

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CURSO DE DOUTORADO**

**EFICIÊNCIA PRODUTIVA E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS  
DA LIMEIRA ÁCIDA 'TAHITI' EM FUNÇÃO DE DIFERENTES  
ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO EM CLIMA  
SEMIÁRIDO**

**KLEBSON SANTOS BRITO**

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
2018**

**EFICIÊNCIA PRODUTIVA E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DA LIMEIRA ÁCIDA  
'TAHITI' EM FUNÇÃO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE  
IRRIGAÇÃO EM CLIMA SEMIÁRIDO**

**KLEBSON SANTOS BRITO**

Engenheiro Agrônomo

Mestre em Engenharia Agrícola

Universidade Federal de Campina Grande, 2014.

Tese apresentada à Universidade Federal do  
Recôncavo da Bahia, como parte das exigências  
do Programa de Pós-graduação em Engenharia  
Agrícola para obtenção do título de Doutor em  
Engenharia Agrícola (Área de Concentração:  
Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos).

Orientador: Dr. Maurício Antônio Coelho  
Filho

**CRUZ DAS ALMAS - BAHIA  
2018**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
DOUTORADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**EFICIÊNCIA PRODUTIVA E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DA  
LIMEIRA ÁCIDA 'TAHITI' EM FUNÇÃO DE DIFERENTES  
ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO EM CLIMA SEMIÁRIDO**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE TESE DE KLEBSON SANTOS  
BRITO**

---

Dr. Maurício Antônio Coelho Filho

Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical – CNPMF (Orientador)

---

Dr. Antonio Hélder Rodrigues Sampaio

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia

Baiano – IFBaiano

---

Dr. Willian Fernandes de Almeida

Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

---

Dr. Walter dos Santos Soares Filho

Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical – CNPMF

---

Dr. Eugênio Ferreira Coelho

Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical – CNPMF

## **DEDICO**

Aos meus pais, Rubenita e Manoel, pelo exemplo de honestidade e boa conduta a serem seguidos, pelos conselhos, ensinamentos, pelo esforço e dedicação à família;

A meus irmãos Cristiano, Maiara e Laura, a minha sobrinha Clara e a todos os familiares, pelo incentivo e por todos os momentos que dividimos ao longo desses anos.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por tudo que me é concedido, por me guiar em todos os momentos da minha vida. A todos os meus familiares.

Aos colegas da pós, Marcos, Jamile, André, Lucília, João Guilherme, Paula, Monyckuele, Chico, Bruno, Thais, Leandra, Regiana, Augusta.

Aos colegas do setor de Irrigação da Embrapa, Yumi, Alana, Wilson, Maurício, Andressa, Elaine, Matheus Carvalho, Matheus Machado, Israel, Adriadna.

Aos funcionários da Embrapa, Tibério, Mabel, Jorge, Tarcísio, Reynaldo, Jair e Roque.

Ao Professor, Eugênio, pelo incentivo e apoio.

Aos professores, Vital, Talles, Lucas, Alysson Jadaví, Rabelo, Patrícia, Karoline, Aureo e Clovis.

Ao professor Maurício Coelho por todo apoio, orientação, incentivo e ensinamentos.

A Universidade Federal do Recôncavo da Bahia pela oportunidade de fazer parte do programa de pós-graduação em Engenharia Agrícola.

A Fazenda Santo Antônio, em nome dos parceiros Uliana, Maurício, Miguel, Déte e Júnior pela estrutura experimental e apoio no experimento.

A Epamig, em nome dos parceiros Poliana, Conceição, Valdinei, Louro e João, pela parceria firmada, através da qual foi disponibilizado estrutura experimental e apoio para os experimentos.

A Fundação de Amparo a Pesquisa da Bahia - FAPESB, pelo apoio financeiro para esse estudo.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, por todo apoio na execução dos experimentos.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Pará – IFPA, pelo apoio na conclusão do curso de Doutorado.

A todos que de forma direta ou indireta contribuíram para minha formação.

***“Em meio à dificuldade encontra-se a oportunidade”***

***(Albert Einstein)***

***“Um pouco de ciência nos afasta de Deus. Muito, nos aproxima.”***

***(Louis Pasteur)***

## SUMÁRIO

Página

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO ..... 12

### Capítulo 1

ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO E VOLUME DE SOLO IRRIGADO  
PARA LIMÁ ÁCIDA ‘TAHITI’ ENXERTADA EM LIMOEIRO CITRUMELO  
‘SWINGLE’ E SUAS IMPLICAÇÕES NA EFICIÊNCIA DE USO DE ÁGUA NO  
SEMIÁRIDO  
..... 23

### Capítulo 2

PRODUÇÃO DE FRUTOS E RELAÇÕES HÍDRICAS DO LIMÃO ‘TAHITI’  
ENXERTADO EM HÍBRIDO TRIFOLIADO HTR-069 SOB CONDIÇÃO DE DÉFICIT  
HÍDRICO NO SOLO ..... 59



## EFICIÊNCIA PRODUTIVA E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DA LIMEIRA ÁCIDA 'TAHITI' EM FUNÇÃO DE DIFERENTES ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO EM CLIMA SEMIÁRIDO

**RESUMO:** A produção agrícola em regiões com limitação de disponibilidade hídrica no Brasil é um grande desafio para o desenvolvimento econômico e sustentável. Com a citricultura não é diferente, já que muitos estudos vêm sendo desenvolvidos com a finalidade de otimizar a utilização de vários insumos agrícolas, e melhorar a eficiência no uso da água. O trabalho objetivou estudar, entre os anos de 2015 e 2017, as relações hídricas de plantas de limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] em duas regiões semiáridas do Brasil. Um estudo foi desenvolvido na área experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG em Jaíba – MG, com o porta-enxerto HTR-069. O outro estudo foi desenvolvido na área comercial da Fazenda Santo Antônio em Itaberaba – BA, com o porta-enxerto citrumelo 'swingle' [*Citrus trifoliata* (L.) Raf. X *Citrus Paradise* Macf.]. As plantas foram submetidas a diferentes manejos de irrigação, tendo como fontes de variação duas lâminas aplicadas (irrigação plena e irrigação com déficit - 50% da irrigação plena) e volume de solo irrigado. Com relação ao volume irrigado, além do número de linhas de irrigação e uso de microaspersão, também foram avaliadas estratégias de irrigação com secamento parcial de raiz (PRD). Nos dois experimentos foram avaliados o crescimento, respostas fisiológicas e produção em pomar jovem na EPAMIG fase inicial até três anos e meio de idade e em pomar adulto com idade de seis anos na Fazenda Santo Antônio. No semiárido da Bahia, porta-enxerto citrumelo Swingle, houve impacto da irrigação com déficit quando o manejo de irrigação foi realizado com uma linha de gotejamento, diferente da irrigação com reposição de 100% da ETc e duas linhas de gotejadores, que apresentou a produtividade absoluta maior, mas não superior às demais estratégias (uma linha de irrigação), em média 26 % superior ao tratamento com irrigação plena e uma linha de gotejadores. Esse resultado leva a concluir que o maior volume de solo irrigado, minimiza os efeitos do déficit, quando o tratamento PRD não diferiu da irrigação plena com uma ou duas linhas de irrigação, e a maior eficiência do uso de água foi observada no T5 PRD 50% (10,48 kg m<sup>-3</sup> de água). Esse tratamento promoveu maior redução do volume de copa e elevada eficiência produtiva (3,81 kg m<sup>-3</sup> de copa). Os resultados de produção foram corroborados pelos estudos fisiológicos. O maior potencial de água na folha foi observado no T2 100% 2Ln (- 0,33 MPa) e menor foi observado no T3 50% 1Ln (- 0,53 MPa). Houve tendência de

aclimatação das plantas recebendo irrigação deficitária no tempo, corroboradas pelos dados fisiológicos resistência estomática ( $s\ cm^{-1}$ ), potencial de água na folha (MPa) e temperatura foliar ( $^{\circ}C$ ), já que no terceiro ano de estudo não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos estudados. No semiárido de Minas Gerais, utilizando o porta-enxerto HTR-069, houve impacto da irrigação com déficit. A maior produção ao final de 30 meses de colheita, foi observada no tratamento T5 ( $22,78\ kg\ planta^{-1}$ ) e T1 ( $11,97\ kg\ planta^{-1}$ ) foi o menos produtivo. A maior eficiência do uso de água foi observada no T5 PRD 50% ( $3,53\ kg\ m^{-3}$ ). Esse tratamento promoveu maior redução do volume de copa e elevada eficiência produtiva ( $2,38\ kg\ m^{-3}$  de copa). Os resultados de produção foram corroborados pelos estudos fisiológicos, e o maior potencial de água na folha foi observado no T3 50% 1Ln ( $-1,06\ MPa$ ) e o menor foi observado no T4 50% 2Ln ( $-1,78\ MPa$ ). Houve boa aclimatação das plantas recebendo irrigação deficitária no tempo, pois foram submetidas aos manejos de irrigação desde as fases iniciais de desenvolvimento como pode-se observar pelas respostas fisiológicas das plantas.

**Palavras-chave:** Eficiência de uso de água, eficiência produtiva, relações hídricas, potenciais da água na planta, manejo de irrigação com déficit, PRD, porta-enxertos, adensamento de plantio.

