ é um híbrido triplóide (BACCHI, 1940) e possui como prováveis genitores uma lima ácida com sementes [*Citrus aurantifolia* (Christm.) Swingle] e uma cidra (*Citrus medica* L.) e/ou, provavelmente, um limão (*Citrus limon* (L.) Burm. f.) (REECE; CHILDS, 1962 apud HODGSON, 1967; CARVALHO, 2003). A lima ácida ‘Tahiti’ diferencia-se da ‘Galego’ pelo formato das folhas, maior tolerância ao CTV, pela produção de frutos grandes, ovalados, predominantemente desprovidos de sementes. A ausência de sementes decorre da inviabilidade do pólen e da quantidade reduzida de óvulos funcionais em função da natureza triplóide da planta (MOREIRA; GURGEL, 1941; HODGSON, 1967;

JACKSON et al., 1972; AGUSTÍ, 2003), dificultando a obtenção de novas seleções (SOARES FILHO; PASSOS, 1978). As sementes, quando encontradas, apresentam elevado grau de monoembrionia (REECE; CHILDS, 1962 apud HODGSON, 1967).

O provável centro de origem das limas ácidas é o norte da Malásia ou Nordeste da Índia (HODGSON, 1967; CHAPOT, 1975; AGUSTÍ, 2003). O nome 'Tahiti' deriva do fato da espécie ter sido introduzida na Califórnia a partir do Tahiti, entre os anos 1850 e 1880 (HODGSON, 1967). No Brasil, possivelmente, a espécie foi introduzida no século 17 (LUCHETTI et al., 2003). Entretanto, seu cultivo comercial teve impulso na década de 1960 com o declínio do cultivo da lima ácida 'Galego' devido à sua intolerância ao CTV (SALIBE; ROESSING, 1965; FIGUEIREDO; RODRIGUEZ; POMPEU JÚNIOR, 1976; SOARES FILHO; PASSOS, 1978).

Esforços para a obtenção de novos clones de limeira ácida 'Tahiti' se iniciaram em 1962 com pesquisa realizada na Estação Experimental de Limeira, pertencente ao Instituto Agronômico. Nesse estudo, foram avaliados seis clones da limeira ácida 'Tahiti' ("IAC-1", "IAC-2", "IAC-3", "IAC-4", "IAC-5" e "IAC-6"), todos enxertados em limoeiro 'Cravo' e cultivados sem irrigação (FIGUEIREDO; RODRIGUEZ; POMPEU JÚNIOR, 1976). O clone "IAC-5" destacou-se dos demais pela maior produção, maior vigor e ausência de fissuras na casca do tronco e ramos decorrentes da presença do vírus da exocorte (CEVd). Os clones "IAC-1", "IAC-2" e "IAC-6", mais severamente afetados pelo CEVd, apresentaram até 20% de mortalidade aos 10 anos de idade. Informações adicionais sobre a cultura indicam que o clone "IAC-5", juntamente com o clone "Quebra-galho", constituem a base da produção nacional da lima ácida 'Tahiti' (STUCHI; CYRILLO, 1998; FIGUEIREDO; STUCHI, 2003; SILVA, 2007).

O clone "IAC 5", também denominado "Peruano", foi obtido na Califórnia, EUA, em 1885, onde é denominado "Bearss lime" (HODGSON, 1967). Esse clone foi introduzido no Brasil pelo Instituto de Experimentação Agropecuária Centro Sul – IPEACS e selecionado em ensaio conduzido no IAC na década de 1960 (FIGUEIREDO; RODRIGUEZ; POMPEU JÚNIOR, 1976). O clone "IAC 5" é livre do CEVd, não apresentando fissuras na casca do tronco e ramos. Também apresenta menor incidência de hipertrofia do cálice das flores e maior tolerância ao CTV (RODRIGUEZ et al., 1973). As plantas desse clone são uniformes, apresentam porte elevado e produção concentrada no primeiro semestre, podendo atingir até

200 kg de frutos planta⁻¹ ano⁻¹ e longevidade de aproximadamente 10 anos (DONADIO, 1995; FIGUEIREDO; STUCHI, 2003). Os frutos provenientes de plantas deste clone apresentam 5,9 cm de altura e 5,5 cm de diâmetro, massa média de 97,4 g, espessura de casca entre 3,4 e 5,0 mm, porcentagem de suco de 38,2%, sólidos solúveis 8,6 °Brix, acidez 6,7% e “ratio” 1,29 (DONADIO, 1995).

As plantas do clone ‘Quebra-galho’ apresentam menor porte em relação ao clone “IAC-5”, maior presença de fissuras no tronco e ramos, menor longevidade e menor uniformidade do tamanho das plantas (FIGUEIREDO; STUCHI, 2003). Estas características resultam da presença do CEVd e outros viróides, tais como *Hop stunt viroid* (HSVd) e *Citrus dwarfing viroid* (CDVd) (FIGUEIREDO; STUCHI, 2003; SILVA, 2007; EIRAS et al., 2010). A produção média anual de frutos das plantas do clone “Quebra-galho” é inferior à das plantas do clone “IAC 5” (FIGUEIREDO; STUCHI, 2003). Entretanto, acredita-se que a produção do clone “Quebra-galho” seja superior na entressafra (FIGUEIREDO; STUCHI, 2003). Devido ao menor porte da planta e à maior produção de frutos na entressafra, ainda há preferência de alguns produtores pelo clone “Quebra-galho” (FIGUEIREDO; STUCHI, 2003; SILVA, 2007).

Não obstante as limitações resultantes da natureza triplóide da planta às técnicas de melhoramento convencional, novos clones foram obtidos por meio de polinização aberta, tais como os clones nucelares “CNPMF 01” e “CNPMF 02” (SOARES FILHO; PASSOS, 1978). Esses clones são provenientes de estudo iniciado na década de 1970 no então Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Leste - IPEAL, BA, atualmente, EMBRAPA Mandioca e Fruticultura (SOARES FILHO; PASSOS, 1978; FIGUEIREDO; STUCHI, 2003). Além desses, outros clones nucelares foram obtidos pela EMBRAPA Mandioca e Fruticultura, destacando-se os clones “CNPMF 2000” e “CNPMF 2001”. As plantas do clone “CNPMF 2001” apresentam porte e produção elevados, frutos ovalados, desprovidos de sementes com massa média de 130 g (PASSOS; SOARES FILHO; BARBOSA, 2009). O clone “CNPMF 2000” produz frutos com menor acidez e formato menos ovalado, contendo uma semente em média (SOARES FILHO et al., 2001; PASSOS et al., 2009; PASSOS², 2011, informação verbal).

² PASSOS, O.S. Pesquisador da EMBRAPA Mandioca e Fruticultura

A lima ácida 'Tahiti' apresenta intolerância às estirpes severas do CTV (MOREIRA, 1968; MÜLLER; COSTA; CAMPOS, 1973). Formas severas do CTV foram relatadas em pomares do Estado de São Paulo, causando redução do crescimento, caneluras nos ramos da copa e produção de frutos de tamanho reduzido (MÜLLER; COSTA; CAMPOS, 1973; RODRIGUEZ et al., 1973). Essas constatações motivaram a sanitização e premunização de clones de lima ácida 'Tahiti' contra estas estirpes (CARVALHO et al., 2001; FIGUEIREDO; STUCHI, 2003), tais como o acesso 304 do Banco Ativo de Germoplasma do Centro APTA Citros Sylvio Moreira e os clones "CNPMF 01" e "CNPMF 02". Após a premunização, esses clones passaram a ser denominados de "IAC 5-1", "CNPMF 01" premunizado e "CNPMF 02" premunizado, respectivamente (CARVALHO et al., 2001; STUCHI; DONADIO; SEMPIONATO, 2002). Ressalta-se que desde 2001, o clone "IAC 5-1" substituiu o clone "IAC 5" nas liberações de borbulhas pelo IAC (CARVALHO³, 2011, informação verbal).

Em Bebedouro, o clone "CNPMF-01" premunizado, enxertado em tangerina 'Cleópatra' (*Citrus reshi* Hort. Tanaka), apresentou produção média de 91,6 kg planta⁻¹ ano⁻¹ entre o segundo e nono anos após o plantio (STUCHI; DONADIO; SEMPIONATO, 2002), enquanto que a produção média do clone "IAC-5" também enxertado em tangerina 'Cleópatra' foi de 22,9 kg planta⁻¹ ano⁻¹ no mesmo período (FIGUEIREDO et al., 2002). Em função desse resultado, acredita-se que o clone "CNPMF-01" premunizado é um clone superior de lima ácida 'Tahiti' e que pode tornar-se mais produtivo, se enxertado em porta-enxertos que já demonstraram serem mais adequados para a espécie, como o citrumelo 'Swingle' (STUCHI; DONADIO; SEMPIONATO, 2002). Em 1998, foram selecionadas e multiplicadas as plantas mais produtivas do clone "CNPMF 01" premunizado na Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro - EECB, originando o clone "CNPMF/EECB" (STUCHI; DONADIO; SEMPIONATO, 2002; STUCHI⁴, 2008, informação verbal).

³ CARVALHO, S.A. Pesquisador VI do Centro Apta Citros Sylvio Moreira

⁴ STUCHI, E.S. Pesquisador A do CNPMF/EMBRAPA e Diretor Científico da EECB

2.3 Irrigação no cultivo da limeira ácida ‘Tahiti’

No Brasil, embora os índices pluviométricos das principais regiões produtoras atendam à exigência hídrica anual das plantas cítricas (600-1300 mm ano⁻¹) (REUTHER, 1973; ORTOLANI et al., 1991; DOORENBOS; KASSAM, 1994; CINTRA; LIBARDI; SAAD, 2000; SENTELHAS, 2005; SILVA, 2005), a sazonalidade e a distribuição da precipitação pluviométrica são irregulares, havendo regiões e períodos do ano em que a deficiência hídrica é acentuada. Mesmo a deficiência hídrica de curta duração pode ser limitante quando ocorre durante estádios fenológicos críticos, tais como no florescimento e na fixação dos frutos (DOORENBOS; KASSAM, 1994; DAVIES; ALBRIGO, 1994). Nessas condições, o crescimento da planta e a produção de frutos podem ser comprometidos, em menor ou maior nível, em função das condições edafoclimáticas (tipo de solo, intensidade e duração da deficiência hídrica), dos atributos da planta (espécie copa e porta-enxerto e idade) e do manejo (ZANINI; PAVANI, 1998; PIRES et al., 2005; SENTELHAS, 2005; RIBEIRO et al., 2005; GIRARDI, 2008).

Dessa forma, estudos envolvendo irrigação na cultura da lima ácida ‘Tahiti’ foram realizados no Brasil. Estes estudos tiveram como objetivo estabelecer coeficientes de cultura (ALVES JÚNIOR et al., 2007), lâminas de irrigação (ALVES JÚNIOR et al., 2005, 2011), porcentagem de área molhada (SOUZA et al., 2003), estádios fenológicos críticos à deficiência hídrica (SILVA et al., 2006), manejo da irrigação (SOUZA et al., 2004) e a resposta de porta-enxertos à irrigação (ESPINOZA- NÚÑEZ et al., 2011).

Estudos realizados em Piracicaba, SP, revelaram que a reposição de 100% da evapotranspiração da cultura (ET_c) aumentou as taxas de assimilação de CO₂, a condutância estomática, o crescimento vegetativo e produção de frutos de limeira ácida ‘Tahiti’ clone “IAC 5” enxertada em citrumelo ‘Swingle’ (ALVES JÚNIOR et al., 2005, 2011). O aumento na produção de frutos foi de 120% e 32% no terceiro e quarto anos de idade das plantas, respectivamente, independentemente da lâmina aplicada (25% a 100% da ET_c), sem, contudo, ser verificada qualquer influência da lâmina de irrigação na qualidade dos frutos (ALVES JÚNIOR et al., 2011). Ainda em Piracicaba, SP, a suspensão da irrigação em diferentes estádios fenológicos, inclusive entre o florescimento e a fixação de frutos, não influenciou a produção de frutos (SILVA et al., 2006). Este resultado parece estar associado à

elevada precipitação registrada entre o florescimento e a colheita, que atingiu 676 mm durante o período experimental.

A porcentagem da área molhada em relação à área de projeção da copa exerce influência na produção, na distribuição da produção e na qualidade de frutos de lima ácida 'Tahiti' enxertada em limão 'Cravo'. Em estudo realizado em Visconde do Rio Branco, MG, verificou-se que a irrigação possibilitou aumento da produção de frutos na entressafra, independentemente da área molhada (15%, 31% e 46%). Contudo, os maiores valores de produção foram verificados nas plantas irrigadas em 46% da área da projeção da copa. Além da maior produção, o aumento da área molhada resultou em maior diâmetro e massa dos frutos (SOUZA et al., 2003).

Além dos efeitos sobre o crescimento vegetativo, produção e qualidade dos frutos, o manejo adequado da irrigação pode ser uma alternativa viável para a obtenção de incrementos da produção de frutos na entressafra (VIEIRA, 1984, 1988; COELHO, 1993). A irrigação contínua ou a sua suspensão por um período de sete semanas, seguida da reidratação das plantas, proporcionaram maior produção de frutos de lima ácida 'Tahiti' na entressafra em relação à suspensão da irrigação por 13 semanas (SOUZA et al., 2004). Este resultado indica que a deficiência hídrica prolongada pode ser prejudicial à produção de frutos de lima ácida 'Tahiti'.

A resposta da limeira ácida 'Tahiti' à irrigação depende do porta-enxerto e da idade do pomar. Estudo realizado em Bebedouro, SP, revelou que a influência da irrigação por gotejamento (uma linha de emissores) na produção de frutos é mais expressiva no período de formação do pomar, contudo o incremento de produção é variável em função do porta-enxerto, e de uma forma geral, aqueles que induzem maior vigor à copa respondem menos à irrigação (ESPINOZA- NÚÑEZ et al., 2011). Esse estudo demonstrou ainda que o efeito da irrigação na produção está relacionado ao aumento do volume da copa, visto que a irrigação não aumentou a eficiência produtiva das plantas. Inclusive, em alguns porta-enxertos, como o trifoliata 'Flying Dragon' (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. var. *monstrosa*), a eficiência produtiva foi reduzida com o uso da irrigação (ESPINOZA- NÚÑEZ et al., 2011).

2.4 Tolerância de citros à deficiência hídrica

As plantas cítricas ocorrem naturalmente em sub-bosques de florestas úmidas localizadas na Ásia (DAVIES; ALBRIGO, 1994). Nesse ambiente, as plantas desenvolveram área foliar e densidade estomática elevadas, e sistema radicular pouco profundo, com baixa condutividade hidráulica (KRIEDMANN; BARRS, 1981). Sob condições atmosféricas adversas, essas características podem resultar em desequilíbrio entre a absorção e a perda de água, reduzindo o conteúdo de água na planta (KRIEDMANN; BARRS, 1981). Por outro lado, as plantas cítricas apresentam mecanismos que permitiram sua adaptação a ambientes que apresentam deficiência hídrica, tais como redução da área foliar, aprofundamento das raízes, redução da condutância estomática, ajuste osmótico e ajuste elástico. Essas adaptações viabilizaram o cultivo comercial de plantas cítricas em diversas regiões do mundo.

A redução do conteúdo de água na planta desencadeia uma série de reações que se iniciam com a redução do volume e da pressão de turgor da célula. A redução do turgor é um dos principais efeitos decorrentes da deficiência hídrica. Dessa forma, os eventos que dependem do turgor, tais como, expansão foliar e alongamento das raízes são comprometidos, podendo ocorrer redução do número de folhas em função da redução do número e taxa de crescimento dos ramos (TAIZ; ZEIGER, 2004). Em citros, estes efeitos foram reportados em diversos estudos (SYVERTSEN; 1999; QIANG-SHENG; REN-XUE, 2006; ALVES JÚNIOR et al., 2005, 2011; GIRARDI, 2008; MAGALHÃES FILHO et al., 2008; ESPINOZA- NÚÑEZ et al., 2011). Além da redução da área foliar em decorrência do menor crescimento e da menor expansão do limbo foliar, observa-se abscisão de folhas de plantas cítricas submetidas à deficiência hídrica em função do aumento da concentração de etileno nas folhas (BEN-YEHOSHUA; ALONI, 1974). A redução da área foliar é uma forma da planta equilibrar a perda da água com a disponibilidade hídrica do ambiente (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Considerada uma importante adaptação dos citros à deficiência hídrica (FERERES et al., 1979; CASTRO, 1994), a redução da condutância estomática em decorrência do fechamento dos estômatos permite que a planta reduza a perda de água pelo processo de transpiração. O fechamento estomático pode ser resultante de processo hidropassivo ou hidroativo. O fechamento hidropassivo é induzido pela redução da pressão de turgor das células-guarda dos estômatos em decorrência da

perda direta de água destas células para a atmosfera (TAIZ; ZEIGER, 2004). O fechamento hidroativo depende de processos metabólicos que ocorrem nas células guarda e é desencadeado pelo ácido abscísico (ABA) mediante o decréscimo do conteúdo de água na célula (TAIZ; ZEIGER, 2004). Na cultura dos citros, tais processos foram amplamente relatados e relacionados com o estado hídrico da planta e com a demanda evaporativa da atmosfera (FERERES et al., 1979; LEVY, 1980; MEDINA et al., 1998, 1999; MACHADO et al., 2002; ANGELOCCI et al., 2004; GOMES et al., 2004; QIANG-SHENG; REN-XUE, 2006).

O crescimento das raízes é uma estratégia visando aumentar a relação entre o sistema radicular e a parte aérea da planta. A inibição da expansão foliar reduz o consumo de energia e uma quantidade maior de assimilados pode ser destinada para o crescimento radicular em direção a zonas profundas e úmidas do solo (TAIZ; ZEIGER, 2004). Esse mecanismo foi constatado nas laranjeiras 'Pêra' e 'Valência' (*Citrus sinensis* L. Osbeck) enxertadas em diferentes porta-enxertos (MAGALHÃES FILHO et al., 2008; GIRARDI, 2008).

O ajuste osmótico desenvolve-se lentamente e permite que a planta continue a absorver água do solo, mesmo quando esta se encontra em quantidade restrita. O ajuste é realizado por meio do acúmulo de compostos orgânicos ou íons nas células, levando à redução do potencial hídrico, sem decréscimo da pressão de turgor ou do volume celular (TAIZ; ZEIGER, 2004). Diversos são os compostos que atuam como reguladores osmóticos (MEDINA et al., 2005). Esses compostos não interferem nas funções das enzimas (TAIZ; ZEIGER, 2004) e permitem que a planta mantenha a absorção de água e, conseqüentemente, a abertura estomática, fotossíntese e o crescimento (BLUM, 1996; MOLINARI et al., 2004). Nos citros, embora existam controvérsias sobre a existência desse ajuste (SAVÉ et al., 1995), há relatos sobre o aumento da concentração de alguns compostos nos tecidos vegetais que foram relacionados ao ajuste osmótico em plantas cítricas submetidas à deficiência hídrica (QIANG-SHENG; REN-XUE, 2006; GIRARDI, 2008). Dentre esses compostos, destaca-se o aminoácido prolina presente em elevada concentração nos tecidos de plantas cítricas (MOLINARI et al., 2004; MEDINA et al., 2005; QIANG-SHENG; REN-XUE, 2006). Além de atuar como osmorregulador, a prolina pode prevenir o aumento da concentração de ABA (MOLINARI et al., 2004) e agir como um sinal para transdução de genes responsáveis por respostas da planta ao estresse (KHEDR et al., 2003).