# **GROWTH, PRODUCTIVITY AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF THE TAHITI ACID FIELD IN THE FUNCTION OF DIFFERENT SEMIARID IRRIGATION MANAGEMENT STRATEGIES**

**ABSTRACT:** Agricultural production in regions with limited water availability in Brazil is a major challenge for economic and sustainable development. Citrus cultivation is no different, as many studies have been developed to optimize the use of various agricultural inputs and improve water use efficiency. The objective of this work was to study the water relations of 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] between the years 2015 and 2017 in two semiarid regions of Brazil. A study was developed in the experimental area of the Agricultural Research Company of Minas Gerais - EPAMIG in Jaíba - MG, with the rootstock HTR-069. The other study was developed in the commercial area of Fazenda Santo Antônio in Itaberaba - BA, with the 'Swingle' citrumelo (*Citrus trifoliata* (L.) Raf. X *Citrus Paradise* Macf.). The plants were submitted to different irrigation management, with two applied slides (full irrigation and irrigation with deficit - 50% of full irrigation) and volume of irrigated soil as sources of variation. Regarding the irrigated volume, in addition to the number of irrigation lines and micro sprinkler use, irrigation strategies with partial root drying (PRD) were also evaluated. In both experiments the growth, physiological responses and production in young orchard in the EPAMIG initial stage up to three and a half years of age and in an adult orchard at the age of six years in the Fazenda Santo Antônio were evaluated. In the semi-arid region of Bahia, Swingle citrumelo rootstock, there was an impact of irrigation with deficit when the irrigation management was performed with a drip line, different from irrigation with 100% ETC replacement and two lines of drippers, which presented productivity absolute higher, but not superior to the other strategies (an irrigation line), on average 26% higher than the treatment with full irrigation and a line of drip irrigators. This result leads to the conclusion that the higher volume of irrigated soil minimizes the effects of the deficit when PRD treatment did not differ from full irrigation with one or two irrigation lines, and the greater efficiency of water use was observed in T5 PRD 50 % (10.48 kg m<sup>-3</sup> water). This treatment promoted greater reduction of canopy volume and high productive efficiency (3.81 kg m<sup>-3</sup> of canopy). The results of production were corroborated by the physiological studies. The highest water potential in the leaf was observed in T2 100% 2Ln (- 0.33 MPa) and lower was observed in T3 50% 1Ln (- 0.53 MPa). There was a tendency of acclimatization of the plants receiving time-deficient irrigation, corroborated by the physiological data stomatal resistance

(s cm<sup>-1</sup>), leaf water potential (MPa) and foliar temperature (°C), since in the third year of study there was no statistical differences between the treatments studied. In the semiarid region of Minas Gerais, using the rootstock HTR-069, there was an impact of irrigation with deficit. The highest production at the end of 30 months of harvest was observed in the T5 treatment (22.78 kg plant<sup>-1</sup>) and T1 (11.97 kg plant<sup>-1</sup>) was the least productive. The higher efficiency of water use was observed in T5 PRD 50% (3.53 kg m<sup>-3</sup>). This treatment promoted greater reduction of canopy volume and high productive efficiency (2.38 kg m<sup>-3</sup> of canopy). The production results were corroborated by physiological studies, and the highest water potential in the leaf was observed in T3 50% 1Ln (- 1.06 MPa) and the lowest was observed in T4 50% 2Ln (-1.78 MPa). There was good acclimatization of the plants receiving time-deficient irrigation, since they were submitted to irrigation management from the initial stages of development as can be observed by the physiological responses of the plants.

**Keywords:** Efficiency of water use, productive efficiency, water relations, potentials of water in the plant, irrigation management with deficit, PRD, rootstock, planting densification.

## INTRODUÇÃO

### Importância econômica e social da citricultura

A citricultura brasileira é um dos setores mais competitivos do agronegócio mundial, do qual o Brasil detém 70% do mercado de suco concentrado, sendo o maior produtor mundial de citros e maior produtor e exportador de suco concentrado congelado de laranjas doces, os pomares brasileiros somam cerca de 16 milhões de toneladas de frutas colhidas, em área de quase 700 mil ha, distribuídas por todo o país (ANUÁRIO et al., 2017). Apesar de sua importância econômica, a citricultura nacional encontra-se bastante vulnerável devido à baixa variabilidade genética, com predomínio da combinação entre copas de laranjeira ‘Pera’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] e o porta-enxerto limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia* Osbeck), que além de ser o porta-enxerto mais usado no Brasil, é o principal porta-enxerto da citricultura paulista (STUCHI et al., 2004), baiana e sergipana (PRUDENTE et al., 2004).

O uso do limoeiro ‘Cravo’ (*C. limonia* Osbeck) torna a citricultura bastante suscetível a diversos fatores bióticos, a exemplo da gomose de *Phytophthora*, da virose “tristeza dos citros” e do huanglongbing (HLB, ex-greening), e na prática estas doenças tem acarretado inúmeros prejuízos à produção nacional. Além disso, há também os fatores abióticos, especialmente a deficiência hídrica que interfere negativamente na produção, uma vez que boa parte das áreas de produção de citros está localizada em regiões semiáridas. Essas regiões apresentam precipitações anuais que não suprem a necessidade hídrica das plantas, tornando a citricultura dependente da prática da irrigação, para a sua viabilidade econômica.

### Características da limeira ácida ‘Tahiti’

Os citros são originários de regiões tropicais úmidas e subtropicais da Ásia, e foram introduzidos no Brasil pelos colonizadores portugueses (DONADIO et al., 2005), citado por Braz et al. (2009). Pertencem à família Rutaceae, subfamília Aurantioideae, tribo Citreae, subtribo Citrineae, gênero *Citrus* e espécie [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] (LUCHETTI et al., 2003). As plantas de limeira ácida ‘Tahiti’ possuem folhagem verde densa e as flores não possuem pólen viável por ser um híbrido triploide ( $3n = 27$ ), de acordo com BACHI (1940).

As plantas de limeira ácida ‘Tahiti’ são de porte médio, com copa arredondada e densa, suas flores são pequenas e aromáticas, ocorrem principalmente nos meses de setembro e

outubro. Em regiões com altas temperaturas, o crescimento e a floração das plantas são contínuos, assim, é possível obter várias colheitas durante o ano com redução nos períodos de baixo índice pluviométrico.

Os frutos da Limeira ácida ‘Tahiti’ são de tamanho médio e apresentam casca lisa ou ligeiramente rugosa, não possuem sementes, a polpa esbranquiçada é tenra e succulenta quando os frutos amadurecem aos 120 dias após a florada. O rendimento de suco é aproximadamente 50% o peso do fruto e o teor de ácido ascórbico é 20 a 40 mg/100 mL de suco (COELHO, 1993).

### **Determinação da água do solo**

O conceito de disponibilidade de água ou capacidade de água disponível para as plantas é usualmente definido como o teor de umidade compreendido entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, determinado em laboratório conforme RICHARDS (1947). Sendo assim, considera-se ponto de murcha permanente a água retida a uma tensão de - 1.500 MPa e - 0.033 MPa, a capacidade de campo, para solos argilosos e - 0.010 MPa a capacidade de campo para solos arenosos independente do vegetal que é cultivado (SOUZA et al., 2002).

A umidade do solo quantifica a percentagem de água em uma determinada amostra por volume de solo. A composição granulométrica do solo é a característica que melhor descreve a retenção de água do solo (URACH, 2007). Segundo Bescansa et al. (2006), a retenção de água por um solo é uma propriedade muito importante, pois se relaciona à estrutura do solo. A intensidade com que a água é retida no solo depende do sistema poroso do solo. Dessa forma, quando ocorre aumento da densidade do solo há uma maior capacidade de retenção de água devido à redução do número de macroporos e o aumento do número de microporos que ganham mais capacidade de reter água (SILVA et al., 2006).

A relação entre o teor de água e a energia com a qual ela está retida é determinada pela curva de retenção da água no solo, que é essencial para determinar a relação água-solo-planta. E permite estimar o conteúdo de água do solo até o qual a água pode decrescer sem afetar o desenvolvimento das plantas nem a sua produtividade; isso é de extrema importância para o manejo de irrigação (REICHARDT & TIMM, 2004).

Conforme Souza et al. (2013) a medição da umidade do solo consiste em informação técnica fundamental para uma série de atividades das áreas de agricultura, ecologia e engenharia, além de atividades relacionadas à áreas científicas, como em física do solo. Os

métodos indiretos de medição da umidade do solo são classificados como tensiométricos: Tensiômetro, blocos de gesso e psicrômetro; e volumétricos: Reflectometria no domínio do tempo - TDR, reflectometria no domínio da frequência - FDR reflectometria no domínio da amplitude - ADR, transmissão de fase e transmissão no domínio do tempo - TDT (SILVA, 2013).

Segundo Souza et al. (2013) as técnicas como Reflectometria no Domínio do Tempo (TDR) e a Reflectometria no Domínio da Frequência (FDR) consistem em alternativas para quantificação do conteúdo de água do solo, fornecendo leituras precisas, rápidas e em diferentes profundidades. Além de utilizada na avaliação do movimento de sais no solo, traz importantes subsídios ao estudo da dinâmica de íons em diferentes manejos de fertirrigação.

As vantagens da técnica da TDR são sua característica não-destrutiva, rapidez na obtenção dos resultados e a segurança do operador, além de permitir o monitoramento contínuo da água no solo, tanto no espaço quanto no tempo (TEIXEIRA et al., 2005). A desvantagem é o elevado custo do equipamento e a necessidade de calibração para cada tipo de solo (BIZARI et al., 2011).

A reflectometria no domínio do tempo TDR vem sendo cada vez mais utilizada devido à sua versatilidade e precisão na obtenção dos dados, sendo largamente empregada na pesquisa (SANTOS et al., 2011). A umidade do solo medida com a TDR é em função da constante dielétrica do solo, devido à sua correlação com o conteúdo volumétrico de água (GRECO & GUIDA, 2008).

### **Necessidades hídricas e otimização do uso da água na citricultura**

Os escassos recursos hídricos em todo o planeta, principalmente na região Nordeste do Brasil, que possui maior vulnerabilidade ao aquecimento global (VICTORINO, 2007), têm sido um ponto importante na conduta da política das águas pelos governos federal, estaduais e municipais. No caso da agricultura irrigada o aumento da evapotranspiração implica diretamente no aumento das necessidades de reposição de água, implicando uma maior necessidade de eficiência no uso da água em cultivos irrigados sob condições diferenciadas de regimes e disponibilidade hídricas.

A agricultura irrigada representa 70% do volume de água doce consumido (VICTORINO, 2007). Isso tem se mostrado um problema principalmente por limitar a expansão agrícola desse segmento, devido ao olhar mais cauteloso de órgãos ambientais temerários de uma possível escassez desse recurso natural. Devido à escassez de recursos

hídricos, é preciso otimizar o uso da água na agricultura irrigada, e reduzir o consumo de água pelas plantas pela redução da transpiração da cultura e da evaporação da água no solo, sem prejudicar a produtividade (CENTRITTO et al., 2000).

A redução do consumo hídrico da irrigação por unidade de produção, otimizando o uso de água doce e permitindo a expansão com mesmo volume de água aplicado é alcançada mais facilmente ao se adotar técnicas de conservação da água no solo e também a adoção, por parte do irrigante, de técnicas de manejo da irrigação que aumentem a eficiência de uso da água das culturas (COELHO FILHO et al. 2007; COTRIN et al. 2007; KRIEDEMANN & GOODWIN (1991); CHAVES et al. 2007; FERERES & SORIANO 2007; BEIS & PATAKAS 2010; KANG & ZHANG, 2004; DODD et al. 2006; KIRDA et al. 2007; WANG et al. 2010).

Anualmente um cultivo de citros necessita de 900 a 1.200 mm de água para produzir satisfatoriamente, e quando há uma boa distribuição da precipitação ao longo do ano reduz-se a necessidade de irrigação suplementar. A demanda hídrica varia em função da evapotranspiração, características do solo, variedade copa utilizada e variedade porta-enxerto empregada (DONATO et al., 2007). É importante compreender o comportamento dos porta-enxertos, das copas e da combinação mais adequada em diferentes situações, pois os porta-enxertos afetam várias características da planta e também a tolerância a estresses ambientais (CARBONEAU, 1985; POMPEU JUNIOR, 1991; NOGUEIRA et al., 2001; SOUZA et al., 2001; CERQUEIRA et al., 2004).

As plantas alocam mais recursos no sistema radicular quando estão em condições de estresse, na maioria das vezes (DONATO et al., 2007). Em condições de déficit hídrico, há uma maior interação entre porta-enxerto e copa. Isso pode influenciar o grau de tolerância à seca e a eficiência no uso de água em cultivos irrigados (CARBONEAU, 1985; SOUZA et al., 2001). Deste modo, é fundamental a afinidade entre a copa e o porta-enxerto, respeitando sua tolerância a condições diferenciadas de regime hídrico, pois há uma predominância de déficit hídrico nas regiões de cultivo da limeira ácida ‘Tahiti’.

O déficit hídrico ocorre quando o volume de água perdido pela planta através do processo de transpiração é maior que o absorvido pelas raízes, levando a um balanço negativo, podendo a planta passar por estresse hídrico (ANGELOCCI, 2002). Comum em regiões áridas e semiáridas para a maioria das culturas agrícolas, o déficit hídrico ocorre devido à distribuição irregular das chuvas (TAIZ & ZEIGER, 2013). Por comprometer vários aspectos do crescimento vegetal, os efeitos mais comuns do déficit hídrico são a redução do crescimento das plantas, da sua área foliar e da produção (KRAMER, 1983; TAIZ & ZEIGER, 2002). Com a utilização do déficit hídrico é possível reduzir o volume de água



aplicado e com isso aumentar a eficiência do uso da água pelas plantas com a redução do crescimento vegetativo e manter satisfatório o rendimento agrícola (DRY & LOVEYS, 1998). Acredita-se que nessa condição o sistema radicular passa a produzir uma quantidade maior de ácido abscísico (ABA), que ocasiona o fechamento parcial dos estômatos e com isso reduz a perda de água da planta para a atmosfera (DAVIES et al., 2002).

Tendo em vista a necessidade de aumento na eficiência no uso da água na agricultura irrigada, diferentes estratégias de manejo de irrigação têm sido testadas, dentre as alternativas a denominada de secamento parcial de raiz (PRD), que impactam também o crescimento de plantas e qualidade de frutos. Podendo, no caso de plantas cítricas beneficiar o processo de colheita e aumentar a eficiência produtiva (Kg de frutos m<sup>-3</sup> de copa), características buscadas na citricultura atual (STUCHI et al., 2004).

Estudos indicaram que o potencial hídrico foliar de plantas adultas de oliveira, irrigadas com PRD em clima semiárido, foi maior nas primeiras horas da manhã tanto no tratamento de irrigação plena com 100% da ETc quanto nos tratamentos com déficit hídrico e os menores valores foram observados próximo do meio dia, com recuperação das plantas durante a noite. Desta forma, tem-se que o secamento parcial de raiz, não afetou as relações hídricas das plantas e o PRD no tratamento de 50% da ETc reduziu o potencial hídrico da folha, e durante a madrugada o potencial hídrico se restabeleceu, igualou-se ao das plantas controle, mantendo a capacidade fotossintética das folhas (CENTRITTO et al., 2005).

Egea et al. (2009), estudando o efeito do PRD no crescimento de frutos de amêndoas (*P. dulcis* Mill.), observaram que esse parâmetro não afetou o padrão geral de crescimento dos frutos, mas houve perdas no peso seco dos frutos dos tratamentos com maiores déficits hídricos.

Egea et al. (2011), avaliando a eficiência do uso da água em amendoeira e o secamento de raiz comparando com a irrigação com déficit controlado, concluíram que a aplicação do PRD não apresentou nenhuma alteração fisiológica em comparação aos tratamentos controle quando as avaliações foram feitas ao meio dia. As plantas com PRD recuperaram-se no período da tarde, mas esse efeito não foi atribuído às diferenças na regulação estomática.

Coelho Filho et al. (2009) avaliando o uso da irrigação com secamento parcial de raiz (PRD) na cultura da manga 'Kent' [Mangífera índica L.] em condições semiáridas, encontraram diferença na umidade do solo entre os tratamentos e constataram reduções significativas na umidade do solo no lado não irrigado das plantas. Esses autores afirmam que mesmo para as irrigações com intervalos de sete dias, a água do solo atingiu valores críticos para a cultura. Observou-se que a produtividade do tratamento sem déficit hídrico foi superior

à dos demais, mesma tendência verificada para número de frutos. Não houve diferença no peso de frutos entre os tratamentos com déficit e ainda foi possível reduzir em 50% o volume de água aplicado, sem perdas significativas de produtividade e crescimento de frutos nos tratamentos de 14 e 21 dias de alternância de irrigação.

Considerando a escassez de informações sobre respostas fisiológicas e produtivas da limeira ácida ‘Tahiti’ em diferentes manejos de irrigação, em condições de campo ([ALVES JUNIOR et al., 2005](#)), buscou-se neste trabalho estudar a resposta das plantas à condição de irrigação deficitária (50% e 100% da ETc) em dois manejos de irrigação (PRD e irrigação plena) e arranjos do sistema de irrigação em duas regiões semiáridas do Brasil.

## LITERATURA CITADA

- ALVES JUNIOR, 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. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.25, n.1, p.170-178, jan./abr. 2005.
- ANGELOCCI, L. R. Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: Introdução ao tratamento biofísico. Piracicaba, SP, Edição do autor, 272 p. 2002.
- ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2017. Brazilian Fruit Yearbook. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 136p. 2017.
- BACHI, O. Observações citológicas em citros. I – Número de cromossomos de algumas espécies e variedades. Jornal de Agronomia, v.3, n.4, p.249-258, 1940.
- BEIS, A.; PATAKAS, A. Differences in stomatal responses and root: shoot signalling between two grapevine varieties subjected to drought. Functional Plant Biology, 37, p. 139–146, 2010.
- BESCANSA, P.; IMAZ, M. J.; VIRTO, I.; ENRIQUE, A. & HOOGMOED, W. B. Soil Water Retention as Affected by Tillage and Residue Management in Semiarid Spain. Soil & Tillage Research. v.87. p. 19-27, 2006.
- BIZARI, D. R.; MATSURA, E. E.; SOUZA, C. F.; ROQUE, M. W. Haste portátil para utilização de sondas de TDR em ensaios de campo. Irriga, Botucatu, v.16, n.1, p.31-41, jan-mar, 2011.
- BRAZ, V. B.; RAMOS, M. M.; ANDRADE JUNIOR, A. S.; SOUZA, C. A. F.; MANTOVANI, E. C. Níveis e Frequências de Irrigação na limeira ‘Tahiti’ no Estado do Piauí. Revista Ceres, Viçosa, v.56, n.5, p.611-619, set/out, 2009.
- CARBONEAU, A. The early selection of grapevine rootstocks for resistance to drought conditions. American Journal of Enology and Viticulture, v.36, p.195-198, 1985.
- CENTRITTO, M.; LORETO, F.; MASSACCI, A.; PIETRINI, F.; VILLANI, M.C.; ZACCHINI, M. Improved growth and water use efficiency of cherry saplings under reduced light intensities. Ecol. Res. v.15, p.385–392. 2000.
- CENTRITTO, M.; WAHBI, S.; SERRAJ, R.; CHAVES, M. M. Effects of partial rootzone drying (PRD) on adult olive tree (*Olea europaea*) in field conditions under arid climate II. Photosynthetic responses Agriculture, Ecosystems and Environment, p.303 –311. 2005.
- CERQUEIRA, E. C.; CASTRO NETO, M. T.; PEIXOTO, C. P. Resposta de porta-enxertos de citros ao déficit hídrico. Rev. Bras. Frutic. v. 26, n. 3, p.515-519. Dez. 2004.