O ajuste elástico envolve alterações na parede celular permitindo a manutenção da turgescência da célula. Estudo realizado com laranja doce 'Newhall' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) e tangor 'Ellendale' (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck x *Citrus reticulata* Blanco) indicou que a deficiência hídrica aumentou a elasticidade da parede celular, exigindo déficit hídrico maior para levar a perda de turgescência da célula (SAVÉ et al., 1995).

2.5 Podridão floral dos citros (*Colletotrichum* spp.)

Apesar de tolerante aos agentes causadores das principais doenças que afetam as laranjas doces, tais como, a mancha-preta, clorose variegada dos citros, leprose dos citros, cancro cítrico e declínio (FIGUEIREDO et al., 2000), a lima ácida 'Tahiti' é afetada por diversas outras doenças que comprometem sua exploração econômica, com destaque para a podridão floral.

A podridão floral foi descrita pela primeira vez em 1956 na América Central (FAGAN, 1979) e, atualmente, impõe limitações severas ao cultivo dos citros nas principais regiões produtoras do continente americano, inclusive no Brasil (KURAMAE-IZIOKA et al., 1997; KUPPER; GIMENES-FERNANDES; GOES, 2003). A doença é causada pelos fungos *Colletotrichum acutatum* Simmons e *Colletotrichum gloeosporioides* cujos sintomas envolvem o aparecimento de lesões nas pétalas das flores e a abscisão prematura de frutos, podendo causar perda total da produção (CHEN et al., 2006; LIMA et al., 2011). Em contraste com a abscisão natural dos frutos, que ocorre na junção do pedúnculo e o ramo, a queda decorrente da infecção do fungo ocorre na região do cálice floral, permanecendo retidos à planta o pedúnculo, o disco e o cálice floral (KURAMAE-IZIOKA et al., 1997; AGUILAR-VILDOSO et al., 2003; CHEN et al., 2006). Esse sintoma pode ser utilizado para auxiliar o diagnóstico da doença (KURAMAE-IZIOKA et al., 1997). A infecção e a severidade da doença dependem de condições ambientais específicas e favorecidas por molhamento prolongado da planta (10h – 12h) associado a temperaturas do ar entre 24° e 28°C (AGUILAR-VILDOSO et al., 2003).

Em maior ou menor nível, todas as cultivares de citros são suscetíveis à podridão floral (LARANJEIRA et al., 2005; AGUILAR-VILDOSO et al., 2003; CHEN et al., 2006). As tangerineiras (*Citrus reticulata* Blanco) apresentam menor suscetibilidade, ao contrário das limeiras ácidas, limoeiros e laranja 'Pêra' (*Citrus*

sinensis L. Osbeck). Essas espécies são mais suscetíveis à doença por apresentarem numerosas floradas ao longo do ano (AGUILAR-VILDOSO et al., 2003; LARANJEIRA et al., 2005).

Sob condições ambientais favoráveis, o progresso da doença é rápido, reduzindo a eficácia ou até mesmo impossibilitando o controle químico (KUPPER; GIMENES-FERNANDES; GOES, 2003). Além disso, devido ao intenso uso de determinados fungicidas, já foi relatada a existência de isolados resistentes (KURAMAE-IZIOKA; SOUZA; MACHADO, 1997). Dessa forma, além de cultivares tolerantes, o uso de porta-enxertos ou técnicas de cultivo que alterem o florescimento para períodos menos favoráveis à infecção pelo agente causal são fundamentais para a elaboração de estratégias de manejo dessa doença (FEICHTENBERGER et al., 2005).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi instalado na Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro - EECB (latitude 20° 53' 16"S; longitude 48° 28' 11" W; 601 m de altitude), localizada no Km 384 da Rodovia Brigadeiro Faria Lima, no município de Bebedouro, Estado de São Paulo, Brasil.

O clima da região, segundo classificação de Köppen, é do tipo Cwa (subtropical, com inverno moderado e seco e verão quente e chuvoso). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura média, A moderado hipoférrico (EMBRAPA, 2006; ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE CITRICULTURA DE BEBEDOURO, 2011).

O experimento foi instalado em março de 2005 e as avaliações realizadas entre os anos 2007 e 2011. A precipitação pluviométrica média anual registrada no período 2005-2011 foi de 1408 mm e as temperaturas máximas e mínimas médias de 29,2°C e 17,1°C, respectivamente. O extrato do balanço hídrico climatológico do período 2005-2011 indica déficit hídrico médio de 254 mm entre os meses de abril e outubro e excedente hídrico médio de 415 mm entre os meses de novembro e março (Figura 1).

Figura 1 - Extrato do balanço hídrico climatológico médio do período 2005-2011 calculado por meio de planilha eletrônica pelo método de Thornthwaite e Mather (ROLIM; SENTELHAS; BARBIERI, 1998). Bebedouro, SP. EXC = excedente hídrico; DEF = deficiência hídrica. Capacidade de água disponível de 100 mm.

3.2 Tratamentos e delineamento estatístico

Foram avaliados cinco clones de lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka), a saber: "IAC 5", "IAC 5 - 1", "CNPMF/EECB", "CNPMF 2000" e "CNPMF 2001".

Os clones foram avaliados em duas áreas experimentais distintas e adjacentes, diferenciadas pelo uso da irrigação (Anexo). Na área irrigada, utilizou-se um sistema de gotejamento, composto por uma linha de emissores auto-compensantes, com vazão unitária de $2,3 \text{ L h}^{-1}$, espaçados entre si em 1,4 m. A irrigação foi programada para aplicações diárias visando a reposição de 60% da evapotranspiração potencial. A estimativa da evapotranspiração potencial (ET_p) foi realizada com base nos dados climáticos diários registrados por estação meteorológica automática (Campbell Scientific Ltd., CR10) distante 500 m do experimento. Em 2011, a irrigação foi suprimida visando facilitar a visualização dos sintomas de Huanglongbing, mais evidentes durante o outono e inverno (FEICHTENBERGER et al., 2005). O espaçamento de plantio foi de 8,0 x 4,2 m em ambas as áreas experimentais.

Todos os clones foram enxertados em citrumelo 'Swingle' [*Citrus paradisi* Macf. cv. Duncan x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] dada a elevada produção de frutos, volume intermediário de copa e tolerância intermediária à deficiência hídrica induzida às copas nele enxertadas (FIGUEIREDO; STUCHI, 2003).

As borbulhas utilizadas para a formação das mudas dos diferentes clones foram cedidas pelo Centro APTA Citros Sylvio Moreira do Instituto Agrônomo de Campinas (clones "IAC 5" e "IAC 5-1"), Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro (clone "CNPMF/EECB") e EMBRAPA Mandioca e Fruticultura (clones "CNPMF 2000" e "CNPMF 2001").

O delineamento experimental adotado em ambas as áreas experimentais (irrigada e não irrigada) foi em blocos aleatorizados com cinco tratamentos (clones) e quatro repetições. Cada parcela foi constituída por três plantas.

3.3 Crescimento vegetativo

O crescimento vegetativo das plantas foi avaliado anualmente, após a colheita da safra principal (março-abril), pela determinação da altura, diâmetro e volume da copa e diâmetro do tronco.

Os valores de altura foram obtidos pela medida a partir do nível do solo até o topo das plantas. Os valores do diâmetro da copa foram obtidos pela média de duas medidas, tomadas paralela e perpendicularmente à fileira de plantas. Ambas as medidas foram realizadas com auxílio de régua graduada em centímetros. Considerando que a planta apresenta forma geométrica semelhante a uma semi-elipsoide prolata (MENDEL, 1956, apud POMPEU JÚNIOR, 1972; ZEKRI, 2000; STENZEL; NEVES, 2004), o volume da copa foi calculado mediante a seguinte equação:

$$V = 2/3 \pi (D/2)^2 H$$

sendo, V o volume (m³), D o diâmetro da copa (m) e H, a altura da planta (m). O diâmetro do tronco foi determinado cinco centímetros acima do ponto de enxertia com auxílio de paquímetro graduado em milímetros.

Com base no diâmetro da copa, medido paralela (Dpa) e perpendicularmente (Dpe) à fileira das plantas, estimou-se a densidade de plantio ajustada ao diâmetro da copa das plantas no sexto ano após o plantio (número de plantas ha⁻¹) mediante equação proposta por De Negri; Stuchi e Blasco (2005):

$$\text{Densidade de plantio ajustada} = 10000 / (Dpa \times 0,75) \times (Dpe + 2,5)$$

O comprimento dos espinhos foi avaliado tendo em vista a sua influência no rendimento operacional da colheita. Dessa forma, em setembro de 2011, foi medido o comprimento de três espinhos, na porção apical, mediana e basal, de dois ramos maduros por parcela. O comprimento foi medido a partir da base até o topo do espinho com auxílio de paquímetro graduado em milímetros.

3.4 Produção de frutos e eficiência produtiva

A avaliação da produção de frutos foi realizada entre o segundo e sexto anos após o plantio (2007-2011). Devido às numerosas floradas observadas ao longo dos anos estudados, foram realizadas até quatro colheitas anuais. Essas colheitas foram realizadas quando 70% dos frutos atingiram diâmetro mínimo de 50 mm.

Foi analisada a produção acumulada entre o segundo e terceiro anos após o plantio (produção inicial), visando a avaliação da precocidade de produção das plantas, bem com a produção acumulada entre o segundo e sexto ano após o plantio (produção total). Os valores de produção obtidos nas colheitas realizadas no segundo semestre foram analisados, permitindo avaliação da produção de frutos na entressafra. Além disso, com base na densidade de plantio ajustada para os valores de diâmetro da copa no sexto ano após o plantio, estimou-se a produção de frutos por hectare ($\text{kg de frutos ha}^{-1}$) pela multiplicação entre a densidade de plantio ajustada e a produção acumulada por planta entre o segundo e o sexto ano após o plantio. Pela razão entre produção de frutos ($\text{kg de frutos planta}^{-1}$) e volume de copa (m^3) foi estimada a eficiência produtiva das plantas ($\text{kg de frutos m}^{-3}$).

3.5 Qualidade dos frutos

A qualidade dos frutos foi avaliada no primeiro semestre dos anos 2009, 2010 e 2011. Em cada avaliação, foram amostrados 12 frutos por parcela, coletados na altura mediana dos quatro quadrantes da copa.

Nas safras 2009 e 2010, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Análises Tecnológicas da EECB, onde foram submetidas à avaliação de massa (g), diâmetro equatorial (mm), rendimento de suco (%), sólidos solúveis totais ($^{\circ}\text{Brix}$) e acidez total (%).

Em 2011, as amostras foram encaminhadas ao Laboratório de Pós-colheita de Plantas Hortícolas do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ, onde foram submetidas às mesmas avaliações realizadas nos anos anteriores, incluindo-se ainda a determinação da concentração de ácido ascórbico (vitamina C) e da cor da casca dos frutos.

A massa dos frutos foi determinada em balança digital (Toledo, 9094C/5), com precisão de 5 g, e o diâmetro medido na região equatorial dos frutos com auxílio de paquímetro graduado em milímetros. Após as determinações de massa e diâmetro, o suco dos frutos foi extraído mecanicamente por extratora (OIC, OTTO 1800) (avaliações realizadas em 2009 e 2010) ou com espremedor manual de frutos (Skymssen, EXB) (avaliação realizada em 2011). O rendimento de suco foi calculado pela razão entre a massa do suco e a massa do fruto e expresso em porcentagem (%).

O teor de sólidos solúveis totais foi determinado por leitura direta em refratômetro digital (Atago, PAL-1). A acidez total foi obtida por titulação com hidróxido de sódio 0,3125 N e o pH medido com auxílio de pHmetro digital (Tecnal, Tec 3MP). A concentração de ácido ascórbico (vitamina C) foi determinada em frutos colhidos no primeiro semestre de 2011, por titulação com 2,6-diclorofenol-indofenol e expressa em mg 100g⁻¹.

A cor da casca dos frutos foi determinada com colorímetro (Minolta, CR-300), efetuando-se duas leituras por fruto, em lados opostos da região equatorial, sob o iluminante D65 (simula a luz do dia incluindo radiação UV). Em cada leitura, foram determinados os valores de luminosidade (L^* ; $L^*=0$, preto; $L^*=100$, branco) e as coordenadas a^* ($-a^*$, verde; $+a^*$, vermelho) e b^* ($-b^*$, azul; $+b^*$, amarelo) (McGUIRE, 1992). Com base nos valores de a^* e b^* , foram calculados o ângulo de cor (h° ; $h^\circ = 0^\circ$, vermelho; 90° , amarelo; 180° , verde; 270° , azul) e o índice de saturação ou croma (C^* ; $C^*=0$, cinza; $C^*=60$, cores vívidas) (McGUIRE, 1992; CANTUARIAS-AVILÉS et al., 2011). As variáveis colorimétricas foram registradas com auxílio de software (Cyberchrome, Inc., OnColor QC).

Nas safras 2009 e 2010, foram medidos individualmente o diâmetro de 400 frutos por clone (100 frutos por parcela). Posteriormente, esses frutos foram classificados em função do diâmetro, de acordo com o Programa Brasileiro para Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortigranjeiros (CEAGESP, 2000; GUTIERREZ; ALMEIDA, 2005) e em classes utilizadas por uma empresa exportadora de lima ácida 'Tahiti' (CANTUARIAS-AVILÉS, 2009).

3.6 Avaliação da tolerância à deficiência hídrica

Visando selecionar clones de limeira ácida ‘Tahiti’ adequados para cultivo sem irrigação, a tolerância dos clones à deficiência hídrica foi avaliada de 2008 a 2011. As avaliações foram realizadas visualmente e pela medida do potencial da água na folha. Os balanços hídricos climatológicos dos anos em que a tolerância à deficiência hídrica foi avaliada são apresentados no Apêndice A.

3.6.1 Avaliação visual

Os sintomas decorrentes da deficiência hídrica em citros incluem aumento da abscisão foliar, enrolamento do limbo foliar e alterações na cor das folhas (FERERES et al., 1979; DEIDDA et al., 1996; CANTUARIAS-AVILÉS et al., 2011). Estudos anteriores avaliaram a intensidade da abscisão foliar e enrolamento do limbo foliar por meio de escalas de notas, relacionando-os com a capacidade da planta em tolerar a deficiência hídrica (FIGUEIREDO et al., 2002; ESPINOZA-NÚÑEZ, 2010; CANTUARIAS-AVILÉS et al., 2011).

Sendo assim, avaliações visuais de tolerância à deficiência hídrica foram realizadas em 2008, 2009 e 2011, nos meses que apresentaram deficiência hídrica acentuada (agosto/setembro). Em 2008 e 2009, a avaliação visual foi realizada conforme metodologia descrita em estudos anteriores (STUCHI; DONADIO; SEMPIONATO, 2000; FIGUEIREDO et al., 2002; CANTUARIAS-AVILÉS, 2009). Essas avaliações envolveram escala de notas que variaram de um (menor tolerância à deficiência hídrica) a três (maior tolerância à deficiência hídrica) e baseada na turgescência das folhas, utilizando como indicador o enrolamento do limbo foliar, e no enfolhamento da planta. As notas foram atribuídas por dois avaliadores e a nota final foi calculada pela média das duas avaliações.

Na avaliação realizada em 2011, o método utilizado nos anos anteriores foi modificado, visando facilitar a padronização dos critérios aplicados pelos avaliadores, bem como melhorar a caracterização de estados intermediários de tolerância à deficiência hídrica. As modificações envolveram o aumento do número de notas da escala (5 notas) e a atribuição de notas para as variáveis turgescência e enfolhamento separadamente, além da inclusão da avaliação visual da cor das folhas. Com base na média simples das notas dessas três variáveis, foi

calculada a nota referente à tolerância à deficiência hídrica (TDH). A escala de notas variou de um (menor turgescência, intensidade da cor verde escuro, menor enfolhamento e TDH) a cinco (maior turgescência, intensidade da cor verde escuro, maior enfolhamento e TDH). Em 2011, as notas foram atribuídas por quatro avaliadores e a nota final para cada variável avaliada foi calculada pela média das quatro avaliações.

3.6.2 Avaliação do potencial da água na folha

Com o objetivo de aprofundar a caracterização dos clones envolvendo a tolerância à deficiência hídrica, bem como verificar a influência da irrigação no estado hídrico das plantas, a partir de 2009 foram realizadas avaliações do potencial da água na folha.

O potencial da água na folha foi avaliado em 2009 (julho e agosto), 2010 (maio, julho, agosto e setembro) e 2011 (junho, julho e setembro) por meio de câmara de pressão (Soil Moisture, 3005) (KAUFFMANN, 1968). Com exceção da avaliação realizada em agosto de 2009, as medidas foram tomadas às 6h e às 14h, horários em que são observados os maiores e menores valores de potencial da água na folha, respectivamente (MACHADO et al., 2002). Em agosto de 2009, o potencial da água na folha foi medido somente no período da manhã em função de problemas envolvendo o funcionamento da câmara de pressão.

Foram avaliadas três plantas por parcela, amostrando-se em cada planta uma folha madura e completamente expandida, localizada no terço médio, lado oeste e na periferia da copa. Para evitar a desidratação, imediatamente após a excisão, as folhas foram armazenadas em sacos plásticos dotados de sistema de fechamento rápido (Ziploc®) e acondicionadas em caixa com isolamento térmico contendo gelo, até o momento da avaliação. O intervalo entre a excisão e a medida do potencial da água na folha variou entre 20 e 90 minutos. Desde que armazenadas em ambiente escuro e refrigerado, folhas de citros podem ser mantidas por até seis horas após a excisão sem redução significativa do potencial da água (MELO; GRUBER; COELHO, 2007).

Em 2009 e 2010, as medidas de potencial da água na folha foram realizadas em plantas conduzidas com e sem irrigação. Em 2011, devido à

interrupção da irrigação, as medidas foram realizadas apenas nas plantas cultivadas sem irrigação.

3.7 Assimilação líquida de CO₂, transpiração, condutância estomática e eficiência do uso da água

A avaliação da taxa de assimilação líquida de CO₂ (A , $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) foi realizada em 2010, 2011 e 2012. Em 2010, as avaliações foram conduzidas em outubro, no início da estação úmida, e em dezembro, após a regularização das precipitações pluviométricas. Em 2011, as avaliações foram realizadas em meses que apresentaram déficit hídrico (junho, julho e setembro). Em 2012, as medidas foram tomadas em fevereiro, mês que apresenta excedente hídrico. Em 2010, as avaliações foram realizadas nas plantas cultivadas com e sem irrigação, no período da manhã (9h), com auxílio de medidor de fotossíntese portátil (Licor Ltd., Li – 6400). Em 2011 e 2012, as avaliações foram realizadas apenas em plantas cultivadas sem irrigação, nos períodos da manhã (9h) e da tarde (14h), com auxílio de medidor de fotossíntese portátil (ADC BioScientific Ltd, LCpro – SD).

Nas avaliações conduzidas em 2011 e 2012, além de A , foi avaliada a taxa de transpiração (E , $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a condutância estomática (g_s , $\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Pela razão entre A e E , calculou-se a eficiência do uso da água [EUA , $\mu\text{mol CO}_2 (\text{mmol H}_2\text{O})^{-1}$] (MACHADO et al., 2005). Essas medidas tiveram como objetivo a identificação de possíveis influências fisiológicas envolvidas nas respostas dos clones à deficiência hídrica.

As avaliações foram realizadas em oito plantas por clone (duas plantas por parcela), sob radiação fotossinteticamente ativa de $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, considerada saturante para a espécie (MACHADO et al., 2005) e condições naturais de temperatura, déficit de pressão de vapor e concentração de CO₂ ($350\text{-}360 \mu\text{mol mol}^{-1}$). Em cada planta avaliada, foi selecionada e avaliada uma folha madura, localizada na periferia da copa e com idade de aproximadamente seis meses. A variação diária da radiação solar e da temperatura do ar nas datas das avaliações foram registrados por estação meteorológica automatizada localizada a 500 metros do experimento (Apêndice B). O déficit de pressão de vapor do ar (DPV_{ar}) foi calculado de acordo com equação proposta por Murray (1967).

3.8 Densidade e comprimento dos estômatos

A densidade estomática e o comprimento dos estômatos nas folhas foram avaliados com o objetivo de verificar possível influência anatômica no estado hídrico das plantas sob deficiência hídrica. Dessa forma, em abril de 2011, foram selecionadas oito plantas por clone, das quais foi retirada uma folha madura, completamente expandida, localizada no terço médio e na periferia da copa de cada planta. Após a excisão, realizou-se a impressão da face abaxial da epiderme das folhas em lâmina, segundo método descrito por Segatto, Bisognin e Benedetti (2007). A contagem dos estômatos foi realizada em campos de $0,3 \text{ mm}^2$ obtidos com microscópio eletrônico (Carl Zeiss, Axiovert 35), sob aumento de 100x. Os campos foram digitalizados com auxílio de câmara digital (Carl Zeiss, AxioCam ICc3), acoplada ao microscópio, e software específico (Carl Zeiss, Axio Vision 40 v. 4.8.1). Em cada campo, foi avaliado o comprimento de 10 estômatos.

3.9 Teor relativo de clorofila

Estudos anteriores relataram que, de forma geral, plantas submetidas à deficiência hídrica, incluindo a limeira ácida 'Tahiti', apresentam redução do teor de clorofila (HSIAO, 1973; NORMAN; MAIER; PON, 1990; FANIZZA; RICCIARDI; BAGNULO, 1991; ROCHA, 2008; GUERFEL et al., 2009). Dessa forma, com o objetivo de verificar a influência da deficiência hídrica sobre o teor de clorofila, em setembro de 2011, foram realizadas avaliações do teor de clorofila em plantas cultivadas sem irrigação. Adicionalmente, o teor de clorofila foi avaliado em fevereiro de 2012, visando à avaliação do conteúdo relativo de clorofila após a reidratação das plantas.

O teor relativo de clorofila foi avaliado por meio de medidor portátil Soil Plant Analysis Development (Minolta, SPAD-502) que estima o conteúdo relativo de clorofila (valor SPAD). Estudos anteriores verificaram forte correlação entre valores SPAD e teores de clorofila determinados em laboratório, indicando a validade do método para essa finalidade em citros (DEIDDA et al., 1996; JIFON; SYVERTSEN; WHALEY, 2005; JESUS; MARENCO, 2008).

As medidas foram realizadas em folhas adjacentes àquelas utilizadas para as avaliações do potencial da água das folhas, A , E e g_s . Em cada folha, as medidas foram tomadas no terço médio e ao lado da nervura central.

3.10 Similaridade de clones de lima ácida 'Tahiti' em função da tolerância à deficiência hídrica

Visando verificar a similaridade dos clones de lima ácida 'Tahiti' em função da tolerância à deficiência hídrica, aplicou-se análise de agrupamento pelo método do vizinho mais próximo (MANLY, 2008). Nessa análise, foram utilizadas as médias padronizadas dos valores obtidos pela avaliação visual realizada nos anos 2008, 2009 e 2011, do potencial da água na folha medido no período da manhã (6h) nos anos 2009 (agosto), 2010 (julho e agosto) e 2011 (julho e setembro) e do teor relativo de clorofila avaliado em setembro de 2011.

3.11 Incidência de podridão floral dos citros (*Colletotrichum* spp.)

A incidência de podridão floral foi avaliada em brotações reprodutivas desenvolvidas no primeiro e segundo semestres de 2011 em plantas cultivadas sem irrigação. Em ambas as avaliações, foram selecionados e identificados quatro ramos em duas plantas por parcela, nas quatro repetições. A contagem das flores ocorreu nos dias 06/04/2011 e 21/10/2011, quando as plantas apresentaram aproximadamente 50% das flores com pétalas abertas, caracterizando estágio fenológico de pleno florescimento (AGUSTÍ, 2003). As condições climáticas dos dias que antecederam e sucederam a contagem das flores são apresentadas no apêndice C. Quando os frutos apresentaram 50% do tamanho final, aproximadamente três meses após a antese, determinaram-se nos ramos selecionados, o número de frutos fixados e o número de cálices florais com sintomas da doença. A incidência de podridão floral e a quantidade de frutos fixados foram calculados mediante as equações abaixo:

$$\text{IPF (\%)} = (\text{PF/NF}) \times 100$$

$$\text{FF (\%)} = (\text{F/NF}) \times 100$$

sendo, IPF, a incidência de podridão floral; PF, o número de cálices retidos no ramo; NF, o número de flores no ramo; FF, a porcentagem de frutos fixados e F, o número de frutos por ramo.

3.12 Análise da diversidade genética dos clones estudados

O DNA genômico das plantas foi extraído a partir de folhas, utilizando-se o método de Doyle e Doyle (1990). A quantificação foi realizada por fluorometria pelo kit Quant-iT DNA-BR (QubitTM Fluorometer). Utilizaram-se os oligonucleotídeos inicializadores (“primers”) RAPD A7 (5′ GAA ACG GGT G 3′), AA7 (5′ CTA CGC TCA C 3′) e A10 (5′ GTG ATC GCA G 3′) (InvitrogenTM), os quais geraram fragmentos polimórficos quando testados em outras espécies de citros (PAVAN et al., 2007; SORIANO, 2010). As amostras foram preparadas com volume total da reação de 25 µL, contendo 2,25 µL de água milli-Q, 12,5 µL de PCR Master Mix (PromegaTM), 6,25 µM de cada “primer” e 40 ng.µL⁻¹ de DNA genômico. A reação de amplificação (PCR) foi realizada em termociclador (MJ ResearchTM) com o programa descrito por Pavan et al. (2007): 1) 93°C por 2 minutos; 2) 92°C por 1 minuto; 3) 37°C por 1 minuto; 4) 72°C por 2 minutos; e 5) 72°C por 5 minutos. As etapas de 2 a 4 foram repetidas por 45 ciclos. A análise do padrão de fragmentos de DNA foi realizada em gel de agarose a 1,5%, em solução tampão TAE 1,0x (TRIS-HCl, 45 mM; ácido bórico, 45 mM; EDTA pH 8,0, 1 mM). A eletroforese foi conduzida a temperatura ambiente e corrente elétrica de 70 volts, durante 4 horas. O gel foi corado com brometo de etídio (1,5 µg de brometo/250 ml de TEB 1x) e a visualização por meio de com luz ultravioleta. Essas análises foram realizadas no laboratório de Biotecnologia de Plantas Hortícolas do Departamento de Produção Vegetal da ESALQ.

A análise dos dados moleculares foi realizada a partir de uma matriz de dados binários, onde o valor 1 (um) foi atribuído para a presença de determinado fragmento (banda) e 0 (zero) para sua ausência. Uma matriz de similaridade genética foi gerada utilizando-se o coeficiente “simple matching” (SOKAL; MICHENER, 1958; MEYER, 2002; BASTIANEL et al., 2001; SCHÄFER; BASTIANEL; DORNELLES, 2004). Essa análise considera que genótipos que apresentam maior número de coincidências entre presenças e/ou ausências de fragmentos são considerados mais similares entre si.

3.13 Análises estatísticas

As variáveis que atenderam os pressupostos de normalidade dos erros e da homogeneidade de variância foram analisadas por meio do teste de Fisher e as médias comparadas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$) (PIMENTEL-GOMES, 2000; SANTOS et al., 2008). A análise de variância dos dados obtidos nas áreas irrigada e não irrigada foi realizada conjuntamente. Quando não constatada interação ($P > 0,05$) entre os fatores clone e irrigação (presença ou ausência), os efeitos dos fatores foram analisados isoladamente. Quando constatada essa interação ($P < 0,05$), analisou-se o efeito do fator clone na presença e na ausência de irrigação.

As notas referentes à avaliação visual de tolerância à deficiência hídrica, por apresentarem natureza ordinal, foram analisadas pelo teste não paramétrico de Friedman (CAMPOS, 1983) e as médias comparadas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$) (PIMENTEL-GOMES, 2000; SANTOS et al., 2008).

As relações entre variáveis foram analisadas por meio de regressão linear simples (PIMENTEL-GOMES, 2000; SANTOS et al., 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Crescimento vegetativo

Os valores de altura, diâmetro da copa, volume da copa e diâmetro do tronco foram avaliados anualmente, a partir do terceiro ano após o plantio. Contudo, são apresentados apenas os valores observados no terceiro e sexto anos após o plantio, por representarem a condição inicial e final das plantas no período experimental (Tabela 1). O desdobramento da interação entre os fatores clone e irrigação foi realizado somente quando a interação foi significativa no sexto ano após plantio, por ser esse o ano que melhor representa a condição das plantas no período experimental. As variáveis altura, volume de copa e diâmetro do tronco não apresentaram interação entre os fatores clone e irrigação no sexto ano após o plantio ($P>0,05$). Nesse caso, os resultados envolvendo os efeitos dos fatores clone e irrigação sobre estas variáveis foram analisados isoladamente (Tabela 1). Por outro lado, essa interação foi constatada para os valores de diâmetro da copa e o efeito do fator clone foi analisado na presença e na ausência de irrigação (Tabela 2).

Aos três anos após o plantio, as plantas do clone “IAC 5-1” apresentaram valores de altura, volume da copa e diâmetro do tronco superiores aos das plantas dos demais clones (Tabela 1). As maiores diferenças foram registradas em relação às plantas do clone “IAC 5” que apresentaram valores de altura, volume da copa e diâmetro do tronco 33%, 53% e 23% inferiores aos das plantas do clone “IAC 5-1”, respectivamente. As plantas dos clones CNPMF apresentaram valores intermediários entre os clones “IAC 5” e “IAC 5-1”. No sexto ano após o plantio, as plantas do clone “IAC 5” continuaram a apresentar os menores valores de altura, volume da copa e diâmetro do tronco, em média, 19%, 32% e 23% inferiores às plantas dos demais clones. Entre o terceiro e sexto ano após o plantio, as plantas dos clones CNPMF apresentaram crescimento vegetativo proporcionalmente superior às plantas do clone “IAC 5-1” e, aos seis anos após o plantio, apresentaram valores equivalentes de altura, volume da copa e diâmetro do tronco (Tabela 1).

Tabela 1 - Altura, volume da copa e diâmetro do tronco de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle', cultivados com e sem irrigação, no terceiro e sexto ano após o plantio. Bebedouro, SP

Clone	Altura				Volume da copa				Diâmetro do tronco			
	3°. ano		6°. ano		3°. ano		6°. ano		3°. ano		6°. ano	
	m.....				m ³				cm.....			
IAC 5	2,08	d	2,85	b	6,31	c	21,12	b	7,57	c	12,43	b
IAC 5 - 1	2,67	a	3,5	a	13,32	a	30,92	a	9,77	a	15,98	a
CNPMF/EECB	2,45	b	3,36	a	9,73	b	28,17	a	8,99	b	14,80	a
CNPMF 2000	2,23	c	3,46	a	7,00	c	28,37	a	8,40	b	14,12	ab
CNPMF 2001	2,36	bc	3,32	a	9,86	b	30,56	a	8,77	b	15,11	a
Sem irrigação	2,23	b	3,10	b	7,64	b	24,13	b	8,05	b	13,74	b
Com irrigação	2,48	a	3,50	a	10,84	a	31,53	a	9,35	a	15,24	a
C.V. (%)	5,92		6,70		9,96		18,69		7,85		14,48	
Valor P (Clone)	<0,0001		<0,0001		<0,0001		0,0060		<0,0001		0,0308	
Valor P (Irrigação)	<0,0001		<0,0001		<0,0001		0,0027		<0,0001		0,0143	
Valor P (Interação)	0,0197		0,0735		0,0805		0,0552		0,2626		0,1628	

Letras distintas na coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

A irrigação influenciou as variáveis altura, volume da copa e diâmetro do tronco, independentemente do clone (Tabela 1). Aos seis anos após o plantio, os valores de altura, volume da copa e diâmetro do tronco registrados em plantas irrigadas foram 13%, 30% e 10% superiores às plantas não irrigadas, respectivamente. As diferenças em altura e diâmetro do tronco entre plantas irrigadas e não irrigadas acumularam-se majoritariamente entre o plantio e o terceiro ano de idade das plantas, indicando maior influência da irrigação sobre estas variáveis nesse período.

Na área não irrigada, no terceiro ano após o plantio, os valores de diâmetro da copa das plantas do clone "IAC 5" foram, em média, 26% inferiores em relação ao das plantas dos clones "IAC 5-1", "CNPMF/EECB" e "CNPMF 2001" (Tabela 2). Nessa avaliação, as plantas do clone "CNPMF 2000" apresentaram valores de diâmetro da copa inferiores ao das plantas do clone "IAC 5-1", sem diferirem das plantas dos demais clones. Contudo, entre o terceiro e o sexto ano após o plantio, as plantas dos clones "IAC 5" e "CNPMF 2000" apresentaram crescimento relativamente maior em diâmetro (aumento de 60% e 72%, respectivamente) em relação às plantas do clone "IAC 5-1" (aumento de 30%), possibilitando que atingissem valores equivalentes no fim do período experimental. Na área irrigada, três anos após o plantio, o diâmetro da copa das plantas do clone "IAC 5-1" foi 17% superior ao das plantas dos demais clones. No sexto ano após o plantio, os valores de diâmetro da copa das plantas do clone "IAC 5-1" mantiveram-

se superiores aos das plantas dos clones “IAC 5” e “CNPMF 2000” e não diferiu das plantas dos clones “CNPMF/EECB” e “CNPMF 2001” (Tabela 2). A irrigação aumentou os valores médios de diâmetro da copa das plantas dos clones “IAC 5”, “IAC 5-1” e “CNPMF/EECB”, em 26%, 17% e 12%, respectivamente. Por outro lado, a irrigação não exerceu influência no diâmetro da copa das plantas dos clones “CNPMF 2000” e “CNPMF 2001” (Tabela 2).

A simulação da densidade de plantio em função do diâmetro da copa das plantas no sexto ano após o plantio revelou que, sem irrigação, o clone “IAC 5” permite maior número de plantas por hectare em relação aos demais clones (Tabela 2). Por outro lado, sob cultivo irrigado, os clones apresentaram densidade de plantio equivalente. Considerando que a irrigação induziu aumento dos valores de diâmetro da copa das plantas dos clones “IAC 5”, “IAC 5-1” e “CNPMF/EECB”, verificou-se redução da densidade de plantio desses clones, quando cultivados com irrigação, em 30%, 20% e 16%, respectivamente.

Tabela 2 - Diâmetro da copa e densidade de plantio ajustada de clones de lima ácida ‘Tahiti’ enxertados em citrumelo ‘Swingle’, cultivados com e sem irrigação, no terceiro e sexto ano após o plantio. Bebedouro, SP

Clone	Diâmetro da copa								Densidade ^{1**}		
	Sem irrigação				Com irrigação				Sem Irrigação	Com irrigação	
	3º ano		6º ano		3º ano		6º ano		6ºano		
	m.....								plantas ha ⁻¹		
IAC 5	2,02	c	3,24	b	2,63	bc*	3,99	b*	662,92	a	460,46*
IAC 5 - 1	2,83	a	3,71	ab	3,29	a*	4,38	a*	515,96	b	411,40*
CNPMF/EECB	2,55	ab	3,84	a	2,89	b*	4,32	ab*	516,96	b	433,00*
CNPMF 2000	2,29	bc	3,95	a	2,56	c	3,95	b	470,01	b	472,97
CNPMF 2001	2,79	ab	4,16	a	2,85	bc	4,18	ab	435,91	b	440,13
C.V. (%)	9,05		8,71		8,71		5,41		14,62		7,61
Valor P (Clone)	0,0012		0,0204		0,0204		0,0733		0,0116		0,1581

¹Densidade de plantio ajustada função do diâmetro da copa nos sentidos paralelo e perpendicular à fileira de plantas. Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$); *indica diferença significativa entre condição irrigada e não irrigada ($P < 0,05$). **Dados transformados ($\hat{y}=1/y$).

Os espinhos das plantas dos clones “CNPMF 2000” apresentaram comprimento, em média, 78% superior aos das plantas dos demais clones (Tabela 3). As plantas do clone “IAC 5-1” também apresentaram valores de comprimento dos espinhos 30% superiores ao das plantas do clone “IAC 5”. Considerando que o número de espinhos não diferiu entre os clones (um espinho para cada axila foliar) (dados não apresentados), o maior comprimento dos espinhos pode ser uma característica desfavorável devido às dificuldades impostas à colheita.

Tabela 3 - Comprimento de espinhos de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados sem irrigação. Bebedouro, SP

Clone	Comprimento dos espinhos ¹	
	cm.....	
IAC 5	0,47	c
IAC 5 – 1	0,61	b
CNPMF/EECB	0,49	bc
CNPMF 2000	0,94	a
CNPMF 2001	0,54	bc
C.V. (%)	28,2	
Valor <i>P</i> (Clone)	0,0003	

¹ Comprimento médio de espinhos medidos na porção apical, mediana e basal de ramos maduros. Letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

4.2 Produção de frutos e eficiência produtiva

Os valores de produção e eficiência produtiva das plantas cultivadas nas áreas irrigada e não irrigada foram analisados conjuntamente. As variáveis produção inicial, produção total, produção por área e eficiência produtiva não apresentaram interação entre os fatores clone e irrigação ($P > 0,05$). Nesse caso, os resultados envolvendo os efeitos dos fatores clone e irrigação sobre essas variáveis foram analisados isoladamente (Tabela 4). Por outro lado, constatou-se essa interação na produção obtida no segundo semestre. Dessa forma, o efeito do fator clone foi analisado na presença e na ausência de irrigação (Figura 3).

Os valores de produção inicial das plantas dos clones “CNPMF/EECB” e “IAC 5-1” não diferiram entre si e foram, em média, 366%, 2170% e 2079% superiores em relação à produção inicial das plantas dos clones “IAC 5”, “CNPMF 2000” e “CNPMF 2001” (Tabela 4). Os valores de produção inicial dos clones “IAC 5”, “CNPMF 2000” e “CNPMF 2001” não diferiram entre si.