- CHAVES, M. M.; SANTOS, T. P.; SOUZA, C. R.; ORTUÑO, M. F.; RODRIGUES, M. L.; LOPES, C. M.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J. S. Déficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *The Annals of Applied Biology*, v.150, p.237–252, 2007.
- COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; OLIVEIRA, V. V. M.; VELAME, L. M.; SANTANA, J. A. V. Manejo de irrigação com déficit (prd) em pomar de manga ‘kent’ no semi-árido baiano. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Belo Horizonte - MG. 2009.
- COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L.; COSTA, E. L. Uso regulado do déficit de irrigação nas fases de crescimento de frutos de lima ácida Tahiti irrigado por gotejamento. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2007, Goiânia. ABID/GOIANIA, 2007.
- COELHO, I. S. Lima ácida ‘Tahiti’ para exportação: aspectos técnicos da produção. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretaria de Desenvolvimento Rural, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais. Brasília: EMBRAPA-SPI, 35p. 1993. (Série publicações técnicas FRUPEX; 1).
- COTRIN, C. E.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; RAMOS, M. M.; SILVA, J. A. Irrigação com déficit regulado e produtividade de mangueira Toomy Atkins, sob gotejamento, no semi-árido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2007.
- DAVIES, W. J.; WILKINSON, S.; LOVEYS, B. Stomatal control by chemical signalling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. *New Phytologist*, v.153, p.449-460, 2002.
- DODD, I. C.; THEOBALD, J.C.; BACON, M.A.; DAVIES, W.J. Alternation of wet and dry sides during partial rootzone drying irrigation alters root-to-shoot signalling of abscisic acid. *Functional Plant Biology*, v.33, p.1081–1089, 2006.
- DONADIO, L. C.; MOURÃO FILHO, F. A. A.; MOREIRA, C. S. Centros de origem, distribuição geográfica das plantas cítricas e histórico da citricultura no Brasil. In: MATOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JR., J. (Eds.). *Citros*. 1., 2005. Campinas: Instituto Agrônômico e Fundag, p.3-18. 2005.
- DONATO, S. L. R.; PEREIRA, C. S.; BARROS, Z. J.; SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C. Respostas de combinações de variedades copa e porta-enxerto de citros à deficiência hídrica. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.42, n.10, p.1507-1510, out. 2007.

- DRY, P. R.; LOVEYS, B. R. Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, v.4, p.140-148, 1998.
- EGEA, G.; DODD, I. C.; GONZÁLEZ-REAL, M.M.; DOMINGO, R.; BAILLE, A. Partial rootzone drying improves almond tree leaf-level water use efficiency and afternoon water status compared with regulated deficit irrigation. *Functional Plant Biology*. v.38, p.372–385, 2011.
- EGEA, G.; GONZÁLEZ-REAL, M. M.; BAILLE, A.; NORTES, P. A.; SÁNCHEZ-BEL, P.; DOMINGO, R. The effects of contrasted deficit irrigation strategies on the fruit growth and kernel quality of mature almond trees. *AGRICULTURAL WATER MANAGEMENT*. v. 96, p.1605-1614, 2009.
- FERERES, E.; SORIANO, M. A. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*. v.58, p.147–159, 2007.
- GRECO, R.; GUIDA, A. Field measurements of topsoil moisture profiles by vertical TDR probes. *Journal of Hydrology*, v.348, p.442-451, 2008.
- KANG, S.; ZHANG, J. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *Journal of Experimental Botany*, v.55, p.2437–2446, 2004.
- KIRDA, C.; TOPCU, S.; CETIN, M.; DASGAN, H.Y.; KAMAN, H.; TOPALOGLU, F.; DERICI, M.R.; EKICI, B. Prospects of partial root zone irrigation for increasing irrigation water use efficiency of major crops in the Mediterranean region. *The Annals of Applied Biology*, v.150, p.281–291, 2007.
- KRAMER, P. J. *Water relations of plants*. New York: Academic Press, 489 p. 1983.
- KRIEDEMANN, P. E.; GOODWIN, I. Regulated Deficit Irrigation and Partial Rootzone Drying. *Irrigation Insights N. 3*. Land & Water Australia, Canberra. 2003
- NORTH, G. B.; NOBEL, P. S. Changes in hydraulic conductivity and anatomy caused by drying and rewetting roots of *Agave deserti* (Agavaceae). *Am. J. Bot.* v.78, p.906-915, 1991.
- LUCHETTI, M. A.; MATOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; FIGUEIREDO, J. O.; Aspectos gerais e distribuição de cultivo. In: MATOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; FIGUEIREDO, J. O. (Eds.). *Lima Ácida ‘Tahiti’*, 1. 2003. Campinas: Instituto Agrônômico, p.1-12. 2003.

- NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a deficit de água. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.13, p.75-87, 2001.
- POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: RODRIGUES, O.; VIEGAS, F. C.; POMPEU JUNIOR, J.; AMARO, A. A. (Ed.). *Citricultura Brasileira*. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill. v.1, p.265-280. 1991.
- PRUDENTE, R. M.; SILVA, L. M. S.; CUNHA SOBRINHO, A. P. Comportamento da laranja 'Pêra' sobre cinco porta-enxertos em ecossistema de Tabuleiros Costeiros, Umbaúba-SE. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26, p.110-112, 2004.
- REICHARDT, K.; TIMM, L. C. Solo, Planta e Atmosfera: Conceitos, Processos e Aplicações. São Paulo: Editora Manole, 478p. 2004.
- RICHARDS, L. A. Pressure-membrane apparatus, construction and use. *Agronomy Engineering*, Madison, n.28, p.451-454, 1947.
- SANTOS, T. E. M.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA, D. D. Umidade do solo no semiárido pernambucano usando-se reflectometria no domínio do tempo (TDR). *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.15, n.7, p.670-679, 2011.
- SILVA, D. O. M. Validação de um sensor de determinação da umidade do solo para o manejo da irrigação. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal do Vale do São Francisco, 2013.
- SILVA, S. R.; BARROS, N. F.; COSTA, L. M. Atributos Físicos de dois Latossolos Afetados pela Compactação do Solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.10, p.842-847, 2006.
- SOUZA, C. A. S.; DIAS, L. A. S. Melhoramento ambiental e sócio-economia. In: DIAS, L. A. S. (Ed) Melhoramento Genético do Cacaueiro. Editora Folha de Viçosa Ltda, Viçosa. p.1-47, 2001.
- SOUZA, C. C.; OLIVEIRA, F. A.; SILVA, I. F.; AMORIM NETO, M. S. Avaliação de métodos de determinação de água disponível em solo cultivado com algodão. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.37, n.3, p.337-341, mar. 2002.
- SOUZA, C. F.; PIRES, R. C. M.; MIRANDA, D. B.; VARALLO, A. C. T. Calibração de sondas FDR e TDR para a estimativa da umidade em dois tipos de solo. *Irriga, Botucatu*, v.18, n.4, p.597-606, out-dez, 2013.
- STUCHI, E. S.; DONADIO, L.C.; SEMPIONATO, O.R.; PERECIN, D. Produtividade e qualidade dos frutos da laranja 'Pêra' clone IAC em 16 porta-enxertos na região de Bebedouro-SP. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26, p.359-362, 2004.

- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. Redwood City: Benjamin/Cummings. 565p. 2013.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Plant physiology*. Sunderland: Sinauer Associates, 798p. 2002.
- TEIXEIRA, C. F. A.; MORAES, S. O.; SIMONETE, M. A. Desempenho do tensiômetro, TDR e sonda de nêutrons na determinação da umidade e condutividade hidráulica do solo. *Revista Bras. Ciência do Solo*, n.29, p.161-168, 2005.
- URACH, F. L. Estimativa da retenção de água em solos para fins de irrigação. Dissertação de mestrado. Santa Maria, RS. 2007.
- VICTORINO, C. J. A. Planeta água morrendo de sede : uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos. EDIPUCRS, 231p. Porto Alegre, 2007.
- WANG, Y.; LIU, F.; ANDERSEN, M. N.; JENSEN, C. R. Improved plant nitrogen nutrition contributes to higher water use efficiency in tomatoes under alternate partial root-zone irrigation. *Functional Plant Biology*, v.37, p.175–182, 2010.

## **CAPÍTULO I**

### **ESTRATÉGIAS DE USO DE ÁGUA EM IRRIGAÇÃO DA LIMEIRA ÁCIDA 'TAHITI' ENXERTADA EM LIMOEIRO CITRUMELO 'SWINGLE' E SUAS IMPLICAÇÕES NA EFICIÊNCIA PRODUTIVA E DE USO DE ÁGUA NO SEMIÁRIDO**



**ESTRATÉGIAS DE USO DE ÁGUA EM IRRIGAÇÃO DA LIMEIRA ÁCIDA  
'TAHITI' ENXERTADA EM LIMOEIRO CITRUMELO 'SWINGLE' E SUAS  
IMPLICAÇÕES NA EFICIÊNCIA PRODUTIVA E DE USO DE ÁGUA NO  
SEMIÁRIDO**

**RESUMO:** Este trabalho objetivou avaliar a eficiência produtiva e as respostas fisiológicas de um pomar de limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], enxertadas sobre citrumelo 'Swingle' [*Citrus paradise* Macfad. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], irrigado sob diferentes manejos de irrigação localizada. O experimento foi realizado em um pomar comercial, com cinco anos de idade, espaçamento de 8m x 4m e irrigado por gotejamento e microaspersão, localizado no semiárido baiano em Itaberaba, BA. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições: quatro tratamentos receberam a lâmina correspondente a 100% da ET<sub>c</sub>, T1 100% 1Ln - plantas irrigadas com uma linha de irrigação (gotejadores com vazão 2 L h<sup>-1</sup>), T2 100% 2Ln - duas linhas de irrigação (gotejadores com vazão 1 L h<sup>-1</sup>), T4 PRD 100% - duas linhas de gotejamento com estratégia de irrigação PRD (gotejadores com vazão 2 L h<sup>-1</sup>), inversão do dos lados de irrigação a cada 15 dias e T6 Micro - irrigação por microaspersão (1 microaspersor por planta com vazão de 16 L h<sup>-1</sup>); outros dois tratamentos receberam metade da lâmina, T3 50% 1Ln - possuía uma linha de gotejamento (gotejadores com vazão 1 L h<sup>-1</sup>) junto ao caule da planta, T5 PRD 50% - duas linhas de gotejamento (gotejadores com vazão 1 L h<sup>-1</sup>). Com relação à produtividade houve impactos grandes no primeiro ano do trabalho (2015), quando as plantas sentiram os efeitos dos tratamentos com déficit de irrigação; com tendência de aclimatação no segundo ano. Ao final de 30 meses, houve redução de 28% da produção no tratamento 50% em uma linha, se comparado ao 100% irrigado com uma linha de gotejamento. Esse resultado corrobora que o maior volume de solo irrigado minimizou os efeitos do déficit, quando o tratamento PRD 50% não diferiu da irrigação plena com uma linha, PRD 100% e 100% na microaspersão e houve maior eficiência do uso de água. A melhor Eficiência no uso da água foi observada no T5 (10,48 kg m<sup>-3</sup>) e a menor no T4 (5,38 kg m<sup>-3</sup>). Os resultados de produção foram corroborados pelos estudos fisiológicos em que T2 apresentou a maior produção (167,46 kg planta<sup>-1</sup>) e T3 (88,88 kg planta<sup>-1</sup>) foi o menos produtivo. Houve tendência de aclimatação das plantas recebendo irrigação deficitária no tempo, corroboradas pelos dados fisiológicos, já que no terceiro ano de estudo não houve

diferenças estatísticas entre os tratamentos estudados. O maior potencial hídrico foliar foi observado no T2 (- 0,33 MPa) e o menor foi observado no T3 (- 0,53 MPa). A melhor eficiência produtiva foi a do T2 (6,44 kg m<sup>-3</sup>) e a menor foi no tratamento T1 (2,8 kg m<sup>-3</sup>), ambos os valores, em 2016.

**Palavras-chave:** Déficit hídrico, manejo de irrigação, PRD.

**STRATEGIES FOR THE USE OF WATER IN IRRIGATION OF THE 'TAHITI'  
LARGE LIME IRRIGATION IN LIMOEIRO CITRUMELO 'SWINGLE' AND ITS  
IMPLICATIONS ON THE PRODUCTIVE EFFICIENCY AND WATER USE IN THE  
SEMIARID**

**ABSTRACT:** This work aimed to evaluate the productive efficiency and the physiological responses of a 'Tahiti' lime tree orchard [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], grafted on 'Swingle' citrumelo [*Citrus paradise* Macfad. x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], irrigated under different local irrigation management. The experiment was carried out in a commercial orchard, with five years of age, spaced 8m x 4m and irrigated by drip and micro sprinkler, located in the Bahia semi-arid region of Itaberaba, BA. The experimental design was a randomized block design, with six treatments and four replications: four treatments received the 100% ETc slide, T1 100% 1Ln - plants irrigated with an irrigation line (2L h<sup>-1</sup> flow drip irrigators), T2 100% 2Ln - two irrigation lines (drippers with flow 1 L h<sup>-1</sup>), T4 PRD 100% - two drip lines with irrigation strategy PRD (drippers with flow 2 L h<sup>-1</sup>), inversion of the irrigation sides every 15 days and T6 micro - irrigation by micro - spraying (1 micro - sprinkler per plant with 16 L h<sup>-1</sup> flow rate); Two other treatments received half of the slide, T3 50% 1Ln - had a drip line (drippers with flow 1 L h<sup>-1</sup>) near the stem of the plant, T5 PRD 50% - two drip lines (drippers with flow 1 L h<sup>-1</sup>). Regarding productivity, there were large impacts in the first year of the work (2015), when the plants felt the effects of treatments with irrigation deficit; with a tendency of acclimatization in the second year. At the end of 30 months, there was a reduction of 28% of the production in the treatment 50% in a row, if compared to 100% irrigated with a drip line. This result corroborates that the greater volume of irrigated soil minimized the effects of the deficit when the 50% PRD treatment did not differ from full irrigation with one line, 100% PRD and 100% in the micro sprinkler, and there was a greater efficiency of water use. A melhor Eficiência no uso da água foi observada no T5 (10,48 kg m<sup>-3</sup>) e a menor no T4 (5,38 kg m<sup>-3</sup>). Os resultados de produção foram corroborados pelos estudos fisiológicos em que T2 apresentou a maior produção (167,46 kg planta<sup>-1</sup>) e T3 (88,88 kg planta<sup>-1</sup>) foi o menos produtivo. Houve tendência de aclimação das plantas recebendo irrigação deficitária no tempo, corroboradas pelos dados fisiológicos, já que no terceiro ano de estudo não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos estudados. O maior potencial hídrico foliar foi observado no T2 (- 0,33 MPa) e o menor foi observado no

T3 (- 0,53 MPa). A melhor eficiência produtiva foi a do T2 (6,44 kg m<sup>-3</sup>) e a menor foi no tratamento T1 (2,8 kg m<sup>-3</sup>), ambos os valores, em 2016.

**Keywords:** Water deficit, irrigation management, PRD.

## INTRODUÇÃO

Mundialmente, o Brasil é o maior produtor de citros, produzindo no ano de 2016 aproximadamente 16 milhões de toneladas, em uma área de 700 mil hectares. O Estado de São Paulo, com seus pomares voltados principalmente para a produção de laranjas doces, com a finalidade de produção e exportação de suco concentrado, representa 65% da área de produção de citros, e 73% da produção (11 milhões de toneladas), em segundo lugar, o estado da Bahia contribui com 9% da área colhida e 1 milhão de toneladas de frutos em uma área de 61 mil hectares (AGRIANUAL, 2017).

Apesar de sua importância econômica, a citricultura nacional encontra-se bastante vulnerável devido à baixa variabilidade genética, com predomínio da combinação entre copas de laranjeira ‘Pera’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] e o porta-enxerto limoeiro Cravo (*C. limonia* Osbeck), que é o porta-enxerto mais usado no Brasil, e é o principal porta-enxerto da citricultura paulista (STUCHI et al., 2004), baiana e sergipana (PRUDENTE et al., 2004).

O cultivo de citros anualmente necessita de 900 a 1.200 mm de água para produzir satisfatoriamente, e quando há uma boa distribuição da precipitação ao longo do ano reduz-se a necessidade de irrigação suplementar. A demanda hídrica varia em função da evapotranspiração, características do solo, variedade-copa utilizada e variedade porta-enxerto empregada (DONATO et al., 2007). É importante compreender o comportamento dos porta-enxertos, das copas e da combinação mais adequada em diferentes situações, pois os porta-enxertos afetam várias características da planta e também a tolerância a estresses ambientais como o déficit hídrico (CARBONEAU, 1985; POMPEU JÚNIOR, 1991; NOGUEIRA et al., 2001; SOUZA et al., 2001; CERQUEIRA et al., 2004).

A redução do consumo hídrico das plantas e consequente lâminas de irrigação por unidade de produção, otimizando o uso de água e permitindo a expansão dos cultivos com mesmo volume de água aplicado pode ser alcançada mais facilmente ao se adotar técnicas de conservação da água no solo e também a adoção, por parte do irrigante, de técnicas de manejo da irrigação que aumentem a eficiência de uso da água pelas culturas (COELHO FILHO et al., 2007; COTRIN et al., 2007; KRIEDEMANN & GOODWIN, 1991; CHAVES et al., 2007; FERERES & SORIANO, 2007; BEIS & PATAKAS, 2010; KANG & ZHANG, 2004; DODD et al., 2006; KIRDA et al., 2007; WANG et al., 2010).

Considerando a escassez de informações sobre respostas fisiológicas e produtivas para a limeira ácida ‘Tahiti’ em diferentes manejos de irrigação em estudos com maior tempo de exposição aos tratamentos de déficit, em condições de campo, buscou-se neste trabalho

estudar a resposta das plantas a condição de irrigação deficitária (50% e 100% da ETC), por meio de diferentes estratégias de manejo de irrigação (PRD e irrigação plena) (configurações de sistemas de irrigação localizada ou diferentes volumes ou área molhada) na região semiárida da Bahia.

## MATERIAL E MÉTODOS

### LOCALIZAÇÃO, MATERIAL VEGETAL E CARACTERÍSTICAS DE SOLO

O estudo foi conduzido na fazenda Santo Antônio, no município de Itaberaba, semiárido da Bahia, localizado às coordenadas geográficas 12°33'00'' de latitude Sul e 40°13'00'' de longitude Oeste, com altitude de 272 m. A precipitação média mensal observada na área durante os três anos foi de 35,25 mm (99,0mm, 541,2mm e 338,16mm nos anos de 2015, 2016 e 2017, respectivamente). A temperatura média mensal foi de 25,9°C (Figura 1). O experimento ocorreu no período de julho de 2015 a dezembro de 2017 em pomar de limes de lima 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] com seis anos de idade, enxertadas em limoeiro citrumelo 'swingle' [*Citrus trifoliata* (L.) Raf. X *Citrus Paradise* Macf.] no espaçamento de 8,0m x 4,0m.

O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Quartzarênico, 78% areia, 4% silte, e 18% argila – Areia franca 0 - 0,5m, Franco-arenosa 0,5 a 0,75m, Argilo arenosa de 0,75 a 1,0m (EMBRAPA, 2006). Foram coletadas, em trincheiras, amostras com estrutura indeformada e deformada para a caracterização física do solo a partir de análises de granulometria, retenção de água, densidade do solo (Tabela 1). Realizou-se análise química com amostras compostas da área de projeção da copa nas profundidades de 0,0 – 0,20; 0,20 – 0,40; 0,40 – 0,60; 0,60 – 0,80 e 0,80 – 1,00m (Tabela 2).