Tabela 4 - Produção de frutos inicial (2º - 3º ano após o plantio), total (2º - 6º ano após o plantio), produção por área (2º - 6º ano após o plantio) e eficiência produtiva (EP) de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle', cultivados com e sem irrigação. Bebedouro, SP

Clone	Produção por planta				Produção por área ^{1****}		EP ^{2****}	
	2º ao 3º ano*		2º ao 6º ano**					
	kg planta ⁻¹				kg ha ⁻¹		kg m ⁻³	
IAC 5	9,34	b	74,07	c	38798	c	1,51	b
IAC 5 - 1	37,64	a	138,57	b	61087	b	1,50	b
CNPMF/EECB	49,54	a	186,87	a	86352	a	2,81	a
CNPMF 2000	1,92	b	11,03	d	5207	d	0,21	c
CNPMF 2001	2,00	b	14,19	d	6235	d	0,17	c
Sem irrigação	15,58	b	52,35	b	28407	b	1,10	b
Com irrigação	24,38	a	117,24	a	50664	a	1,38	a
C.V. (%)	26,15		12,70		17,84		19,69	
Valor P (clone)	<0,0001		<0,0001		<0,0001		<0,0001	
Valor P (irrigação)	0,0377		0,0003		0,0005		0,0218	
Valor P (interação)	0,1130		0,9433		0,8724		0,8275	

¹ Simulação da produção por hectare em função da densidade de plantio ajustada para os valores de diâmetro da copa medidos no sexto ano após o plantio; ² Calculada com os valores de produção e volume da copa no terceiro, quarto, quinto e sexto após o plantio. Médias com letras distintas na coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$). *Dados transformados [$\hat{y} = (\log_{10}(y+1))$]. **Dados transformados [$\hat{y} = (y+1)^{0,3}$]. ***Dados transformados [$\hat{y} = (y+1)^{0,4}$]. ****Dados transformados [$\hat{y} = (y+0,1)^{0,4}$].

Os valores de produção total do clone "CNPMF/EECB" foram superiores aos das plantas dos demais clones (Tabela 4). As plantas do clone "CNPMF/EECB" apresentaram valores de produção total superiores em 152% e 34% aos das plantas clones "IAC 5" e "IAC 5-1", respectivamente. As plantas do clone "IAC 5-1" apresentaram valores de produção 87% superiores em relação às do clone "IAC 5" (Tabela 4). Os menores valores de produção total foram obtidos pelas plantas dos clones "CNPMF 2000" e "CNPMF 2001". Os baixos valores de produção das plantas dos clones "CNPMF 2000" e "CNPMF 2001" podem ter sido resultantes do florescimento reduzido observado ao longo do período experimental (dados não quantificados). Os maiores valores de produção do clone "CNPMF/EECB" em relação ao clone "IAC 5" podem ser atribuídos à eficiência produtiva e ao maior volume de copa das plantas. Em relação aos clones "IAC 5-1", "CNPMF 2000" e "CNPMF 2001", a diferença parece estar associada à maior eficiência produtiva (Tabela 4), visto que não houve diferença nos valores de volume de copa entre as plantas destes clones (Tabela 1).

A irrigação aumentou em 56%, 123% e 25% os valores de produção inicial, produção total e eficiência produtiva, respectivamente (Tabela 4). Na área irrigada, com exceção das plantas dos clones "CNPMF 2000" e "CNPMF 2001", as

plantas apresentaram produção crescente até o quinto ano após plantio, com destaque para as plantas do clone “CNPMF/EECB” que apresentaram produção de $90 \text{ kg planta}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ no quinto ano após o plantio (Figura 2). Contudo, na área não irrigada, a evolução da produção de frutos parece ter sido prejudicada pela deficiência hídrica acentuada observada em todos os anos avaliados (Apêndice A). Sem irrigação, as plantas mais produtivas apresentaram produção máxima de $43 \text{ kg planta}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, com destaque para as plantas do clone “CNPMF/EECB” que mantiveram os valores máximos de produção entre o 3º e o 5º ano após o plantio (Figura 2). Além disso, a irrigação induziu aumento de produção por área em 69%, independentemente do clone. Considerando que a irrigação reduziu a densidade de plantio dos clones “IAC 5”, “IAC 5-1” e “CNPMF/EECB” (Tabela 2), esse resultado indica que o aumento da produção individual induzido pela irrigação compensou o menor número de plantas por área. Verificou-se redução significativa da produção das plantas cultivadas com e sem irrigação no sexto ano após o plantio em função da ocorrência de chuva de granizo nas fases iniciais de desenvolvimento dos frutos (Figura 2).

Figura 2 - Produção anual de frutos de clones de lima ácida ‘Tahiti’ enxertados em citrumelo ‘Swingle’, cultivados com e sem irrigação, entre o segundo e sexto ano após o plantio. Bebedouro, SP. Barras verticais representam o erro padrão da média (n=4)

A produção obtida no segundo semestre representou aproximadamente 5% e 10% da produção das plantas cultivadas sem e com irrigação, respectivamente (Figura 3). Sem irrigação, as plantas dos clones “IAC 5”, “IAC 5-1” e “CNPMF/EECB” apresentaram valores de produção semelhantes entre si e superiores aos das plantas dos clones “CNPMF 2000” e “CNPMF 2001” (Figura 3).

Com exceção do clone “CNPMF 2000”, a irrigação aumentou a produção no segundo semestre de todos os clones ($P<0,01$). Com irrigação, as plantas dos clones “IAC 5”, “IAC 5-1” e “CNPMF/EECB” também apresentaram valores de produção superiores aos das plantas dos clones “CNPMF 2000” e “CNPMF 2001”. Contudo, com irrigação, os valores de produção no segundo semestre das plantas do clone “CNPMF/EECB” foram 200% e 80% superiores aos das plantas dos clones “IAC 5” e “IAC 5-1”, respectivamente. Além disso, as plantas dos clones “CNPMF 2001” apresentaram valores de produção superiores aos das plantas do clone “CNPMF 2000”, que por sua vez, registrou os menores valores de produção no segundo semestre (Figura 3).

Figura 3 - Produção de frutos no segundo semestre de clones de lima ácida ‘Tahiti’ enxertados em citrumelo ‘Swingle’, cultivados com e sem irrigação, entre o segundo e quarto ano após o plantio. Bebedouro, SP. Letras distintas indicam diferenças significativas entre clones pelo teste de Duncan ($P<0,05$). *indica diferença entre plantas cultivadas com e sem irrigação ($P<0,05$). Dados transformados [$\hat{y}=(y+1)^{0,2}$]. Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

4.3 Qualidade dos frutos

As variáveis de qualidade dos frutos não apresentaram interação entre os fatores clone e irrigação (Tabela 5). Dessa forma, os efeitos dos fatores clone e irrigação foram analisados isoladamente. Os clones “CNPMF 2000” e “CNPMF 2001” não foram incluídos na comparação devido à quantidade de frutos produzida ter sido insuficiente para a realização dessas análises.

De forma geral, todos os clones apresentaram valores das variáveis de qualidade dentro de limites já relatados em trabalhos anteriores para a espécie (FIGUEIREDO et al., 2002; STENZEL; NEVES, 2004; STUCHI et al., 2009) e dos

padrões de qualidade considerados mínimos para comercialização da fruta *in natura* nas regiões Sul e Sudeste do Brasil (rendimento de suco de 40% e sólidos solúveis totais de 6,5 °Brix) (GUTIERREZ; ALMEIDA, 2005). Os valores de massa dos frutos produzidos pelas plantas do clone “IAC 5-1” foram menores em 7% e 12% em relação aos frutos produzidos pelos clones “IAC 5” e “CNPMF/EECB”, respectivamente (Tabela 5). A porcentagem de frutos pequenos (com diâmetro equatorial inferior a 46,5 mm) não foi influenciada pelos clones (Tabela 5). Por outro lado, as plantas do clone “IAC 5-1” apresentaram maior porcentagem de frutos adequados para exportação (com diâmetro equatorial entre 46,5 e 60,0 mm) em relação às plantas dos clones “IAC 5” e “CNPMF/EECB”, que por sua vez apresentaram maior produção de frutos grandes (com diâmetro equatorial superior a 60,0 mm) (Tabela 5). Os frutos provenientes das plantas dos clones “IAC 5” e “CNPMF/EECB” apresentaram valores de acidez inferiores aos dos frutos das plantas do clone “IAC 5-1”. Os valores de rendimento de suco, teor de sólidos solúveis, vitamina C e a cor da casca dos frutos não diferiram entre os clones avaliados (Tabela 5).

A irrigação aumentou os valores de massa, rendimento de suco e acidez dos frutos em 10%, 7% e 2%, respectivamente, sem alterar a concentração de sólidos solúveis, vitamina C e a cor da casca dos frutos (Tabela 5). Além disso, a irrigação induziu maior porcentagem de frutos adequados para exportação e menor porcentagem de frutos grandes.

Tabela 5 - Massa, distribuição em classes de diâmetro, rendimento de suco (RS), sólidos solúveis totais (SST), acidez, ácido ascórbico, luminosidade (L*), cromaticidade (C*) e ângulo de cor (h°) de frutos de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertadas em citrumelo 'Swingle', cultivados com e sem irrigação. Bebedouro, SP, 2009-2011

Clone ¹	Massa ²		Classes de diâmetro equatorial ³				RS ²	SST ²	Acidez ²	ácido ascórbico ⁴	L* ⁴	C* ⁴	h ^{o4}
			< 46,5	46,5-60.0	> 60,0								
			mm.....										
	g.....		%.....				%.....	...Brix ^o ...	...%...	mg 100g ⁻¹			
IAC 5	97,6	a	3,0	82,8 b	14,2	a	48,1	8,5	6,1 b	17,8	49,8	32,6	108,7
IAC 5 - 1	90,2	b	5,8	88,6 a	5,7	b	49,8	8,5	6,3 a	17,2	48,1	34,2	109,3
CNPMF/EECB	102,8	a	3,2	82,7 b	14,2	a	49,3	8,4	6,1 b	18,3	49,3	30,5	109,5
Sem Irrigação	92,6	b	4,3	82,6 b	13,1	a	47,2 a	8,5	6,1 b	17,7	47,9	30,6	109,5
Com irrigação	101,1	a	3,7	86,7 a	9,6	b	50,9 b	8,4	6,3 a	17,8	50,3	34,2	108,9
C.V. (%)	5,6		51,9	5,3	27,6		2,5	3,1	2,0	11,8	6,0	20,8	1,6
Clone (<i>P</i>)	0,0019		0,5921	0,033	0,0002		0,0598	0,7545	0,0045	0,6159	0,5	0,5526	0,6482
Irrigação (<i>P</i>)	0,0207		0,7727	0,0406	0,017		<0,0001	0,5929	0,0267	0,9881	0,875	0,1311	0,3095
Clone x Irrigação (<i>P</i>)	0,5019		0,7788	0,0967	0,0041		0,5814	0,2101	0,9211	0,0655	0,2707	0,352	0,4736

¹ Os clones "CNPMF 2000" e "CNPMF 2001" não foram incluídos devido à quantidade de frutos produzida ter sido insuficiente para a realização destas análises. ²Valores médios obtidos de avaliações realizadas no primeiro semestre dos anos 2009, 2010 e 2011. ³Valores obtidos em avaliações realizadas no primeiro semestre de 2009 e 2010. ⁴Valores obtidos em avaliação realizada no primeiro semestre do ano de 2011. Letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$).

Em 2009 e 2010, a produção de frutos das plantas dos clones “IAC 5”, “IAC 5-1” e “CNPMF/EECB” foram classificadas nas categorias de diâmetro utilizadas pela CEAGESP para a comercialização de lima ácida ‘Tahiti’ no mercado interno. Essa avaliação não foi realizada em 2011 devido à produção de frutos ter sido insuficiente para essa análise. Os valores médios obtidos nessas avaliações revelaram que as plantas do clone “IAC 5-1” produziram maior porcentagem de frutos com diâmetro entre 47-50 mm em relação às plantas dos clones “IAC 5” e “CNPMF/EECB” (Figura 4). Por outro lado, as plantas do clone “IAC 5-1” apresentaram menor porcentagem de frutos com diâmetro superior a 60 mm. As plantas cultivadas com irrigação apresentaram maior porcentagem de frutos com valores de diâmetro entre 50-53 mm e menor porcentagem de frutos com diâmetro entre 60-64 mm em relação às plantas não irrigadas (Figura 5).

Figura 4 - Distribuição da produção de frutos de clones de lima ácida ‘Tahiti’, enxertados em citrumelo ‘Swingle’ em classes de diâmetro utilizadas pela CEAGESP (valores médios das avaliações realizadas em 2009 e 2010). Bebedouro, SP. Letras distintas nas colunas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$). Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Figura 5 - Distribuição da produção de frutos de lima ácida 'Tahiti' enxertada em citrumelo 'Swingle', cultivada com e sem irrigação, em classes de diâmetro utilizadas pela CEAGESP (valores médios das avaliações realizadas em 2009 e 2010). Bebedouro, SP. Colunas representam a porcentagem média de frutos obtidos na condição irrigada e não irrigada, nas safras 2009 e 2010, das plantas dos clones "IAC 5", "IAC 5-1" e "CNPMF/EECB". Letras distintas indicam diferenças significativas entre condição irrigada e não irrigada pelo teste de Fisher ($P < 0,05$). Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

4.4 Tolerância à deficiência hídrica

4.4.1 Avaliação visual

Em julho e agosto de 2008, após déficit hídrico acumulado de 82 e 139 mm, respectivamente, verificou-se, na área não irrigada, que os clones apresentaram diferenças de enfolhamento e turgescência foliar. Essas diferenças motivaram avaliação visual da tolerância à deficiência hídrica, que foi realizada por meio de atribuição de notas. As maiores notas foram atribuídas às plantas do clone "IAC 5-1" e as menores, às plantas dos clones "CNPMF 2000" e "CNPMF 2001" (Figura 6), sugerindo maior e menor tolerância à deficiência hídrica, respectivamente. Às plantas dos clones "CNPMF/EECB" e "IAC 5" foram atribuídas notas intermediárias.

Figura 6 – Tolerância à deficiência hídrica (TDH) de clones de lima ácida ‘Tahiti’ enxertados em citrumelo ‘Swingle’ cultivados sem irrigação (avaliações realizadas em junho e agosto de 2008). Bebedouro, SP. Escala variando de 1 a 3 (menor e maior tolerância à deficiência hídrica, respectivamente). Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$). Barras representam o erro padrão da média ($n=4$).

Em agosto de 2009, sob déficit hídrico de 121 mm, todos os clones apresentaram sintomas visuais decorrentes do déficit hídrico. Entretanto, esses sintomas foram observados em maior intensidade em plantas dos clones “CNPMF 2000” e “CNPMF 2001” que registraram as menores notas de tolerância à deficiência hídrica (Figura 7).

Figura 7 - Tolerância à deficiência hídrica (TDH) de clones de lima ácida ‘Tahiti’ enxertados em citrumelo ‘Swingle’ cultivados sem irrigação (avaliação realizada em agosto de 2009). Bebedouro, SP. Escala variando de 1 (menor tolerância) a 3 (maior tolerância). Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$). Barras representam o erro padrão da média ($n=4$).

Em setembro de 2011, sob déficit hídrico de 232 mm, as plantas do clone “IAC 5-1” apresentaram valores de turgescência foliar e intensidade da cor verde escuro das folhas superiores aos das plantas dos demais clones (Figura 8). Entretanto, as notas de enfolhamento das plantas desse clone não diferiram das notas atribuídas às plantas dos clones “IAC 5” e “CNPMF/EECB”. As plantas dos clones “CNMPF 2000” e “CNPMF 2001” apresentaram valores de enfolhamento inferiores em relação às plantas dos demais clones. Contudo, os valores de turgescência e cor das folhas das plantas do clone “CNPMF 2000” não diferiram das plantas dos clones “IAC 5” e “CNPMF/EECB”. Às plantas do clone “CNPMF 2001” foram atribuídas as menores notas de turgescência e cor das folhas. A média simples das notas de turgescência, cor das folhas e enfolhamento da planta revelou que as plantas dos clones “IAC 5-1” e “CNPMF 2001” apresentaram a maior e menor tolerância à deficiência hídrica, respectivamente. As plantas dos demais clones apresentaram notas intermediárias de tolerância à deficiência hídrica. Entre os clones CNPMF, as plantas do clone “CNPMF/EECB” obtiveram as maiores notas de tolerância à deficiência hídrica (Figura 8).

Figura 8 - Turgescência (Turg), intensidade da cor verde escuro do limbo foliar (Cor), enfolhamento da planta (Enf) e tolerância à deficiência hídrica (TDH) de clones lima ácida ‘Tahiti’ enxertados em citrumelo ‘Swingle’ cultivados sem irrigação (avaliação realizada em setembro de 2011). Bebedouro, SP. A nota de TDH foi calculada pela média simples das notas atribuídas para turgescência, intensidade da cor verde do limbo foliar e enfolhamento da planta. Escala variando de 1 (menor turgescência, intensidade da cor verde, enfolhamento e tolerância à deficiência hídrica) a 5 (maior turgescência, intensidade da cor verde, enfolhamento e tolerância à deficiência hídrica). Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$). Barras representam o erro padrão da média ($n=4$).

4.4.2 Avaliação do potencial da água na folha

Os valores de potencial da água na folha das plantas cultivadas com e sem irrigação foram analisados conjuntamente. As avaliações realizadas nos meses que registraram deficiência hídrica acentuada (agosto 2009, julho e agosto de 2010) apresentaram interação entre os fatores clone e irrigação ($P < 0,05$). Nesse caso, os efeitos dos clones foram analisados na presença e na ausência de irrigação. Por outro lado, essa interação não foi verificada nas avaliações realizadas em meses que apresentaram deficiência hídrica reduzida (junho 2009, maio e setembro de 2010). Considerando que os valores de potencial da água na folha nos meses que apresentaram maior déficit hídrico possuem maior relevância para a seleção de clones tolerantes à deficiência hídrica e visando a padronização da apresentação dos resultados de potencial da água na folha, optou-se pela análise dos efeitos dos clones na presença e na ausência de irrigação em todas as avaliações, mesmo naquelas que não apresentaram interação entre os fatores clone e irrigação.

A redução do potencial da água na folha de limeira ácida 'Tahiti' enxertada em citrumeleiro 'Swingle' ocorre quando a porcentagem da água disponível no solo é inferior a 60 (SILVA et al., 2005). Dessa forma, em junho de 2009, apesar da ocorrência de déficit hídrico acumulado de 55 mm, as plantas cultivadas sem irrigação apresentaram valores de potencial da água na folha elevados, equivalentes aos das plantas cultivadas com irrigação (Figura 9) e característicos da espécie quando cultivada sem restrição hídrica (SILVA et al., 2005). Não foram constatadas diferenças entre os clones em ambos os períodos (manhã e tarde), contudo as plantas irrigadas, independentemente do clone, apresentaram valores de potencial da água na folha 24% maiores no período da manhã em relação às plantas não irrigadas, indicando maior hidratação (Figura 9).

Figura 9 - Potencial da água na folha (ψ_f) de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle', cultivados com e sem irrigação, no período da manhã (6h) e da tarde (14h), em junho de 2009. Bebedouro, SP. Barras representam o erro padrão da média (n=4)

Em agosto de 2009, com a intensificação do déficit hídrico (121 mm), verificou-se redução do potencial da água na folha das plantas cultivadas com e sem irrigação em relação aos valores registrados na avaliação anterior (junho de 2009) (Figura 10). Na área não irrigada, os valores de potencial da água na folha atingiram valores nos quais se verifica redução da atividade fotossintética de citros (-1,0 Mpa a -1,5 MPa) (MEDINA; MACHADO; GOMES, 1999; MACHADO; MEDINA; GOMES, 1999; GOMES et al., 2004), notadamente as plantas do clone "CNPMF 2001" que apresentaram valores de potencial da água na folha ainda mais restritivos (SOUTHWICK; DAVENPORT, 1986; MEDINA; MACHADO; GOMES, 1999). Nessa avaliação, as plantas do clone "IAC 5-1" apresentaram valores de potencial da água na folha superiores aos das plantas do clone "CNPMF 2001". As plantas do clone "IAC 5-1", cultivadas com e sem irrigação, apresentaram valores de potencial da água na folha equivalentes, enquanto que as plantas dos demais clones cultivadas sem irrigação apresentaram valores de potencial da água nas folhas inferiores, entre 60% ("CNPMF/EECB") e 173% ("CNPMF 2001"), em relação às plantas cultivadas com irrigação (Figura 10).

Figura 10 - Potencial da água na folha (ψ_f) de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle', cultivados com e sem irrigação, no período da manhã (6h), em agosto de 2009. Bebedouro, SP. Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P<0,05$). *Indica diferença de potencial da água na folha entre plantas cultivadas com e sem irrigação ($P<0,01$). Barras representam o desvio padrão da média ($n=4$)

Em 2010, verificou-se que os clones de lima ácida 'Tahiti' cultivados com irrigação não apresentaram diferenças de potencial da água na folha, tanto no período da manhã, quanto no período da tarde, em todos os meses avaliados (Figura 11). Esse resultado indica que, sem deficiência hídrica, os clones possuem a mesma capacidade de resposta às variações sazonais e diárias da demanda hídrica atmosférica. Por outro lado, na área não irrigada, observaram-se diferenças de potencial da água na folha entre os clones a partir de maio e que se tornaram mais evidentes com o aumento do déficit hídrico (Figura 11).

Em maio de 2010, na área não irrigada, sob déficit hídrico acumulado de 69 mm, as plantas cultivadas com e sem irrigação apresentaram valores elevados de potencial da água na folha, indicando estado hídrico adequado. As plantas do clone "IAC 5" apresentaram valores de potencial da água na folha superiores aos observados nas plantas do clone "CNPMF 2001" (Figura 11). No período da tarde, não foi registrada diferença nos valores de potencial da água na folha entre os clones. Com exceção das plantas do clone "CNPMF 2001", não foi verificada diferença de potencial da água na folha entre plantas cultivadas com e sem irrigação. No período da tarde, as plantas dos clones "CNPMF 2000" e "CNPMF 2001" cultivadas sem irrigação apresentaram valores inferiores em relação ao das plantas irrigadas.

Em julho de 2010, sob déficit hídrico acumulado de 132 mm, os resultados obtidos foram semelhantes aos observados em agosto de 2009 (déficit

hídrico de 121 mm) (Figuras 10 e 11). No período da manhã, as plantas do clone “IAC 5-1” apresentaram valores de potencial da água na folha superiores aos das plantas dos clones “CNPMF/EECB”, “CNPMF 2000” e “CNPMF 2001” (Figura 11). Da mesma forma, as plantas do clone “IAC 5” apresentaram valores de potencial da água na folha superiores aos das plantas do clone “CNPMF 2001”. No período da manhã, com exceção das plantas do clone “IAC 5-1”, as plantas cultivadas sem irrigação apresentaram valores de potencial da água na folha inferiores aos das plantas irrigadas. No período da tarde, não foi registrada diferença nos valores de potencial da água na folha entre os clones, bem como entre plantas cultivadas com e sem irrigação.

Com a intensificação do déficit hídrico, que acumulou 203 mm em agosto de 2010, na área não irrigada, as plantas dos clones CNPMF atingiram valores de potencial considerados severos para a espécie ($< -3,0$ MPa) (SOUTHWICK; DAVENPORT, 1986), enquanto que as plantas dos clones IAC apresentaram valores inferiores, considerados moderados ($-2,1$ MPa a $-3,0$ MPa) (SOUTHWICK; DAVENPORT, 1986) (Figura 11). Nessa avaliação, no período da manhã, as plantas do clone “IAC 5-1” apresentaram valores de potencial da água na folha superiores aos das plantas do clone “IAC 5” e das plantas dos clones CNPMF, em média, 30% e 45%, respectivamente (Figura 11). Da mesma forma, as plantas do clone “IAC 5” apresentaram valores de potencial da água na folha superiores aos das plantas dos clones CNPMF. Além disso, no período da manhã, as plantas cultivadas sem irrigação, independentemente do clone, apresentaram valores de potencial da água na folha inferiores aos das plantas cultivadas com irrigação. Ao contrário das avaliações anteriores, que não detectaram diferenças de potencial da água na folha no período da tarde, nessa avaliação, as plantas dos clones IAC apresentaram maior potencial da água na folha em relação aos das plantas dos clones CNPMF. Além disso, no período da tarde, as plantas do clone “IAC 5-1” cultivadas sem irrigação apresentaram potencial da água na folha semelhante ao das plantas irrigadas ($P > 0,05$), ao contrário das plantas dos demais clones, as quais apresentaram valores de potencial da água na folha 30% inferiores em relação às plantas irrigadas. Ressalta-se, que as plantas do clone “IAC 5-1” cultivadas sem irrigação apresentaram pequenos fluxos de brotações reprodutivas, enquanto que nas plantas dos demais clones essas brotações não foram verificadas (dados não quantificados).

Figura 11 - Potencial da água na folha (ψ_f) de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle', cultivados com e sem irrigação, no período da manhã (6h) e da tarde (14h), em maio, julho, agosto e setembro de 2010. Bebedouro, SP. Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$). *Indica diferenças significativas entre plantas cultivadas com e sem irrigação pelo teste de Fisher ($P < 0,01$). Barras representam o erro padrão da média ($n=4$)

Em setembro de 2010, após a ocorrência de precipitação de 50 mm (dia anterior da avaliação), verificou-se aumento do potencial da água na folha nas plantas de todos os clones, na área irrigada e não irrigada, tanto no período da manhã, quanto no período da tarde (Figura 11). No período da tarde, verificou-se que as plantas do clone "IAC 5" apresentaram valores de potencial da água na folha inferiores aos das plantas dos clones "IAC 5-1" e "CNPMF 2000". Tanto no período da manhã, quanto no período da tarde, as plantas cultivadas com irrigação apresentaram valores de potencial da água na folha superiores aos das plantas não irrigadas, indicando que a reidratação das plantas cultivadas sem irrigação ocorreu parcialmente. Esses resultados, possivelmente, decorrem dos baixos valores de potencial da água na folha apresentados pelas plantas cultivadas sem irrigação (-3 MPa), visto que, sob valores dessa magnitude, a reidratação completa da planta pode ocorrer em até 36h após o restabelecimento da umidade no solo (FERERES et al., 1979).

Com exceção da avaliação realizada em maio de 2010, os valores de potencial da água na folha das plantas irrigadas foram superiores aos registrados em plantas cultivadas sem irrigação (Figura 12). No período da manhã, as diferenças de potencial da água na folha entre plantas irrigadas e não irrigadas foram crescentes à medida que a deficiência hídrica se intensificou, variando de 6% (maio) a 127% (agosto). No período da tarde, foram registrados os menores valores de potencial da água na folha e as diferenças entre plantas irrigadas e não irrigadas foram menores, de no máximo 31%. Além disso, conforme constatado em 2009, verificou-se que o aumento do déficit hídrico também promoveu redução gradual dos valores de potencial da água na folha das plantas irrigadas, que atingiram, em agosto de 2010, -1,2 Mpa e -2,2 Mpa, nos períodos da manhã e da tarde, respectivamente (Figura 12). Esses resultados demonstraram que mesmo com o uso da irrigação, as plantas irrigadas encontraram limitações para manterem-se hidratadas sob déficit hídrico prolongado, no período da manhã e, principalmente, no período da tarde, quando são registradas as temperaturas e DPV_{ar} diários máximos (Apêndice B). Sendo assim, supõe-se que a lâmina de irrigação e/ou que a área molhada proporcionada por uma linha de emissores (espaçados em 1,4 m) não foram suficientes para atender plenamente as necessidades hídricas das plantas.

Figura 12 - Potencial da água na folha (Ψ_f) de lima ácida 'Tahiti' (média dos clones) enxertada em citrumelo 'Swingle', cultivada com e sem irrigação, no período da manhã (6h) e da tarde (14h), em maio, julho, agosto e setembro de 2010. Bebedouro, SP. Barras representam o erro padrão da média (n=20)

4.5 Assimilação líquida de CO₂ (*A*), transpiração (*E*), condutância estomática (*g_s*) e eficiência do uso da água (*EUA*)

Os valores de *A* obtidos em 2010 não apresentaram interação entre os fatores clone e irrigação e os efeitos envolvendo cada fator foram analisados isoladamente (Figura 13).

Em outubro de 2010, após precipitação acumulada de 90 mm e redução dos valores de potencial da água na folha das plantas cultivadas com e sem irrigação (Figura 12), as plantas irrigadas, independentemente do clone, apresentaram valores de *A* 113% superiores aos das plantas não irrigadas (Figura 13). Esses resultados sugerem que nas plantas cultivadas sem irrigação, a abertura estomática, possivelmente, ainda não havia sido restabelecida plenamente, conforme verificado em estudos anteriores que demonstraram que a recuperação da abertura estomática de plantas cítricas submetidas à deficiência hídrica severa pode ocorrer em período superior à 36 dias após a reidratação (FERERES et al., 1979). No mês de dezembro de 2010, os valores de *A* apresentados pelas plantas cultivadas com e sem irrigação foram elevados (Figura 13), tendo em vista que a limeira ácida 'Tahiti', cultivada sem restrição hídrica e sob valores de temperatura do ar (*T_{ar}*) e déficit de pressão de vapor do ar (*DPV_{ar}*) não limitantes (28°C e 1,5 kPa, respectivamente), apresenta valores de *A* entre 9 e 13 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (MACHADO et al., 2005). Em dezembro de 2010, as plantas do clone "CNPMF/EECB" apresentaram valores de *A* superiores aos das plantas do clone "IAC 5" e "CNPMF 2000" em 20% e 52%, respectivamente (Figura 13). Ao contrário do observado no mês de outubro, não foi verificada diferença nos valores de *A* entre plantas irrigadas e não irrigadas, possivelmente, em função da regularização das precipitações pluviométricas e da recuperação da abertura estomática das plantas cultivadas sem irrigação.

Figura 13 - Taxa de assimilação de CO₂ (*A*) de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle', cultivados com e sem irrigação, no período da manhã (9h), em outubro e dezembro de 2010. Bebedouro, SP. Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P<0,05$). Barras representam o erro padrão da média ($n=4$)

Análise de regressão envolvendo os valores de *A*, registrados em outubro de 2010, e os valores de produção, obtidos no primeiro semestre de 2011, revelaram relação proporcional entre os valores de *A* e a produção de frutos (Figura 14). Essa relação não foi constatada ($P>0,05$) quando a análise foi realizada com os valores de *A* medidos em dezembro de 2010.

Figura 14 – Produção de frutos de lima ácida 'Tahiti' no primeiro semestre de 2011 em função da taxa de assimilação líquida de CO₂ (*A*) em outubro de 2010. Bebedouro, SP. ** significativo ($P<0,01$)

Com base na constatação de que os clones apresentaram capacidade distinta de se manterem hidratados sob deficiência hídrica, nos meses de junho, julho e setembro de 2011, foram realizadas avaliações de g_s , *A*, *E* e do potencial da água na folha, nos períodos da manhã e da tarde, nas plantas cultivadas sem

irrigação. Adicionalmente, essas avaliações foram repetidas em fevereiro de 2012, após a reidratação das plantas.

Os valores de potencial da água na folha, g_s , A , E e EUA obtidos em ambos os períodos foram analisados conjuntamente. Os resultados dessas análises não indicaram interação entre os fatores clone e período e os efeitos envolvendo ambos os fatores foram analisados isoladamente (Figuras 15 e 16).

Em junho de 2011, apesar da deficiência hídrica acumulada ter atingido valor de 78 mm, as plantas de todos os clones apresentaram valores de potencial da água na folha elevados, em média, -0,5 Mpa e -1,08 Mpa nos períodos da manhã e da tarde, respectivamente (Figura 15), indicando estado hídrico adequado. Nessa condição, os valores de g_s , A e E foram baixos e, possivelmente, influenciados pela T_{ar} , tendo em vista que os valores de DPV_{ar} registrados nos períodos da manhã e da tarde (0,75 kPa e 1,69 kPa, respectivamente) (Apêndice B) não são limitantes para a espécie (ANGELOCCI et al., 2004; MACHADO et al., 2005). Nessa avaliação, a T_{ar} média diária foi de 11°C, atingindo valor de 7°C no momento da avaliação realizada no período da manhã (Apêndice B). Esses valores são inferiores aos considerados adequados para a lima ácida 'Tahiti' (25-30°C) e resultam na redução ou paralisação do metabolismo da planta (RODRIGUEZ, 1987; MACHADO et al., 2005). Os maiores valores de g_s , A e E apresentados pelas plantas do clone "IAC 5-1" em relação às plantas dos clones CNPMF sugerem que as plantas daquele clone apresentaram maior capacidade de manutenção das atividades metabólicas sob T_{ar} menos favorável. Não foram registradas diferenças nos valores de EUA , indicando que as variáveis A e E foram influenciadas proporcionalmente pelos clones (Figura 16).

Figura 15 - Potencial da água na folha (Ψ_t), taxa de assimilação líquida de CO_2 (A), taxa de transpiração (E) e condutância estomática (g_s) de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados sem irrigação, no período da manhã (9h) e da tarde (14h), em junho, julho e setembro de 2011, e fevereiro de 2012. Bebedouro, SP. Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$). Barras representam o erro padrão da média ($n=4$)

Figura 16 - Eficiência do uso da água (*EUA*) de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle', cultivados sem irrigação, no período da manhã (9h) e da tarde (14h), em junho, julho e setembro de 2011, e fevereiro de 2012. Bebedouro, SP. Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$). Barras representam o erro padrão da média ($n=4$)

Em julho de 2011, em decorrência da intensificação da deficiência hídrica (157 mm) e aumento de T_{ar} e DPV_{ar} (Apêndice B), os valores de potencial da água na folha foram inferiores aos registrados em junho e atingiram, em média, -2,0 MPa no período da manhã e da tarde, indicando redução da hidratação das plantas (Figura 15). Da mesma forma, os valores de g_s também apresentaram redução (48%) e influenciaram o decréscimo dos valores de A (62%) e E (15%), conforme observado em estudos anteriores (MEDINA; MACHADO, 1998; MACHADO et al., 2002, 2005). Nessa avaliação, os valores de potencial da água na folha das plantas dos clones IAC foram 40% superiores aos das plantas dos clones CNPMF (Figura 15). Contudo, os valores de potencial da água na folha apresentados pelas plantas dos clones IAC podem causar restrição acentuada de g_s , A e E (FERERES et al., 1979; MACHADO; MEDINA; GOMES, 1999; MEDINA; MACHADO; GOMES, 1999; GOMES et al., 2004), o que pode ter levado à ausência de diferença entre os clones nessas variáveis, apesar das diferenças de potencial da água na folha (Figura 15). Ressalta-se que, conforme verificado em 2010, as plantas do clone "IAC 5-1" cultivadas sem irrigação apresentaram pequenos fluxos de brotações reprodutivas, enquanto que nas plantas dos demais clones essas brotações não foram verificadas (dados não quantificados).

Em setembro de 2011, sob valores de T_{ar} e DPV_{ar} intermediários em relação aos registrados nas avaliações anteriores e déficit hídrico acumulado de 232 mm, os maiores e menores valores de potencial da água na folha foram observados

nas plantas dos clones “IAC 5-1” e “CNPMF 2001” (Figura 15). As plantas dos demais clones apresentaram valores de potencial da água na folha intermediários. Nessas condições, as plantas do clone “IAC 5-1” apresentaram valores de E superiores aos das plantas dos clones “IAC 5”, “CNPMF/EECB” e “CNPMF 2001” em 32%, 32% e 41%, respectivamente. Não foram registradas diferenças entre os clones nos valores de A , g_s e EUA (Figuras 15 e 16).

Em fevereiro de 2012, após a reidratação das plantas, evidenciada pelo aumento dos valores de potencial da água na folha, os valores de A , g_s e E foram superiores em relação aos observados nas avaliações anteriores, realizadas sob déficit hídrico (Figura 15), e situaram-se entre aqueles relatados em estudos anteriores envolvendo limeira ácida ‘Tahiti’ cultivada sem deficiência hídrica e restrições relacionadas à T_{ar} e DPV_{ar} (SILVA et al., 2005; MACHADO et al., 2005). Nessa condição, não foram verificadas diferenças entre os clones em todas as variáveis avaliadas.

Os valores de g_s foram menores no período da tarde em todas as avaliações realizadas sob déficit hídrico (Figura 15), possivelmente, em resposta ao aumento da T_{ar} e DPV_{ar} , conforme relatado em estudos anteriores (MEDINA; MACHADO; GOMES et al., 1999; ANGELOCCI et al., 2004; MACHADO et al., 2002, 2005). Além disso, nessas avaliações, a redução dos valores de g_s no período da tarde exerceram maior influência nos valores de A em relação aos de E , resultando em decréscimo dos valores de EUA nesse período (Figura 15). Sem deficiência hídrica (fevereiro 2012), não foi verificada influência das alterações climáticas diárias nos valores de A , g_s e E .

4.6 Densidade e comprimento de estômatos

As observações das impressões da face abaxial das folhas revelaram que as plantas apresentaram, em média, 323,47 estômatos mm^{-2} , cada qual, com 25,69 μm de comprimento (Tabela 6). Valores dessa magnitude em lima ácida ‘Tahiti’ foram relatados em estudo anterior (BERDEJA-ARBEU et al., 2010). Tanto a densidade, quanto o comprimento dos estômatos foram influenciados pelo clone. O maior número de estômatos foi observado em plantas do clone “CNPMF 2000”, que apresentaram densidade estomática 12% superior à das plantas dos demais clones. Em relação ao comprimento dos estômatos, as plantas do clone “IAC 5”

apresentaram valores superiores aos registrados em plantas dos clones “CNPMF/EECB” e “CNPMF 2001”. Entre os clones CNPMF, as plantas do clone “CNPMF 2000” apresentaram valores de comprimento superiores aos das plantas do clone “CNPMF/EECB”.

Tabela 6 - Densidade estomática e comprimento de estômatos localizados na epiderme abaxial de folhas de clones de lima ácida ‘Tahiti’ enxertados em citrumelo ‘Swingle’ cultivados sem irrigação. Bebedouro, SP.

Clone	Densidade estomática	Comprimento dos estômatos
	estômatos mm ⁻²	µm.....
IAC 5	307,95 b	27,11 a
IAC 5 - 1	317,05 b	25,62 abc
CNPMF/EECB	319,71 b	24,35 c
CNPMF 2000	354,85 a	26,44 ab
CNPMF 2001	317,81 b	24,92 bc
C.V. (%)	7,81	5,98
Valor <i>P</i>	0,0007	0,0087

Letras distintas na coluna indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$)

Apesar das diferenças constatadas entre os clones envolvendo a densidade estomática e comprimento dos estômatos, análises de regressão linear não revelaram a existência de correlação entre essas variáveis e os valores de potencial da água na folha, *A*, *E*, *g_s* e *EUA* ($P > 0,05$) (dados não apresentados).

4.7 Teor relativo de clorofila

Em setembro de 2011, sob deficiência hídrica de 232 mm, as plantas apresentaram teor relativo de clorofila (valor SPAD) médios de 44,9 (Figura 17). Em fevereiro de 2012, após a reidratação das plantas, os valores SPAD apresentaram aumento de 70%, atingindo valores de, aproximadamente, 75. Sob deficiência hídrica, os valores SPAD das plantas dos clones “CNPMF 2000” e “CNPMF 2001” foram 42% inferiores aos das plantas dos clones “IAC 5”, “IAC 5-1” e “CNPMF/EECB” (Figura 17). Ressalta-se que, sob deficiência hídrica, as plantas do clone “CNPMF/EECB” apresentaram teores relativos de clorofila semelhantes aos das plantas dos clones IAC, contudo sob valores de potencial da água na folha inferiores (Figura 15). Após a reidratação das plantas, não foi verificada diferença entre os valores SPAD apresentados pelos clones (Figura 17).