**Tabela 1.** Resultado da análise física do solo realizada pelo Laboratório de Física do Solo da Embrapa/CNPMF.

Z (m)	Areia total	Silte	Argila	Ds	Umidade do solo (%)						AD
					6	10	33	100	300	1500	
	g kg <sup>-1</sup>			g cm <sup>-3</sup>	(kPa)						%
0,0-0,25	827	31	142	1,43	9,87	8,68	7,36	7,04	6,67	6,42	2,26
0,25-0,50	792	34	174	1,62	8,32	7,42	6,01	5,62	5,07	4,84	2,58
0,50-0,75	760	54	186	1,60	8,52	7,68	5,85	5,37	4,91	4,64	3,04
0,75-1,00	732	51	217	1,61	9,76	8,96	6,89	6,1	5,5	5,11	3,85

Z: Profundidade; Ds: Densidade do solo; AD: Água disponível.

**Tabela 2.** Resultado da análise química do solo realizada pelo Laboratório de Química do Solo da Embrapa/CNPMF.

Z (m)	pH	P	K	Ca	Mg	Al	Na	H+Al	SB	CTC	V	MO
		mg dm <sup>-3</sup>									%	g kg <sup>-1</sup>
0,00-0,20	7,0	96	0,46	2,58	1,17	0,0	0,09	0,00	4,30	4,30	100	18,0
0,20-0,40	7,0	9	0,29	1,30	0,58	0,0	0,05	0,00	2,22	2,22	100	10,0
0,40-0,60	6,5	2	0,21	0,91	0,41	0,0	0,03	0,44	1,57	2,01	78	6,0
0,60-0,80	6,1	2	0,25	0,73	0,42	0,0	0,05	0,22	1,44	1,66	87	5,0
0,80-1,00	5,5	1	0,25	0,48	0,35	0,0	0,05	0,66	1,13	1,79	63	4,0

SB: soma de bases trocáveis; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases e MO: matéria orgânica.

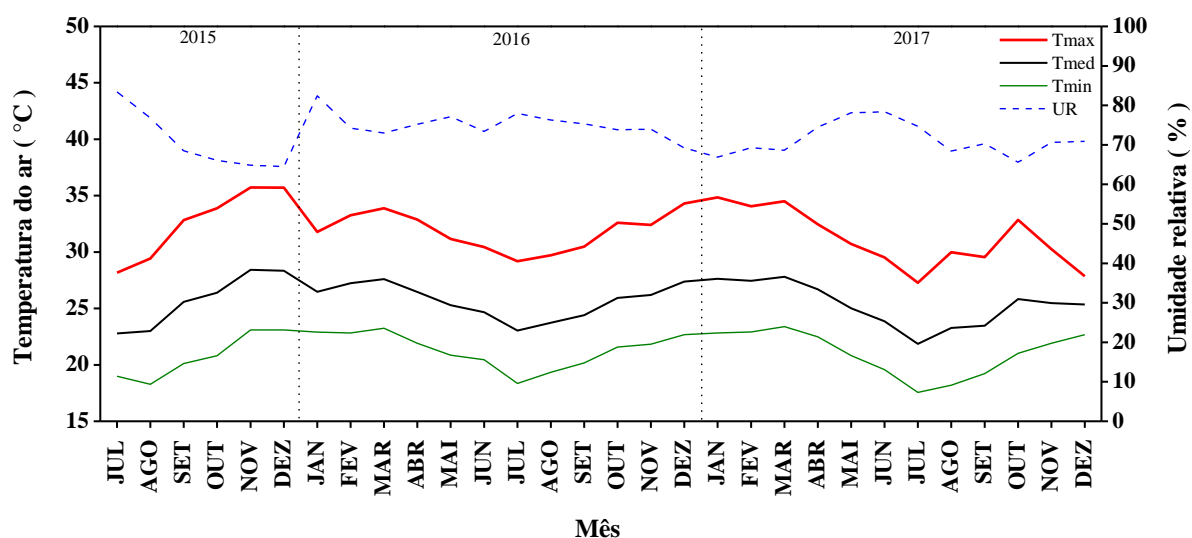
Periodicamente realizaram-se os tratos culturais para o controle das plantas daninhas e pragas, por meio da aplicação de defensivos agrícolas nas entrelinhas, capinas manuais na área de projeção da copa e retirada de ramos fisiologicamente inativos. A calagem e adubação segundo [Raij et al. \(1992\)](#) foram feitas de acordo com análise de solo no momento da instalação do pomar. A adubação de cobertura foi feita mensalmente através da fertirrigação de acordo com análise de solo. Os tratamentos com déficit hídrico receberam adubação complementar sempre que havia fertirrigação na semana da visita à área experimental.

### **Variáveis climáticas**

As informações referentes à precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar foram coletadas na estação automática de aquisição de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada em Itaberaba, Ba, a 30 km do experimento. Com base nos dados da estação foram quantificados os valores das reais necessidades de irrigação e do acompanhamento da demanda de água pela atmosfera e evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) segundo [Allen et al. \(1998\)](#).

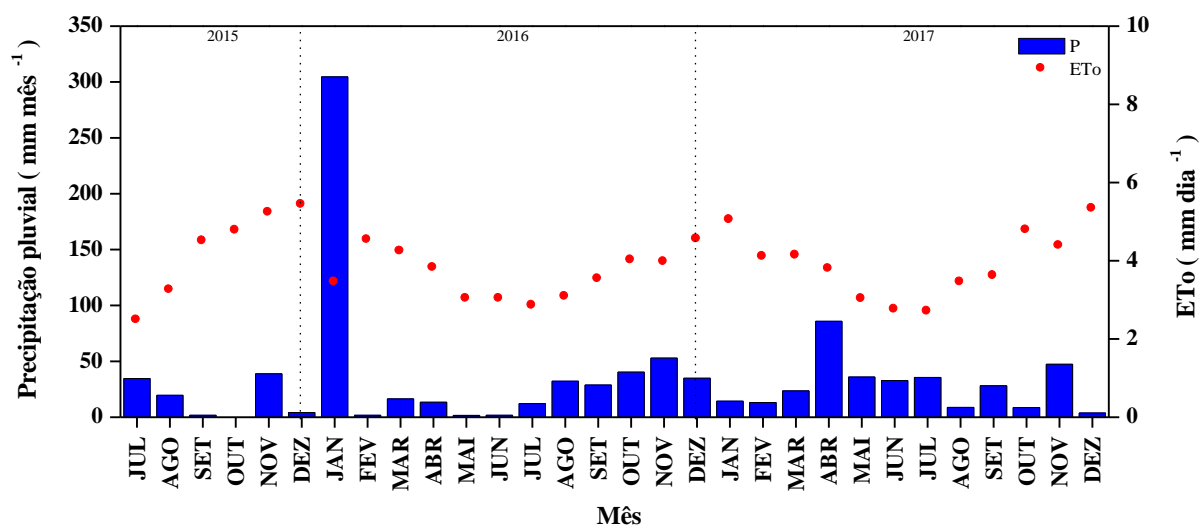
A condição climática durante o período avaliado foi característica de região semiárida na qual as temperaturas mais baixas foram registradas entre os meses de junho à agosto com mínima de 18,3 °C em agosto de 2015 ([Figura 1](#)), as maiores temperaturas ocorreram entre os meses de novembro e dezembro com máxima de 35,8 °C em novembro de 2015 e média de 25,9 °C. A umidade relativa média foi 73,5% com a mínima de 64,5% em dezembro de 2015 e máxima de 83,5% em janeiro de 2016, o mês mais chuvoso durante todo o período de trinta meses do experimento.





**Figura 1.** Temperatura mínima (Tmin), média (Tmed), máxima (Tmax) e umidade relativa (UR) mensal, nos diferentes meses do período de julho de 2015 a dezembro de 2017 na região de Itaberaba, BA.

Nos primeiros meses da aplicação do déficit hídrico ocorreu baixa precipitação pluvial na área experimental, proporcionando melhor resposta dos manejos de irrigação adotados, refletindo nos indicadores fisiológicos das plantas. O mês mais chuvoso foi janeiro de 2016 (304,6 mm), restabelecendo o armazenamento de água no solo em todo o sistema radicular diminuindo o efeito dos tratamentos de manejo de irrigação deficitária e a menor precipitação acumulada foi 1,8 mm, que ocorreu igualmente nos meses de setembro de 2015, fevereiro de 2016 e junho de 2016 (Figura 2). A evapotranspiração de referência média diária foi de 4,0 mm dia<sup>-1</sup> com os maiores valores no período de setembro a abril e os menores valores no período de maio à agosto dos anos de 2015 à 2017.

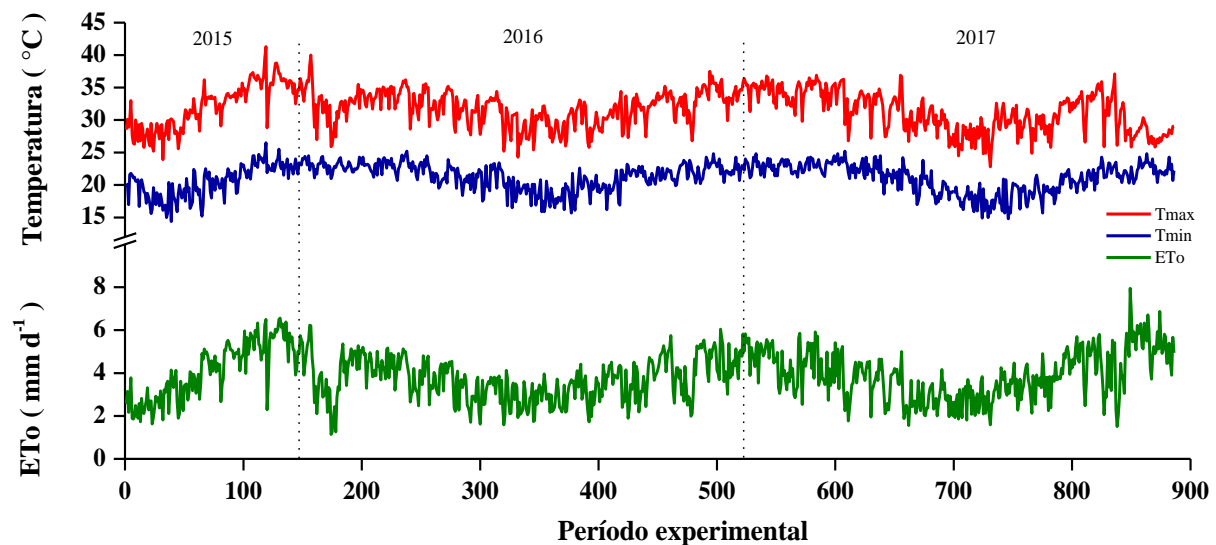


**Figura 2.** Precipitação pluvial e evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), nos diferentes meses do período de julho de 2015 a dezembro de 2017, na região de Itaberaba, BA.