Figura 17 - Teor relativo de clorofila (valor SPAD) em folhas de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados sem irrigação, em setembro de 2011 e fevereiro de 2012. Bebedouro, SP. Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$). Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

4.8 Similaridade de clones de lima ácida 'Tahiti' em função da tolerância à deficiência hídrica

A análise de agrupamento, envolvendo os valores de potencial da água na folha, notas visuais de tolerância à deficiência hídrica e os teores relativos de clorofila, indicou a existência de três grupos de clones de lima ácida 'Tahiti' com níveis distintos de tolerância à deficiência hídrica (TDH) (alta, moderada e baixa) (Figura 18). No grupo de alta TDH, agruparam-se as plantas que apresentaram os maiores valores de potencial da água na folha, notas de TDH e teor de clorofila ("IAC 5-1"). No grupo de TDH moderada, foram agrupadas as plantas que apresentaram valores intermediários de potencial da água na folha e de notas de TDH, porém com teores relativos de clorofila equivalentes às plantas pertencentes ao grupo de alta TDH ("IAC 5" e "CNPMF/EECB"). Por fim, no grupo de baixa TDH, foram agrupadas as plantas que apresentaram os menores valores de potencial da água na folha, notas de TDH e teores relativos de clorofila ("CNPMF 2000" e "CNPMF 2001").

Figura 18 - Dendrograma de agrupamento de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' cultivados sem irrigação obtido pelo método do vizinho mais próximo, baseado nos valores de potencial da água na folha no período da manhã (6h) (agosto de 2009, julho e agosto de 2010, e julho e setembro de 2011), nas notas de tolerância à deficiência hídrica (2008, 2009 e 2011) e nos teores relativos de clorofila (setembro de 2011). Bebedouro, SP

4.9 Incidência de podridão floral dos citros (*Colletotrichum* spp.)

Tendo em vista o agravamento dos sintomas de podridão floral (cálices retidos) ao longo do ano de 2010, procedeu-se a avaliação da incidência dessa doença em 2011 e 2012.

Na avaliação realizada em brotações reprodutivas desenvolvidas no primeiro semestre de 2011, as plantas dos diferentes clones apresentaram número similar de flores por ramo ($P>0,05$), variando entre 7,19 ("CNPMF/EECB") e 10,3 ("IAC 5"). Nos dias que antecederam e sucederam à contagem das flores, registraram-se precipitações frequentes que reduziram a temperatura e aumentaram a umidade relativa do ar, propiciando condições ambientais favoráveis para a ocorrência da doença (temperatura média abaixo de 24°C, UR média acima de 80% e molhamento prolongado da planta) (AGUILAR-VILDOSO et al., 2003), notadamente na primeira semana de abril (Apêndice C). A contagem dos cálices retidos e do número de frutos fixados foi realizada no dia 28/06/2011, quando os frutos apresentaram ao menos mínimo 50% do tamanho final. As plantas do clone "IAC 5-1" apresentaram a maior porcentagem de cálices retidos (Figura 19a), indicando maior incidência de podridão floral em relação às plantas dos demais

clones (Figura 19a). Apesar da maior incidência de podridão floral nas plantas do clone “IAC 5-1”, o número de frutos fixados e a produção de frutos desse clone foi similar aos dos clones “IAC 5” e “CNPMF/EECB” (Figuras 19a e 19b). A fixação e a produção de frutos, das plantas do clone “CNPMF 2000” foram nulas. Embora as plantas do clone “CNPMF 2001” tenham apresentado porcentagem de frutos fixados equivalentes ao das plantas dos clones “IAC 5” e “IAC 5-1” (Figura 19a), os valores de produção foram inferiores (Figura 19b). Considerando que os frutos colhidos no segundo semestre se desenvolvem sob déficit hídrico, possivelmente, esse resultado esteja relacionado com a menor tolerância das plantas do clone “CNPMF 2001” à deficiência hídrica, tornando seus frutos mais suscetíveis à abscisão.

Figura 19 - Cálices retidos (%) e frutos fixados (%) em brotações reprodutivas desenvolvidas no primeiro semestre de 2011 de clones de lima ácida ‘Tahiti’ enxertados em citrumelo ‘Swingle’ cultivados sem irrigação (A). Produção de frutos no segundo semestre de 2011 de clones de lima ácida ‘Tahiti’ cultivados sem irrigação (B). Bebedouro, SP. Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$). Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

Na avaliação realizada em brotações reprodutivas desenvolvidas no segundo semestre de 2011, as plantas apresentaram número similar de flores por ramo ($P > 0,05$), variando entre 28,5 (“IAC 5-1”) e 38,7 (“CNPMF 2000”). A contagem dos cálices retidos e do número de frutos fixados foi realizada no dia 02/02/2012, quando os frutos apresentaram ao menos 50% do tamanho final. De forma geral, a porcentagem de cálices retidos nas brotações reprodutivas desenvolvidas no segundo semestre foi inferior à registrada nas brotações desenvolvidas no primeiro semestre, possivelmente, em decorrência das condições ambientais terem sido menos favoráveis à ocorrência da doença (temperatura média acima de 24°C e umidade relativa média abaixo de 80%) (Apêndice C). Nessa condição, as plantas do clone “IAC 5-1” apresentaram maior porcentagem de cálices retidos em relação

às plantas dos demais clones (Figura 20). A porcentagem de frutos fixados pelas plantas do clone “CNPMF/EECB” foi superior à das plantas dos demais clones (Figura 20). A porcentagem de frutos fixados pelas plantas do clone “IAC 5” não diferiu das plantas dos demais clones, que por sua vez apresentaram fixação de frutos nula (Figura 20).

Figura 20 - Cálices retidos (%) e frutos fixados (%) em brotações reprodutivas desenvolvidas no segundo semestre de 2011 de clones de lima ácida ‘Tahiti’ enxertados em citrumelo ‘Swingle’ cultivados sem irrigação. Bebedouro, SP. Letras distintas indicam diferenças significativas pelo teste de Duncan ($P < 0,05$). Barras verticais representam o erro padrão da média ($n=4$)

4.10 Análise da diversidade genética dos clones estudados

As amplificações com os primers de marcadores RAPD resultaram em 23 fragmentos com total de quatro fragmentos polimórficos. O primer A10 não apresentou polimorfismo. Destes, foram encontrados marcadores específicos para o clone “CNPMF 2000” (Figura 21) que apresentou menor similaridade genética em relação às plantas dos demais clones (Tabela 7). As análises morfológicas corroboraram este resultado, já que as plantas do clone “CNPMF 2000” apresentaram características morfológicas distintas em relação aos demais clones, como maior comprimento dos espinhos e maior número de estômatos.

Figura 21 - Amplificação do DNA de clones de lima ácida 'Tahiti' com marcadores moleculares RAPD. A) "primer" A7; B) "primer" AA7; Colunas: 1 = "IAC 5"; 2 = "IAC 5-1"; 3 = "CNPMF/EECB"; 4 = "CNPMF 2000"; 5 = "CNPMF 2001"; M = Marcador de peso molecular (Fermentas 1Kb) e B = branco (ausência de DNA genômico)

Tabela 7 - Similaridade genética de clones de lima ácida 'Tahiti' enxertados em citrumelo 'Swingle' obtida pelo coeficiente "simple matching" calculado a partir de análise com marcadores RAPD

	IAC 5	IAC 5-1	CNPMF/EECB	CNPMF 2000	CNPMF 2001
IAC 5	-	1,00	1,00	0,83	1,00
IAC 5-1	-	-	1,00	0,83	1,00
CNPMF/EECB	-	-	-	0,83	1,00
CNPMF 2000	-	-	-	-	0,83
CNPMF 2001	-	-	-	-	-

4.11 Discussão

Tendo em vista a tendência de aumento da densidade de plantio e dos custos de produção envolvendo o controle de pragas e doenças, notadamente Huanglongbing (FUKUDA et al., 2010), a seleção de clones de lima ácida 'Tahiti' que apresentem menor crescimento vegetativo é ação desejável. Nesse sentido, o maior crescimento vegetativo apresentado pelas plantas dos clones "IAC 5-1", "CNPMF/EECB", "CNPMF 2000" e "CNPMF 2001" indicam que pomares formados com estes clones apresentarão limitações mais acentuadas para o aumento da densidade de plantio e para o controle de pragas e doenças em relação àqueles formados com o clone "IAC 5". Da mesma forma, o uso da irrigação, por induzir maior crescimento vegetativo, poderá agravar ainda mais estas limitações. A

influência favorável da irrigação sobre o crescimento vegetativo de limeira ácida 'Tahiti', notadamente no período de formação do pomar, foi relatada em estudos anteriores e associada à maiores taxas de assimilação líquida de CO_2 e de crescimento durante períodos caracterizados pelo déficit hídrico (ALVES JÚNIOR et al., 2005, 2011; ESPINOZA-NÚÑEZ et al., 2011). De fato, o maior crescimento em altura, diâmetro da copa e diâmetro do tronco induzido pela irrigação ocorreu até o terceiro ano após o plantio, quando as plantas cultivadas com irrigação já haviam acumulado, no mínimo, 60% das diferenças observadas no sexto ano após o plantio. Da mesma forma, a irrigação pode ter exercido maior influência durante os meses que apresentam deficiência hídrica, visto que, após a regularização das precipitações pluviométricas, quando não há restrição hídrica, as taxas de assimilação de CO_2 de plantas cultivadas com e sem irrigação foram equivalentes. Além disso, anualmente, a deficiência hídrica causou intensa abscisão de folhas das plantas cultivadas sem irrigação o que também pode ter contribuído para a redução do crescimento dessas plantas.

Apesar das limitações relacionadas ao maior crescimento vegetativo, a maior precocidade de início de produção e os maiores valores de produção apresentados pelas plantas dos clones "IAC 5-1" e "CNPMF/EECB" indicam que seu uso seja mais adequado em relação ao clone "IAC 5", mesmo sob cultivo não irrigado, onde esse clone possibilita maior densidade de plantio. Com o uso da irrigação, o cultivo do clone "CNPMF/EECB" torna-se ainda mais vantajoso em decorrência da maior produção de frutos na entressafra. Da mesma forma, a maior precocidade de início de produção e a maior produção de frutos das plantas irrigadas, na safra e entressafra, indicam que a irrigação é uma técnica adequada para o cultivo de lima ácida 'Tahiti', confirmando resultados obtidos em estudos anteriores (ESPINOZA-NÚÑEZ et al., 2011). A influência favorável da irrigação na produção de frutos parece resultar da maior estrutura vegetativa e eficiência produtiva induzida às plantas. Considerando que o ciclo de produção da lima ácida 'Tahiti' é curto (SPÓSITO; MOURÃO FILHO; ARAÚJO, 2000) e que os frutos se desenvolvem sem restrição hídrica, notadamente aqueles colhidos no período de safra, é provável que a influência da irrigação seja maior nas etapas iniciais de desenvolvimento dos frutos, quando as precipitações pluviométricas ainda são irregulares. De fato, os maiores valores de produção foram associados às maiores taxas de assimilação de CO_2 , registradas no início da estação úmida (outubro),

quando as plantas apresentaram-se em início de florescimento. Os maiores valores de A podem ter influenciado a disponibilidade de carboidratos, fundamentais para processos determinantes da produção, tais como o florescimento, fixação e crescimento dos frutos (MEHOUACHI et al., 1993; IGLESIAS et al., 2003; PRADO et al., 2007). De acordo com estudo anterior, o consumo de carboidratos no florescimento e nas etapas iniciais de desenvolvimento dos frutos pode exceder as reservas da planta, tornando a fotossíntese instantânea a única fonte de carboidratos para a manutenção desses processos (RUIZ et al., 2001). Além disso, a redução do enfolhamento das plantas cultivadas sem irrigação, durante os meses que apresentaram deficiência hídrica, pode ter reduzido ainda mais as reservas e a disponibilidade de carboidratos para esses processos (MEHOUACHI et al., 1993; IGLESIAS et al., 2003).

A qualidade dos frutos é um aspecto fundamental na produção de lima ácida 'Tahiti', principalmente, no período de safra. Nesse período, a oferta dessa fruta é elevada e os preços praticados nos mercados locais são reduzidos, tornando a exportação mais atrativa economicamente. A cor da casca e o diâmetro dos frutos são as variáveis de qualidade que exercem maior influência na classificação dos frutos para a exportação, que exige frutos de cor verde escuro e diâmetro entre 46,5 e 60 mm. A cor da casca dos frutos não foi influenciada pelos clones, contudo as plantas do clone "IAC 5-1" apresentaram maior porcentagem de frutos dentro de classe de diâmetro adequada à exportação. Nesse aspecto, os clones "IAC 5" e "CNPMF/EECB" apresentaram resultados menos favoráveis devido à maior porcentagem dos frutos terem apresentado diâmetro superior ao aceito pelo mercado internacional. A irrigação não influenciou a cor da casca dos frutos, entretanto induziu maior porcentagem de frutos com diâmetro adequado à exportação. As plantas cultivadas sem irrigação apresentaram resultados menos favoráveis em função de maior porcentagem de frutos ter atingido diâmetro superior à 60 mm. Considerando que o tamanho final do fruto é determinado, entre outros fatores, pela competição entre os órgãos em desenvolvimento (AGUSTÍ et al., 1996), o menor diâmetro dos frutos das plantas cultivadas com irrigação pode ter sido limitado pela maior quantidade de frutos produzidos. Da mesma forma, esse fator pode ter influenciado as diferenças em diâmetro dos frutos produzidos pelas plantas dos clones "IAC 5" e "IAC 5-1". Entretanto, as diferenças no diâmetro dos frutos entre os clones "IAC 5-1" e "CNPMF/EECB" parecem ter sido influenciadas por

outros fatores, visto que as plantas do clone “CNPMF/EECB” apresentaram maior porcentagem de frutos grandes, mesmo sob maior produção de frutos. Nesse caso, outros fatores podem ser os responsáveis, tais como o tipo predominante de brotação reprodutiva, partição de assimilados e genéticos. Considerando que as etapas iniciais do desenvolvimento dos frutos colhidos no primeiro semestre ocorrem em período caracterizado pela irregularidade das precipitações pluviométricas (outubro-novembro) (Apêndice A), o efeito favorável da irrigação no rendimento de suco e massa dos frutos, possivelmente, ocorreu em fases iniciais do desenvolvimento, quando há aumento do número de células de todos os tecidos, dentre eles as vesículas de suco (AGUSTÍ et al., 1996).

A tolerância à deficiência hídrica envolve mecanismos distintos, dentre os quais se destacam a evitação e a tolerância à desidratação (TAIZ; ZEIGER, 2004). A evitação da desidratação está relacionada com a capacidade da planta em evitar a perda de água, enquanto que a tolerância à desidratação refere-se à capacidade da planta de manter suas funções metabólicas sob desidratação dos tecidos (TAIZ; ZEIGER, 2004). De acordo com estes conceitos, as avaliações do potencial da água na folha revelaram que os clones de lima ácida ‘Tahiti’ IAC demonstraram maior capacidade para evitar a desidratação em relação aos clones CNPMF, com destaque para o clone “IAC 5-1”, que apresentou os maiores valores de potencial da água na folha sob deficiência hídrica prolongada. Por outro lado, os clones CNPMF apresentaram os menores valores de potencial da água na folha quando submetidos à deficiência hídrica prolongada, indicando menor capacidade para evitar a desidratação. Contudo, as plantas do clone “CNPMF/EECB” apresentaram enfolhamento e teor relativo de clorofila superiores aos das plantas dos clones “CNPMF 2000” e “CNPMF 2001”, o que sugere maior tolerância à desidratação. Essa característica, possivelmente, possibilitou que o clone “CNPMF/EECB” fosse inserido em grupo de maior tolerância à deficiência hídrica pela análise de agrupamento. Por outro lado, a tolerância à deficiência hídrica não foi um fator determinante para o crescimento vegetativo e para a produção de frutos, considerando que as plantas que apresentaram elevada tolerância à deficiência hídrica apresentaram crescimento e/ou produção de frutos equivalentes ou até inferiores aos das plantas que apresentaram nível inferior de tolerância à deficiência hídrica. Mesmo a produção no segundo semestre, cujos frutos se desenvolvem, majoritariamente, sob déficit hídrico, não foi superior em plantas que apresentaram

alta tolerância à deficiência hídrica. Dessa forma, a recomendação de clones de lima ácida ‘Tahiti’ para cultivo sem irrigação em condições semelhantes à deste experimento (porta-enxerto e regime hídrico) deverá considerar outros fatores, tais como produção, qualidade dos frutos e tolerância à doenças. Nesse sentido, o clone “CNPMF/EECB” parece ser o mais indicado para cultivos irrigados e não irrigados.

As diferenças anatômicas (densidade e tamanho dos estômatos) entre os clones não influenciaram a taxa de transpiração, a condutância estomática e o potencial da água na folha das plantas. Além disso, sob deficiência hídrica, a condutância estomática e a taxa de transpiração dos clones mais tolerantes à deficiência hídrica foi equivalente ou até superior às dos clones que apresentaram menor tolerância. Esses resultados indicam que a anatomia foliar e o controle da abertura estomática não estão associados às diferenças de tolerância à deficiência hídrica registradas entre os clones. Outros mecanismos, já relatados para outras espécies de citros, podem ser os responsáveis, tais como os ajustes osmótico e elástico e o aprofundamento do sistema radicular (SAVÉ et al., 1995; QIANG-SHENG; REN-XUE, 2006; MAGALHÃES FILHO et al., 2008; GIRARDI, 2008).

As diferenças de potencial da água na folha entre os clones mais e menos tolerantes à deficiência hídrica, bem como entre plantas irrigadas e não irrigadas foram mais evidentes no período da manhã (6h). Esse período parece ser o mais adequado para a avaliação do potencial da água na folha quando o objetivo for a comparação de copas, porta-enxertos e sistemas de cultivo. A avaliação de variáveis complementares ao potencial da água na folha foram úteis na avaliação da tolerância à deficiência hídrica, visto que permitiram a identificação de clones tolerantes à desidratação. A avaliação visual do enfolhamento da planta e o teor relativo de clorofila na folha mostraram-se eficazes para esta finalidade. Apesar da subjetividade (CANTUARIAS-AVILÉS, 2009), os resultados obtidos pelo método visual de avaliação da tolerância à deficiência hídrica confirmaram os resultados obtidos pelo método da câmara de pressão, notadamente em 2011, quando as variáveis envolvendo a tolerância à deficiência hídrica foram avaliadas isoladamente.

O clone “IAC 5-1” apresentou maior suscetibilidade à podridão floral. Contudo, os resultados envolvendo a produção de frutos não parecem ter sido influenciados pela doença, considerando que os sintomas somente foram observados a partir de 2010. Além disso, apesar da maior incidência de podridão floral, a porcentagem de frutos fixados e a produção de frutos das plantas do clone

“IAC 5-1”, no segundo semestre de 2011, não diferiram das plantas dos clones “IAC 5” e “CNPMF/EECB”. Por outro lado, em 2012, a porcentagem de frutos fixados pelas plantas do clone “IAC 5-1” foi nula. Esse resultado sugere a existência de possível efeito cumulativo da doença, reduzindo a capacidade de produção das plantas do clone “IAC 5-1” a cada fluxo de brotações reprodutivas. Tendo em vista que as espécies e variedades de citros mais afetadas pela podridão floral são aquelas que apresentam florescimento frequente (AGUILAR-VILDOSO et al., 2003; LARANJEIRA et al., 2005), a maior suscetibilidade do clone “IAC 5-1” à essa doença, em relação aos demais clones, pode estar relacionada aos florescimentos extemporâneos observados anualmente entre os meses de julho e agosto nas plantas desse clone.

Os resultados desfavoráveis relacionados ao crescimento vegetativo e à baixa produção de frutos impedem a recomendação dos clones “CNPMF 2000” e “CNPMF 2001” para uso em escala comercial em condições similares à deste experimento (porta-enxerto e regime hídrico). Os baixos valores de produção das plantas dos clones “CNPMF 2000” e “CNPMF 2001”, independentemente da condição de cultivo, parecem estar relacionados ao florescimento reduzido apresentado pelas plantas desses clones. As limitações impostas pelo maior crescimento vegetativo das plantas dos clones “IAC 5-1” e “CNPMF/EECB”, bem como de plantas irrigadas, poderá ser alcançada por meio do uso de porta-enxertos indutores de nanismo, tais como o trifoliata ‘Flying Dragon’ (STUCHI; DONADIO; SEMPIONATO, 2003; CANTUARIAS-AVILÉS et al., 2010, 2011; ESPINOZA-NÚÑEZ et al., 2011) e/ou por meio técnicas de redução de copa, como a poda. Adicionalmente, pomares formados com plantas do clone “IAC 5-1” poderão exigir maior atenção em relação ao controle da podridão floral.

A baixa variabilidade genética observada entre os clones não é coerente com as diferenças de desempenho horticultural constatadas em campo. A similaridade máxima registrada entre os clones “IAC 5”, “IAC 5-1”, “CNPMF 2001” e “CNPMF/EECB” pode estar relacionada à limitação do marcador molecular RAPD, visto que, estes marcadores não são capazes de discriminar adequadamente a ocorrência de heteromorfismos intralocos (TINGEY; DELTUFO, 1993; SILVA, 1996). A discriminação entre esses clones com o uso de marcadores RAPD pode ser obtida pelo aumento do número de primers ou pelo uso de outros marcadores moleculares, como microssatélites e RFLP (BASTIANEL, 1998; FERREIRA; GRATTAPLAGIA,

1995; THOMAS et al., 1998). Por outro lado, os resultados demonstraram que a técnica RAPD permite a diferenciação em nível molecular de variedades cítricas consideradas muito próximas geneticamente, tais como clones de limeira ácida 'Tahiti'.

5 CONCLUSÕES

- 1) Os clones “IAC 5-1”, “CNPMF/EECB”, “CNPMF 2000” e “CNPMF 2001” apresentam maior crescimento vegetativo em relação ao clone “IAC 5”, independentemente da presença ou ausência de irrigação.
- 2) O clone “CNPMF/EECB” apresenta maior produção de frutos e maior eficiência produtiva em relação aos demais clones, independentemente da condição de cultivo. Sob cultivo irrigado, esse clone apresenta maior produção de frutos na entressafra.
- 3) O clone “IAC 5-1” apresenta maior porcentagem de frutos exportáveis, independentemente da condição de cultivo, maior tolerância à deficiência hídrica e maior suscetibilidade à podridão floral dos citros.
- 4) Os clones “IAC 5-1” e “CNPMF/EECB” apresentam potencial para cultivo comercial, com e sem irrigação, em condições similares às deste experimento.
- 5) Os clones “CNPMF 2000” e “CNPMF 2001” não apresentam potencial para cultivo comercial em condições similares às deste experimento.
- 6) A irrigação induz maior crescimento vegetativo, maior precocidade de produção, maior produção de frutos na safra e entressafra, maior eficiência produtiva, maior rendimento de suco, maior acidez e maior porcentagem de frutos exportáveis.

REFERÊNCIAS

- AGUILAR-VIDOSO, C.I.; MÜLLER, G.W.; TARGON, M.L.P.N.; SCHINOR, E.H. Proteção integrada: doenças. In: MATTOS JR., D. de; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O. de. (Ed.). **Lima ácida Tahiti**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2003. cap. 7, p. 113-145.
- AGUSTÍ, M.F.; ORENGA, V.A.; ALCAINA, M.A.; FERRER, M.J.; ROMERO, V.E. **Citros**: desenvolvimento e tamanho final do fruto. Tradução de I. Manica. Porto Alegre: Cinco Continentes, 1996. 102 p.
- AGUSTÍ, M. **Citricultura**. Madrid: Mundi-Prensa, 2003. 422 p.
- ALVES JÚNIOR, J.; FOLEGATTI, M.; SILVA, C.R.; SILVA, T.J.A.; EVANGELISTA, A.W.P. Response of young 'Tahiti' lime trees to different irrigation levels. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 2, p. 303-314, mar./abr. 2011.
- ALVES JÚNIOR, J.; SILVA, C.R.; RIBEIRO, R.V.; SILVA, T.J.A.; FOLEGATTI, M.V. Crescimento de plantas jovens de limeira ácida 'Tahiti' sob lâminas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 170-178, jan./abr. 2005.
- ALVES JÚNIOR, J.; FOLEGATTI, M.; PARSONS, L.R.; BANDARANAYAKE, W.; SILVA, C.R.; SILVA, T.J.A.; 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 São Paulo, Brazil. **Irrigation Science**, New York, v. 25, n. 4, p. 419-428, 2007.
- ANGELOCCI, L.R.; MARIN, F.R.; OLIVEIRA, R.F.; RIGHI, E.Z. Transpiration, leaf diffusive conductance, and atmospheric water demand relationship in an irrigated acid lime orchard. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, v. 16, n. 1, p. 53-64, jan./abr. 2004.
- BACCHI, O. Observações citológicas em Citrus. I – Número de cromossômios de algumas espécies e variedades. **Jornal de Agronomia**, Piracicaba, v. 3, n. 4, p. 249-258, 1940.
- BASTIANEL, M.; SCHWARZ, S.F.; COLETA FILHO, H.D.; LIN, L.L.; MACHADO, M.; KOLLER, O.C. Identification of zygotic and nucellar tangerine seedlings (*Citrus* spp.) using RAPD. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 1, p. 123-127, 1998.
- BASTIANEL, M.; DORNELLES, A.L.C.; MACHADO, M.A.; WICKERT, E.; MARASCHIN, S.F.; COLETTA FILHO, H.D.; SCHÄFER, G. Caracterização de genótipos de *Citrus* spp. através de marcadores RAPD. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 5, p. 763-768, 2001.
- BEN-YEHOSHUA, S.; ALONI, B. Effect of water stress on ethylene production by detached leaves of Valencia orange (*Citrus sinensis* Osbeck). **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 53, n. 6, p. 863-865, June 1974.

- BERDEJA-ARBEU, R.; VILLEGAS-MONTER, A.; RUÍZ-POSADAS, L.M.; SAHAGUN-CASTELLANOS, J.; COLINAS-LEON, M.T. Interacion lima persa-portainjertos. Efecto en características estomaticas de hoja y vigor del arboles. **Chapingo**, Chapingo, v. 16, n. 2, p. 91-97, mayo/ago. 2010.
- BLUM, A. Crop responses to drought and the interpretation of adaption. **Plant Growth Regulation**, Dordrecht, v. 20, n. 2, p. 135-148, 1996.
- BOTEON, M. Comercialização nos mercados internos e externos. In: DIA DO LIMÃO 'Tahiti', 5., 2005, Cordeirópolis. Cordeirópolis: Centro APTA Citros "Sylvio Moreira", 2007. **Palestra**. Disponível em: <www.cepea.esalq.usp.br/citros/?id_page=707&i=8>. Acesso em: 10 abr. 2008.
- CAMPOS, H. **Estatística experimental não-paramétrica**. 4. ed. Piracicaba: FEALQ, 1983. 349 p.
- CANTUARIAS-AVILÉS, T. **Avaliação horticultural de laranjeira 'Folha Murcha', tangerineira 'Satsuma' e limeira ácida 'Tahiti' sobre doze porta-enxertos**. 2009. 129 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- CANTUARIAS-AVILÉS, T.; MOURÃO-FILHO, F.A.A.; STUCHI, E.S.; SILVA, S.R.; ESPINOZA-NUNEZ, E. Horticultural performance of 'Folha Murcha' sweet orange onto twelve rootstocks. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 129, n. 2, p. 259-265, 2011.
- CARVALHO, R. **Variabilidade cromossômica e relação entre espécies e cultivares de Citrus L.** 2003. 133 p. Tese (Doutorado em Genética) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.
- CARVALHO, S.A.; MACHADO, M.A.; MÜLLER, G.W.; COLETTA FILHO, H.D. Produção de borbulha básica para formação de mudas de citros sadias em São Paulo. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 22, n. 1, p. 185-201, 2001.
- CASTLE, W.S.; GROSSER, J.W.; GMITTER JR. F.G.; SCHNELL, R.J.; AYALA-SILVA, T.; CRANE, J.H.; BOWMAN, K.D. Evaluation of new rootstocks for 'Tahiti' lime production in southern Florida. **Proceedings of Florida State for Horticultural Society**, Gainesville, v. 117, p. 174-181, 2004.
- CASTRO, P.R. Comportamento dos citros sob déficit hídrico. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 15, n. 2, p. 139-154, 1994.
- CENTRO DE CITRICULTURA. 50 anos de clones nucelares. **Informativo Centro de Citricultura**, Cordeirópolis, n. 141, p. 4, 2007.
- CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA. **Citrus, Séries mensais, Lima Tahiti**. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/citros/?page=707>>. Acesso em: 20 ago. 2011.

CHABARIBERY, D.; ALVES, H.S. Produção e comercialização de limão, mamão, maracujá e melancia em São Paulo. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 31, n. 8, p. 43-51, ago. 2001.

CHAPOT, H. The citrus plant. In: HÄFLIGER, E. **Citrus**. Baste: Ciba-Geigy, 1975. p. 6-13.

CHEN, H.; DEKKERS, K.L.; CAO, L.; BURNS, J.K.; TIMMER, L.W.; CHUNG, K.; Evaluation of growth regulator inhibitors for controlling postbloom fruit drop (PFD) of *Citrus* induced by fungus *Colletotrichum acutatum*. **Hortscience**, Alexandria, v. 41, n. 5, p. 1317-1321, Aug. 2006.

CINTRA, F.L.D.; LIBARDI, P.L.; SAAD, A.M. Balanço hídrico no solo para porta-enxertos de citros em ecossistema de tabuleiro costeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 23-38, 2000.

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

COMPANHIA DE ENTREPOSTOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO. **Classificação do limão (lima ácida) 'Tahiti'**. São Paulo, 2000. 1 folder.

DAVIES, F.S.; ALBRIGO, G. Environmental constraints on growth, development and physiology of citrus. In: _____. **Citrus**. Wallingford: CABI, 1994. chap. 3, p. 52-77.

DE NEGRI, J.D.; STUCHI, E.S.; BLASCO, E.E.A. Planejamento e implantação do pomar cítrico. In: MATTOS Jr., D. de; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU Jr., J. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico; Fundag, 2005. cap. 14, p. 411-427.

DEIDDA, P.; SPANO, D.; ARCA, B.; VENTURA, A.; DUCE, P. Colorimetric analysis for determining leaf water status in *Citrus*. In: INTERNATIONAL CITRUS CONGRESS, 8.. 1996. Sun City. **Proceedings...** Acireale: International Society of Citriculture, 1996. v. 2, p. 1065–1068.

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

DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. **Efeito da água no rendimento dos cultivos**. Tradução de H.R. Ghevy et al. Campina Grande: UFPB, 1994. 306 p.

EIRAS, M.; SILVA, S.R.; STUCHI, E.S.; FLORES, R.; DAROS, J.A. Viroid species associated with the bark-cracking phenotype of 'Tahiti' acid lime in the State of São Paulo, Brazil. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 303-309, 2010.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa, SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p.

ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE CITRICULTURA DE BEBEDOURO. **Relatório de atividades 2010**. Bebedouro: Fundação de Pesquisas Agroindustriais de Bebedouro, 2011. 47 p.

ESPINOZA- NÚÑEZ, E. **Porta-enxertos para limeira ácida ‘Tahiti’ cultivada com e sem irrigação**. 2010. 103 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

ESPINOZA-NÚÑEZ, E.; MOURÃO FILHO, F.A.A.; STUCHI, E.S. Desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade de frutos da tangerineira ‘Fremont’ sobre quatro porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 308-312, ago. 2007.

ESPINOZA- NÚÑEZ, E.; MOURÃO FILHO, F.A.A.; STUCHI, E.S.; CANTUÁRIAS-AVILÉS, T.; DIAS, C.T.S. Performance of ‘Tahiti’ lime on twelve rootstocks under irrigated and non-irrigated conditions. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 129, n. 2, p. 227–231, June 2011.

ESTADOS UNIDOS. Department of Agriculture. **Lemons and limes**: fresh production, supply and distribution in selected countries. Disponível em: <<http://www.fas.usda.gov/psdonline/psdReport.aspx?hidReportRetrievalName=Lemons+and+Limes%2c+Fresh%3a++Production%2c+Supply+and+Distribution+in+Selected+Countries++++&hidReportRetrievalID=1889&hidReportRetrievalTemplateID=3>>. Acesso em: 20 ago. 2011.

EUROPEAN COMMISSION. Disponível em: <<http://exporthelp.europa.eu>>. Acesso em: 22 mar. 2012.

FAGAN, H.J. Postbloom fruit drop, a new disease of citrus associated with a form of *Colletotrichum gloeosporioides*. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 91, n. 1, p. 13-20, Jan. 1979.

FANIZZA, G.; RICCIARD, L; BAGNULO, C. Leaf greenness measurements to evaluate water stressed genotypes in *Vitis vinifera*. **Euphytica**, Wageningen, v. 55, n. 1, p. 27-31, 1991.

FAO. **Agricultural production index**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>. Acesso em: 20 ago. 2011.

FEICHTENBERGER, E. Queda de frutos jovens em citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 12, n. 2, p. 513-521, 1991.

FEICHTENBERGER, E.; BASSANEZI, R.B.; SPÓSITO, M.B.; BELASQUE JÚNIOR, J. Doenças dos citros. In: KIMATI, H.; AMORIN, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, B.; CAMARGO, L.E.A. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, cap. 28, p. 239-269.

FERERES, E.; CRUZ-ROMERA, G.; HOFFMAN, G.J.; RAWLINS, S.L. Recovery of orange trees following severe water stress. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v. 16, n. 3, p.833-842, 1979.

FERRAZ, J.V. Boa opção de investimento para quem colhe entre agosto e novembro. In: FNP CONSULTORIA & COMERCIO. **Agrianual 2007**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2007. p. 298.

FERREIRA, M.E.; GRATTAPAGLIA, D. **Introdução ao uso de marcadores RAPD e RFLP em análise genética**. Brasília: EMBRAPA, 1995. 220 p.

FIGUEIREDO, J.O.; STUCHI, E.S. Copas e porta-enxertos. In: MATTOS JR., D. de; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O. de. (Ed.). **Lima ácida 'Tahiti'**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2003. cap. 3, p. 31-44.

FIGUEIREDO, J.O.; RODRIGUEZ, O.; POMPEU JR, J.; SALIBE, A.A.; ABRAMIDES, E. Melhoramento do limoeiro-taiti por seleção de clones. **Bragantia**, Campinas, v. 35, n. 11, p. 115-122, abr. 1976.

FIGUEIREDO, J.O.; POMPEU JUNIOR, J.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; PIO, R.M.; LARANJEIRA, F.F.; LIMA, J.E.O.; SALIBE, A.A. Porta-enxertos para lima ácida 'Tahiti' na região de Aguaí, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 435-439, dez. 2000.

FIGUEIREDO, J.O.; STUCHI, E.S.; DONADIO, L.C.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; LARANJEIRA, F.F.; PIO, R.M.; SEMPIONATO, O.R. Porta-enxertos para lima ácida 'Tahiti' na região de Bebedouro, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 155-159, abr. 2002.

FIGUEIREDO, J.O.; STUCHI, E.S.; LARANJEIRA, F.F.; DONADIO, L.C.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; SEMPIONATO, O.R.; MULLER, G.W. Porta-enxertos para lima ácida 'Tahiti' em duas regiões do Estado de São Paulo. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 22, n. 1, p. 203-213, 2001.

FIGUEIREDO, J.O.; DONADIO, L.C.; POMPEU JR, J.; TEÓFILO SOBRINHO, J.; PIO, R.M.; VAZ FILHO, D.; STUCHI, E.S.; SEMPIONATO, O.R.; DOMINGUES, E. T. Comportamento de 11 porta-enxertos para o limão Taiti na região de Bebedouro, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v. 15, n. 3, p. 345-351, 1996.

FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO. Citros. In:_____. **Agrianual 2004**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2004. p. 241-283.

_____. Citros. In:_____. **Agrianual 2011**: anuário da agricultura brasileira. São Paulo, 2011. p. 245-277.

FUKUDA, L.A.; FRANCO, D.; FACIO, S.L.; LIMA NETO, R.S. Economic sustainability of the citrus industry under the huanglongbing scenario. **Citrus Research and Technology**, Cordeirópolis, v. 31, n. 2, p. 107-114, 2010.

GAYET, J.P.; SALVO FILHO, A. de. Colheita e beneficiamento. In: MATTOS JR., D. de; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O. de. (ed.). **Lima ácida 'Tahiti'**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2003. cap. 8, p. 147-162.

GIRARDI, E.A. **Fisiologia da produção de mudas cítricas sob deficiência hídrica**. 2008. 176 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

GOMES, M.M.A.; LAGÔA, M.M.A.; MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C.; MACHADO, M.A. Interactions between leaf water potential, stomatal conductance and abscisic acid content of orange trees submitted to drought stress. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina, v. 16, n. 3, p. 155-161, 2004.

GUERFEL, M.; BACCOURI, O.; BOUJNAH, D.; CHAÏBI, W.; ZARROUK, M. Impacts of water stress on gas exchange, water relations, chlorophyll content and leaf structure in the two main Tunisian olive (*Olea europaea* L.) cultivars. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 119, n. 3, p. 257-263, Feb. 2009.

GUTIERREZ, A.S.D.; ALMEIDA, G.V.B. Beneficiamento e comercialização de frutos *in natura*. In: MATTOS Jr., D. de; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU Jr., J. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico; Fundag, 2005. cap. 27, p. 824-837.

HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v. 24, p. 519-570, 1973.

HODGSON, R.W. Horticultural varieties of citrus. In: REUTHER, W.; WEBBER, H.J.; BATCHELOR, L.D. **The citrus industry**. Berkley: University of California, 1967. v. 1, chap. 4, p. 431-591.

IGLESIAS, D.J.; TADEO, F.R.; PRIMO-MILLO, E.; TALON, M. Fruit set dependence on carbohydrate availability in citrus trees. **Tree Physiology**, Oxford, v. 2, p. 199-204, 2003.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS. **Comparativo das exportações brasileiras de frutas frescas**. Disponível em: <www.ibraf.org.br/estatisticas/est_frutas.asp>. Acesso em: 20 ago. 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa>. Acesso em: 20 ago. 2011.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. O mercado de lima ácida 'Tahiti'. **Análises e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 3, n. 12, p. 1-7, dez. 2008.