### Manejo de irrigação

O pomar foi irrigado por sistema localizado, sendo utilizado sistema de irrigação por gotejamento com vazões de 1,0 e 2,0 L h<sup>-1</sup> e espaçamento de 0,5m entre gotejadores, e também microaspersão com emissores de vazão 16 L h<sup>-1</sup> e um emissor por planta.

As lâminas de irrigação ao longo do experimento foram definidas segundo manejo adotado na fazenda. Calculadas com base nos valores de ET<sub>o</sub> diários (Figura 3), os valores ficaram dentro das recomendações para irrigação localizada.



**Figura 3.** Temperatura máxima (Tmax), temperatura mínima (Tmin) e evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) durante os 860 dias de avaliação da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] na região de Itaberaba, BA.

O volume de água aplicado no tratamento controle foi estimado pela evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) que foi calculada multiplicando-se a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), Equação 1 FAO (ALLEN et al., 1998), e pelo coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) que variou de 0,75 a 0,85, valores próximos a 0,85 conforme recomendação de Doorenbos e Pruitt (1977) para limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka].

$$ET_o (mm \text{ dia}^{-1}) = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \left(\gamma \frac{900}{T + 273}\right) U_2 (e_s - e)}{\Delta + [\gamma (1 + 0,34 U_2)]} \dots\dots\dots (1)$$

Em que,

Rn - Saldo de radiação ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );

G - Fluxo de calor no solo ( $\text{MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ );

$U_2$  - Velocidade do vento a 2 m de altura ( $\text{m s}^{-1}$ );

$e_s$  - Pressão de saturação do vapor d'água do ar (kPa);

$e$  - Pressão do vapor d'água do ar (kPa) e;

$\Delta$  - Inclinação da curva da pressão de vapor d'água saturado versus temperatura do ar ( $\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$ ).

$\gamma$  - Coeficiente psicrométrico;

T – Temperatura.

### **Delineamento experimental**

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. Cada parcela experimental foi composta por cinco plantas, das quais, duas plantas representaram a parcela útil, em conformidade com os tratamentos aplicados. Os tratamentos de irrigação foram divididos da seguinte forma:

Tratamento	Informações
T1 100% 1Ln	Irigado com um volume correspondente a 100% da ETc por gotejamento em uma linha junto ao caule da planta;
T2 100% 2Ln	Tratamento controle recebeu o volume de água correspondente a 100% da ETc, aplicado por gotejamento em duas linhas de gotejo, uma em cada lado da planta;
T3 50% 1Ln	Irigado com o correspondente a 50% da ETc, em uma linha de gotejamento junto ao caule da planta;
T4 PRD 100%	Tratamento PRD correspondente a 100% da ETc, foi promovido pela alternância de aplicação de água em lados opostos da planta em intervalos de 15 dias;
T5 PRD 50%	Tratamento PRD correspondente a 50% da ETc, foi promovido pela alternância de aplicação de água em lados opostos da planta em intervalos

	de 15 dias;
T6 Micro	tratamento com irrigação plena, correspondente a 100% da ETc, irrigado por microaspersão.

### Variáveis fisiológicas

As avaliações dos aspectos fisiológicos monitorados ao longo do tempo em respostas aos tratamentos foram: medidas de resistência estomática ( $r_s$ ), temperatura foliar ( $T_f$ ), potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) e teor relativo de água na folha (TRA), foram determinados conjuntamente, caracterizando o estado hídrico da planta no período de agosto de 2016 à junho de 2017.

A resistência estomática ( $r_s$ ) foi determinada com uso de porômetro modelo LI-1600 (Li-cor, Nebraska, USA). As medidas foram realizadas na terceira folha totalmente expandida situada a partir do ápice do ramo da planta a 1,5 m do solo em dois ramos por planta localizados na parte externa e em lados opostos da copa (leste e oeste) e duas plantas por parcela (parcela útil), perfazendo um total de 4 (quatro) leituras foliares por parcela, em quatro blocos no horário das 9h00 às 10h30 horas da manhã.

A temperatura foliar ( $T_f$ ) foi determinada com termômetro de infravermelho, mantendo-se o termômetro a uma distancia de 5 a 10 cm da folha, sendo amostradas folhas totalmente expandidas e maduras fisiologicamente dispostas à uma altura de 1,5 m do solo, em dois lados opostos da planta (leste e oeste). A  $T_f$  foi medida em 6 (seis) folhas de cada um dos lados da planta (leste e oeste), perfazendo um total de 12 (doze) folhas por planta em 2 (duas) plantas por parcela, um total de 24 (vinte e quatro) leituras foliares por parcela, em quatro blocos no horário das 9h00 às 10h30 horas da manhã.

O potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) foi determinado com o uso da câmara de pressão tipo ‘Scholander’ modelo 3115 (Soilmoisture Equipment Corp., Santa Bárbara, USA). As análises foram realizadas das 5h00 às 6h00 horas da manhã, com amostragem de 2 (duas) folhas totalmente expandidas e fisiologicamente maduras, localizadas em diferentes ramos na parte externa e em lados opostos da copa (leste e oeste), a partir de 1,5 m de altura do solo em 2 (duas) plantas por parcela perfazendo um total de 4 (quatro) leituras foliares por parcela. As determinações ocorreram em campo com folhas seccionadas no pecíolo, com auxílio de bisturi cirúrgico e, imediatamente colocadas na câmara de pressão para a realização da leitura.

Foi registrada a pressão, lida no manômetro do equipamento, suficiente para forçar a saída da seiva na base do pecíolo foliar.

O teor relativo de água na folha (TRA) foi determinado, a partir da retirada de discos no limbo foliar. As medidas ocorreram no final da manhã, entre 10h00 e 11h00 horas, com a coleta de 4 folhas totalmente expandidas e maduras fisiologicamente, localizadas em ramos na parte externa da copa da planta, perfazendo o total de 4 folhas por parcela, as folhas coletadas foram acondicionadas em recipiente fechado e posteriormente em caixa térmica com gelo e levados ao laboratório de ecofisiologia vegetal, sendo amostrados 5 discos por folha com diâmetro de 10mm cada, totalizando 20 discos foliares por planta. A massa fresca de cada amostra foi determinada em balança analítica, após a amostragem. Para obtenção da massa túrgida adicionou-se 15 mL de água em cada recipiente para a saturação completa dos discos, armazenados em recipiente fechado impedindo a entrada de luz, sob refrigeração e pesados 24 horas após, com a remoção do excesso de água. Após a pesagem, os discos foram colocados em estufa de circulação forçada de ar, a uma temperatura média de 65°C por 24 horas, para obtenção da massa seca, [Equação 2](#).

$$\text{TRA} = [(\text{MF} - \text{MS}) / (\text{MT} - \text{MS})] \times 100 \quad (2)$$

Em que,

MF - Massa fresca (g);

MS - Massa seca (g), e;

MT - Massa túrgida (g).

### **Variáveis biométricas**

As plantas foram avaliadas durante o período experimental para obtenção de informações referentes à altura de planta e diâmetro de copa para obtenção do volume de copa.

O **volume de copa** ( $V_c$ ) foi obtido com o uso de régua graduada, em metros, no mês de dezembro no final dos anos de 2016 e 2017 em todas as plantas. A altura foi tomada a partir do nível do solo até o topo da planta. O diâmetro segundo a predominância dos ramos laterais nas estrelinhas. O volume da copa foi calculado de acordo com [Pompeu Junior \(1991\)](#), [Equação 3](#).

$$V_c = 2/3 \times \pi \times r^2 \times h \quad (3)$$

Em que,

$V_c$  - volume de copa ( $m^3$ )

$r$  - raio da copa (m)

$h$  - altura da planta (m)

### **Eficiência produtiva**

Para análise da eficiência produtiva foi considerado o volume de copa ( $V_c$ ) em  $m^3$  obtido em 2016 e 2017, relacionando-se à produtividade por planta e volume de copa de acordo com a seguinte [Equação 4](#).

$$EP = P / V_c \quad (4)$$

Em que,

$EP$  - Eficiência produtiva ( $kg\ m^{-3}$ )

$P$  - Produtividade ( $kg\ planta^{-1}$ )

$V_c$  - Volume de copa ( $m^3$ )

### **Eficiência no uso da água**

Para análise da eficiência no uso da água foi considerado o volume de água aplicado desde o dia 01 de julho de 2015 até 27 de dezembro de 2017, considerando-se a produtividade total por planta e volume de água aplicado de acordo com a [Equação 5](#).

$$EUA = P / Lam \quad (5)$$

Em que,

$EUA$  - Eficiência no uso da água ( $kg\ m^{-3}$ )

$P$  - Produtividade ( $kg\ planta^{-1}$ )

Lam - Lâmina de água aplicada no pomar (m<sup>3</sup> planta<sup>-1</sup>)

### Variáveis relacionadas à produção

A produção de frutos foi contabilizada no período de 2015 a 2017, procedendo-se a colheita em duas plantas por parcela e em seguida pesou-se com o auxílio de balança com capacidade de 30kg, após a pesagem total por planta, fez-se uma amostragem de 30 frutos por parcela para se obter o peso total de fruto por planta (PTF), peso médio de fruto (PMF) e número total de frutos por planta (NFP).