JACKSON, L.K.; SHERMANN, W.B.; CAMPBELL, C.W. Seedlessness in 'Tahiti' lime. **Proceedings of the Florida State for Horticultural Society**, p. 330-332, 1972. Disponível em: <[http://www.fshs.org/Proceedings/Password%20Protected/1972%20Vol.%2085/330-332%20\(JACKSON\).pdf](http://www.fshs.org/Proceedings/Password%20Protected/1972%20Vol.%2085/330-332%20(JACKSON).pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2012.

JESUS, S.V.; MARENCO, R.A. O SPAD-502 como alternativa para a determinação dos teores de clorofila em espécies frutíferas. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 815-818, dez. 2008.

JIFON, J.L.; SYVERTSEN, J.P.; WHALEY, E. Growth environment and leaf anatomy affect nondestructive estimates of chlorophyll and nitrogen in *Citrus* sp. leaves. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 130, n. 2, p. 152-158, 2005.

KAUFMANN, M. Evaluation of the pressure chamber method for measurement of water stress in citrus. **Proceeding of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 93, p. 186-198, 1968.

KHEDR, A.H.A.; ABBAS M.A.; WAHID, A.A.A.; QUICK, W.P. ABOGAGALLAH, G.M. Proline induces the expression of salt-stress-responsive proteins and may improve the adaptation of *Pancreaticum maritimum* L. to salt-stress. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 54, n. 392, p. 2553-2562, 2003.

KRIEDEMANN, P.E.; BARRS, H.D. Citrus orchard. In: KOZLOWSKI, T.T. **Water deficits and plant growth**. New York: Academic Press, 1981. p. 325-417.

KUPPER, K.C.; GIMENES-FERNANDES, N.; GOES, A. de. Controle biológico de *Colletotrichum acutatum*, agente causal da queda prematura dos frutos cítricos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 3, p. 251-257, maio/jun. 2003.

KURAMAE-IZIOKA, E.E.; LOPES, C.R.; SOUZA, N.L.; MACHADO, M.A. Morphological and molecular characterization of *Colletotrichum* spp. from citrus orchards affected by postbloom fruit drop in Brazil. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 103, n. 4, p. 323-329, 1997.

LARANJEIRA, F.F.; AMORIM, L.; BERGAMIN FILHO, A.; AGUILAR-VILDOSO, C.I.; COLETTA FILHO, H.D. Fungos, procariotos e doenças abióticas. In: MATTOS Jr., D. de; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU Jr., J. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico; Fundag, 2005. cap. 18, p. 510-566.

LEVY, Y. Effect of evaporative demand on water relations of *Citrus limon*. **Annals of Botany**, London, v. 46, p. 695-700, 1980.

LIMA, W.G.; SPÓSITO, M.B.; AMORIM, L.; GONÇALVES, F.P.; MELO FILHO, P.A. *Colletotrichum gloeosporioides*, a new causal agent of citrus post-bloom fruit drop. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 131, n. 1, p. 157-165, 2011.

LUCHETTI, M. A.; MATTOS JR, D.; NEGRI, J. D. de.; FIGUEIREDO, J. O. Aspectos gerais e distribuição do cultivo. In: MATTOS JR, D.; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O. **Lima ácida 'Tahiti'**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2003. cap. 1, p. 1-12.

MACHADO, E.C.; MEDINA, C.L.; GOMES, M.M.A. Teor de água no substrato de crescimento e fotossíntese em laranja 'Valência'. **Bragantia**, Campinas, v. 58, n. 2, p. 217-226, 1999.

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

MACHADO, E.C.; SCHMIDT, P.T.; MEDINA, C.L.; RIBEIRO, R.V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 12, p. 111-1170, dez. 2005.

MAGALHÃES FILHO, J.R.; AMARAL, L.R.; MACHADO, D.F.S.P.; MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranja 'Valência' sobre dois tipos de porta-enxerto. **Bragantia**, Campinas, v. 67, n. 1, p. 75-82, 2008.

MANLY, B.J.F. **Métodos estatísticos multivariados**: uma introdução. Tradução de S.I.C. Carmona. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008. 229 p.

MATHEIS, H.A.S.M.; CURTI-DIAZ, S.A. Aspectos gerais da citricultura no México. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 28, n. 1/2, p. 81-96, 2007.

McGUIRE, R.G. Reporting of objective color measurements. **HortScience**, Alexandria, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C.; GOMES, M.M.A. Condutância estomática, transpiração e fotossíntese em laranja 'Valência' sob deficiência hídrica. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v.11, n. 1, p.29-34, 1999.

MEDINA, C.L.; MACHADO, E.C.; PINTO, J.M. Fotossíntese de laranja 'Valência' enxertada sobre quatro porta-enxertos e submetida à deficiência hídrica. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 1, p. 1-14, 1998.

MEDINA, C.L.; RENA, A.B.; SIQUEIRA, D.L.; MACHADO, E.C. Fisiologia dos citros. In: MATTOS Jr., D. de; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU Jr., J. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo; Fundag, 2005. cap. 7, p. 148-195.

MEHOUACHI, J.; SERNA, D.; ZARAGOZA, S.; AGUSTI, M.; TALON, M.; PRIMO-MILLO, E. Defoliation increases fruit abscission and reduces carbohydrate levels in developing fruits and woody tissues of *Citrus unshiu*. **Plant Science**, Limerick, v. 107, p. 189-197, 1995.

MELO, R.F.; GRUBER, Y.B.G.; COELHO, R.D. Efeito do armazenamento das amostras para determinação do potencial da água na folha pela câmara de pressão. **Irriga**, Botucatu, v. 12, n. 3, p. 326-337, jul./set. 2007.

MEYER, A.S. **Comparação de coeficientes de similaridade usados em análises de agrupamento com dados de marcadores moleculares dominantes**. 2002. 106 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agrônômica) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

MINOLTA. **Chlorophyll meter SPAD-502**: instruction manual. Osaka, 1998. 22 p.

MOLINARI, H.B.C.; MARUR, C.J.; BESPALHO FILHO, J.C.; KOBAYASHI, A.K. PILEGGI, M.; LEITE JÚNIOR, R.P.; PEREIRA, L.F.P.; VIEIRA, L.G.E. Osmotic adjustment in transgenic citrus rootstock Carrizo citrange (*Citrus sinensis* Osb. X *Poncirus trifoliata* L. Raf.) overproducing proline. **Plant Science**, Limerick, v. 167, n. 6, p.1375-1381, 2004.

MOREIRA, S. Growing citrus in presence of tristeza. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL ORGANIZATION OF CITRUS VIROLOGISTS, 4., 1956, Telaviv. **Proceedings...** Riverside: IOCV, 1968. p. 41-44.

MOREIRA, S.; GURGEL, J.T.A. A fertilidade do pólen e sua correlação com o número de sementes, em espécies e formas do gênero Citrus. **Bragantia**, Campinas, v. 1, n. 11/12, p. 669-711, dez. 1941.

MÜLLER, G.W.; COSTA, A.S.; CAMPOS, J.S. Tristeza severa no limão 'Tahiti'. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2., 1973, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1973. p. 381-387.

MURRAY, F.W. On the computation of saturation vapor pressure. **Journal of Applied Meteorology**, Santa Monica, v. 6, p. 203-204, 1967.

NORMAN, S.M.; MAIER, V.P.; PON, D.L. Absciscic acid accumulation and carotenoid and chlorophyll content in relation to water stress and leaf age of different types of citrus. **Journal of Food and Agricultural Chemistry**, Easton, v. 38, n. 6, p. 1326–1334, June 1990.

ORTOLANI, A.A.; PEDRO JUNIOR, M.J.; ALFONSI, R.R. Agroclimatologia e o cultivo dos citros. In: RODRIGUEZ, O.; VIEGAS, F.; POMPEU JR, J.; AMARO, A.A. **Citricultura brasileira**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, 1991. v. 1, p.153-195.

PASSOS, O.S.; SOARES FILHO, W.; BARBOSA, C.J. **A limeira ácida 'Tahiti CNPMF 2001' possui elevada produtividade**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2009. 1 folder.

PASSOS, O.S.; SOARES FILHO, W.; SOBRINHO, A.P.C.; SOUZA, A.S.; SANTOS, L.C.; PEIXOUTO, L.S. **Banco ativo de germoplasma de citros da Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical**: passado, presente e futuro. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2007. 60 p.

PAVAN, A.; CALIXTO, M.C.; CARDOSO, S.C.; MENDES, B.M.J.; BERGAMIN FILHO, A.; LOPES, J.R.S.; CARVALHO, C.R.; MOURÃO FILHO, F.A.A. Evaluation of 'Hamlin' sweet orange + 'Montenegrina' mandarin somatic hybrid for tolerance to *Xanthomonas axonopodis* pv. Citri and *Xylella fastidiosa*. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 113, n. 3, p. 278-285, July 2007.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: ESALQ, 2000. 468 p.

PIRES, R.C.M.; LUCHIARI, D.J.F.; ARRUDA, F.B.; MOSSAK, I. Irrigação. In: MATTOS Jr., D. de; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU Jr., J. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico; Fundag, 2005. cap. 13, p. 370-427.

POMPEU JÚNIOR, J. **Estudo de comportamento de clones nucelares de laranjeira 'Hamlin' (*Citrus sinensis* L. Osbeck) em dois porta-enxertos**. 1972. 77 p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1972.

PRADO, A.K.S.; MACHADO, E.C.; MEDINA, C.L.; MACHADO, D.F.S.P.; MAZZAFERA, P. Florescimento e frutificação em laranjeira 'Valência' com diferentes cargas de frutos e submetidas ou não à irrigação. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 173-182, 2007.

QIANG-SHENG, W.; REN-XUE, X. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. **Journal of Plant Physiology**, Stuttgart, v. 163, n. 4, p. 417-425, Mar. 2006.

REUTHER, W. Climate and citrus behavior. In: _____. **The citrus industry**. Riverside: University of California, 1973. v. 3, chap. 9, p. 280-337.

RIBEIRO, R.V.; MACHADO, E.C.; BRUNINI, O. Ocorrência de condições ambientais para a indução do florescimento de laranjeiras no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 247-253, ago. 2005.

ROCHA, F.J. **Resposta da lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan.) a diferentes porcentagens de área molhada**. 2008. 57 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

RODRIGUEZ, O. Ecofisiologia dos citros. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. cap. 9, p. 149-164.

RODRIGUEZ, O.; FIGUEIREDO, J.O.; POMPEU JR, J.; TEÓFILO SOBRINHO, J. Tristeza no limoeiro Tahiti – Seleção de clones. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 2., 1973, Viçosa. **Anais...** Viçosa: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1973. p. 367-379.

ROLIM, G.S.; SENTELHAS, P.C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, p. 133-137, 1998.

RUIZ, R.; GARCIA-LUIS, A.; MONERRI, C.; GUARDIOLA, J.L. Carbohydrate availability in relation to fruitlet abscission in *Citrus*. **Annals of Botany**, London, v. 87, p. 805-812, 2001.

SALIBE, A.A.; ROESSING, C. Melhoramento do limão Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka). **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 189, 1965.

SANTOS, J.W.; ALMEIRA, F.A.C.; BELTRÃO, N.E.M.; CAVALCANTI, F.B. **Estatística experimental aplicada**. 2. ed. Campina Grande: Embrapa Algodão; UFCG, 2008. 461 p.

SÃO PAULO. Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Instituto de Economia Agrícola. **Levantamento censitário de unidades de produção agrícola do Estado de São Paulo - LUPA 2007/2008**. São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/projetolupa>>. Acesso em: 20 ago. 2011.

SAVÉ, R.; BIEL, C.; DOMINGO, R.; RUIZ-SANCHES, M.C.; TORRECILLAS, A. Some physiological and morfological characteristics of citrus plants for drought resistance. **Plant Science**, Limerick, v. 110, n. 2, p. 167-172, Sept. 1995.

SCHÄFER, G.; BASTIANEL, M.; DORNELLES, A.L.C. Diversidade genética de porta-enxertos cítricos baseada em marcadores moleculares RAPD. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1437-1442, 2004.

SEGATTO, F.B.; BISOGNIN, D.A.; BENEDETTI, M. Técnicas para o estudo da anatomia da epiderme foliar de batata. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 5, p. 1597-1601, 2007.

SENTELHAS, P.C. Agrometeorologia dos citros. In: MATTOS Jr., D. de; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU Jr., J. **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico; Fundag, 2005. cap. 11, p. 317-344.

SILVA, B.A. **O uso de marcadores moleculares e descritores morfológicos na caracterização de clones de limão 'Cravo' (*Citrus limonia* Osb.)**. 1996. 83 p. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho', Jaboticabal, 1996.

SILVA, C.R. da. **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, C.R. da; FOLEGATTI, M.V.; SILVA, T.A. da; ALVES JÚNIOR, J.; SOUZA, C. F.; RIBEIRO, R.V. Water relations and photosynthesis as criteria for an adequate irrigation management in 'Tahiti' lime trees. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 5, p. 415-422, Sept./Oct. 2005.

SILVA, C.R.; ROCHA, F.J.; ALVES JÚNIOR, J.; SILVA, T.J.A.; FOLEGATTI, M.; MASCHIO, R. Respostas de limeira ácida 'Tahiti' à suspensão da irrigação em diferentes períodos fenológicos. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 27, n. 2, p. 297-320, 2006.

SILVA, J.A.A.; DONADIO, L.C.; DEMATTÊ, J.B.I. Comportamento da laranjeira 'Pêra' sobre dois porta-enxertos e três níveis de irrigação. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 440-445, 2000.

SILVA, S.R. **Caracterização fitossanitária e seleção de limeiras ácidas 'Tahiti' clone Quebra-galho candidatas a matrizes**. 2007. 155 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho', Jaboticabal, 2007.

SOARES FILHO, W.S.; PASSOS, O. S. Melhoramento do limão 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tanaka): obtenção de clones nucelares. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 1, n. 1, p. 43-50, abr. 1978.

SOARES FILHO, W.S.; CUNHA SOBRINHO, A.P.; PASSOS, O.S.; DIAMANTINO M.S.A.S.; MOITINHO, E.D.B. Recursos genéticos e identificação de novas variedades: um exemplo com citros. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS GENÉTICOS PARA A AMÉRICA LATINA E CARIBE, 3., 2001, Londrina. **Resumos...** Londrina: IAPAR, 2001. p. 434-436.

SOKAL, R.; MICHENER, C. A statistical method for evaluating systematic relationships. **University of Kansas Science Bulletin**, Lawrence, n. 38, p.1409–1438, 1958.

SORIANO, L. **Hibridação somática visando à produção de genitores tetraploides para o melhoramento de cultivares copa de citros**. 2010. 105 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

SOUTHWICK, S.M.; DAVENPORT, T. Characterization of water stress and low temperature effects on flower induction in citrus. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 81, p. 26-29, 1986.

SOUZA, M.J.H.; RAMOS, M.M.; SIQUEIRA, D.L. de; 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.

_____. Estresse hídrico e época de produção da lima ácida 'Tahiti'. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 31-38, 2004.

SPOSITO, M.B.; MOURÃO FILHO, F.A.A.; ARAÚJO, P.S.R. Fixação e maturação de frutos de limeira ácida 'Tahiti' em relação aos quadrantes geográficos da copa e ao acúmulo de graus-dias. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 1, p. 124-127, 2000.

STENZEL, N.M.C.; NEVES, C.S.V.J. Rootstocks for 'Tahiti' lime. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 61, p. 151-155, 2004.

STUCHI, E.S.; CYRILLO, F.L. **Lima ácida 'Tahiti'**. Jaboticabal: FUNEP, 1998. 35 p.

STUCHI, E.S.; DONADIO, L.C.; SEMPIONATO, O.R. Tolerância à seca da laranjeira 'Folha Murcha' em 10 porta-enxertos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 22, n. 3, p. 454-457, 2000.

_____. Produtividade e tamanho das plantas do clone CNPMF-01, premunizado contra tristeza dos citros, da limeira-ácida 'Tahiti' em Bebedouro (SP). **Laranja**, Cordeirópolis, v. 23, n. 1, p. 221-230, 2002.

_____. Performance of Tahiti lime on *Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* 'Flying Dragon' in four densities. **Fruits**, Paris, v. 58, p. 1-5, 2003.

STUCHI, E.S.; MARTINS, A.B.G.; LEMO, R.R.; CANTUARIAS-AVILÉS, T. Fruit quality of 'Tahiti' lime (*Citrus latifolia* Tanaka) grafted on twelve different rootstocks. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, p. 454-460, 2009.

SYVERTSEN, J.P. Physiological determinants of citrus tree growth and development. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF FRUIT CROP – PRODUCTION AND QUALITY OF CITRUS FRUITS, 1999, Botucatu. **Proceedings...** Botucatu: FAPESP, 1999. p. 123-160.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia do estresse. In: _____. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Tradução de P.L. de Oliveira. Porto Alegre: Artmed, 2004. cap. 25, p. 613-644.

THOMAS, M.R.; SCOTT, N.S. BOTTA, R.; KIJAS, J.M.H. Sequence-Tagged site markers in grapevine and citrus. **Journal of the Japanese Society for Horticultural Science**, Tokyo, v. 67, n. 6, p. 1189-1192, 1998.

TINGEY, S.V.; DELTUFO, J.P. Genetic analysis with random amplified polymorphic DNA markers. **Plant Physiology**, Minneapolis, v. 101, n. 2, p. 349-352, 1993.

VIEIRA, D.B. Controle da irrigação em citricultura. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 1, n. 5, p. 299-312, 1984.

_____. Fertirrigação e manejo da irrigação em citros. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 2, n. 9, p. 369-376, 1988.

ZANINI, J.R.; PAVANI, L.C. Irrigação em citros. In: Seminário INTERNACIONAL DE CITROS – TRATOS CULTURAIS, 5., 1998, Bebedouro. **Anais...** Bebedouro: Fundação Cargill, 1998. p. 409-442.

ZEKRI, M. Citrus rootstocks affect scion nutrition, fruit quality, growth, yield and economical return. **Fruits**, Paris, v. 55, p. 231-239, 2000.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Figura 22 - Balanço hídrico climatológico nos anos 2008, 2009, 2010 e 2011. calculado por meio de planilha eletrônica pelo método de Thornthwaite e Mather (ROLIM; SENTELHAS; BARBIERI, 1998). Bebedouro, SP. EXC = excedente hídrico; DEF = deficiência hídrica. Capacidade de água disponível de 100 mm. Bebedouro, SP Bebedouro, SP

APÊNDICE B

Figura 23 – Variação horária da temperatura do ar (T_{ar}), do déficit de pressão de vapor do ar (DPV_{ar}) e da radiação solar em 28/06/2011, 28/07/2011, 02/09/2011 e 02/02/2012. Bebedouro, SP

APÊNDICE C

Figura 24 - Variação diária da temperatura do ar, umidade relativa do ar (UR) e precipitação pluviométrica entre 01/04/2011 e 15/04/2011, em Bebedouro, SP

Figura 25 - Variação diária da temperatura do ar, umidade relativa do ar (UR) e precipitação pluviométrica entre 14/10/2011 e 28/10/2011, em Bebedouro, SP

ANEXO

Figura 26 - Croqui da área experimental. T1 = "IAC 5"; T2 = "IAC 5-1"; T3 = "CNPMF/EECB"; T4 = "CNPMF 2000"; T5 = "CNPMF 2001".