### Déficit de pressão de vapor

Os dados de temperatura do ar (Tar) e umidade relativa do ar (UR) foram utilizados para obtenção do déficit de pressão de vapor do ar (DPV) com as [Equações 6, 7 e 8](#).

$$DPV = ea - es \quad (6)$$

$$ea = (UR \times es) / 100 \quad (7)$$

$$es = [0,6108]^{(17,3t / (237,3 + t))} \quad (8)$$

Em que:

DPV - déficit pressão de vapor (kPa)

ea - pressão atual de vapor (kPa)

es - pressão de vapor saturante (kPa)

UR - umidade relativa do ar (%)

t - temperatura (°C).

### Análise estatística

A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa estatístico SISVAR versão 5.3 ([FERREIRA, 2011](#)), no delineamento de blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições. Os dados de resistência estomática ( $r_s$ ), temperatura foliar ( $T_f$ ) e potencial hídrico

foliar ( $\Psi_w$ ) foram analisados por meio de análise de variância em esquema fatorial 6 x 2 x 11, sendo seis tipos de manejo de irrigação, duas orientações (Leste e Oeste) e 11 épocas de avaliação. Os dados de teor relativo de água (TRA) foram analisados por meio de análise de variância em esquema fatorial 6 x 11, sendo seis tipos de manejo de irrigação e 11 épocas de avaliação. As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, no nível de 5% de probabilidade.



## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito dos tipos manejos de irrigação aplicados para as variáveis fisiológicas, para o crescimento de plantas e variáveis relacionadas à produção. Esses resultados corroboram estudos envolvendo déficit de irrigação na região semiárida da Bahia com a cultura da lima ácida (SAMPAIO et al., 2014). Considerando que as precipitações pluviométricas na região nos anos estudados apresentaram valores inferiores a 550 mm, muito inferior ao necessário para o desenvolvimento das plantas que é a faixa de 900 a 1.200mm, ainda mais importante observação, em se tratando do uso do Citrumelo Swingle como porta-enxerto para a limeira ácida, considerado sensível ao déficit hídrico como já foi constatado por diversos autores (ALVES JUNIOR et al., 2005; SYVERTSEN, 1982; MEDINA et al., 1998; MACHADO et al., 1999).

### Variáveis fisiológicas

#### Resistência estomática

Com relação à resistência estomática ( $r_s$ ) das plantas de limeira ácida ‘Tahiti’, não houve interação significativa ( $p \leq 0,05$ ) entre os fatores estudados (manejo de irrigação, orientação e épocas de avaliação), havendo efeito isolado do manejo de irrigação ( $p \leq 0,01$ ) e épocas de avaliação ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 3). Houve menos regulação estomática de plantas irrigadas por microaspersão (T6) ( $5,7 \text{ s cm}^{-1}$ ), enquanto o maior valor de resistência estomática foi observado no tratamento com irrigação deficitária T3 50% 1Ln ( $8,96 \text{ s cm}^{-1}$ ), uma diferença de 36% entre os dois tratamentos, desempenho muito próximo foi observado por (RAVEH, 2008), que estudando plantas de limão verdadeiro (*citrus cinenses*) aos 5 anos de idade irrigadas com a técnica de PRD com 50% de deficiência hídrica, observou diferença na resistência estomática em comparação com as plantas submetidas a irrigação com 100% da necessidade de água. De acordo com o autor, plantas com tratamento PRD apresentaram médias de  $14,6 \text{ s cm}^{-1}$  enquanto as plantas com irrigação plena apresentaram média de  $9,9 \text{ s cm}^{-1}$ , uma diferença de 32% entre ambos os tratamentos.

Sampaio (2010) em estudo com limeira ácida ‘Tahiti’ na região de Iaçú, BA, encontrou diferença entre a  $r_s$  em plantas submetidas a deficiência hídrica em tratamento PRD, citando

que plantas com irrigação 100% da ETc, apresentaram valor de 3,9 a 7,3 s cm<sup>-1</sup>, enquanto os tratamentos com PRD e deficiência hídrica apresentaram valor de 7,3 a 21,8 s cm<sup>-1</sup>.

**Tabela 3.** Resistência estomática ( $r_s$ ), temperatura foliar ( $T_f$ ) e potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka], em diferentes manejos de irrigação. No período de agosto de 2016 à junho de 2017, na fazenda Santo Antônio, Itaberaba, BA.

FV	GL	$r_s$ (cm s <sup>-1</sup> )	$T_f$ (°C)	$\Psi_w$ (MPa)
			<b>QM</b>	
Manejo de irrigação	5	111,37**	21,75*	0,36**
Época	10	285,28**	307,04**	1,42**
Orientação	1	48,60 <sup>ns</sup>	21,24 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Bloco	3	92,67**	216,56**	0,36**
Manejo de irrigação x Época	50	20,90 <sup>ns</sup>	10,39 <sup>ns</sup>	0,05**
Manejo de irrigação x Orientação	5	5,10 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Época x Orientação	10	24,63 <sup>ns</sup>	39,62**	0,03 <sup>ns</sup>
Manejo de irrig. x Orient. x Época	50	13,62 <sup>ns</sup>	0,99 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>
Resíduo	393	17,33	8,34	0,04
Médias de manejo de irrigação				
T1 100% 1Ln		7,00 bc	29,23 ab	- 0,37 c
T2 100% 2Ln		7,19 abc	29,11 b	- 0,33 c
T3 50% 1Ln		8,96 a	29,46 ab	- 0,53 a
T4 PRD 100%		7,09 bc	29,22 ab	- 0,40 bc
T5 PRD 50%		8,23 ab	30,45 a	- 0,48 ab
T6 Micro		5,70 c	29,33 ab	- 0,35 c
Médias		7,36	29,47	- 0,41
CV (%)		56,21	9,8	50,12

\*\* , \* e ns, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F da análise de variância. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

### Temperatura foliar

Houve interação significativa ( $p < 0,01$ ) entre orientação e épocas de avaliação para a temperatura foliar ( $T_f$ ). Não houve interação significativa para o efeito isolado orientação da folha na planta (leste e oeste). Houve interação significativa no efeito isolado manejo de irrigação ( $p < 0,05$ ) e épocas de avaliação ( $p < 0,01$ ), como pode ser observado na [Tabela 3](#).

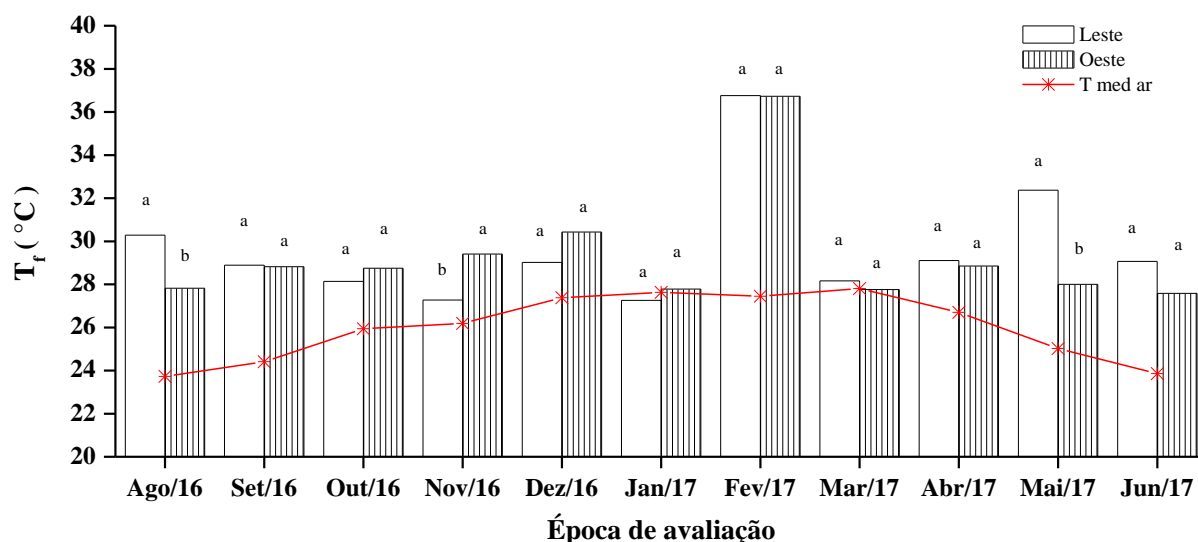
Com relação ao manejo de irrigação, as maiores temperaturas foram observadas nos tratamentos com déficit hídrico de 50% (T5 - PRD 50% (30,45 °C); T3 - 50% 1Ln (29,46 °C) que só diferiu significativamente da temperatura observada no T2 100% 2Ln (29,11 °C), indicando o menor estresse para esse tratamento. Amplitude de 1,34 °C, entre os tratamentos

com déficit hídrico de 50% da E<sub>Tc</sub> e as parcelas sem déficit hídrico, em plantas de citros com limitações hídricas é comum o aumento da temperatura foliar (MACHADO et al., 1994). O aumento de temperatura nos tratamentos de irrigação deficitária é explicado pelo fechamento estomático, mecanismo que a planta utiliza com a finalidade de reduzir a perda de água em forma de vapor para o ambiente e aumentar a eficiência de uso de água, mesmo sob as mesmas condições de demanda atmosférica (ANGELOCCI, 2002). Mecanismo fisiológico importante para a redução do consumo de água pelas plantas, mas deve-se ressaltar que esse efeito minimiza as trocas de calor por meio da vaporização da água, favorecendo o aquecimento da folha e reduzindo a taxa fotossintética (SAMPAIO et al., 2014).

Um efeito importante da elevação da temperatura foliar está relacionado à estabilidade da membrana celular pode ser comprometida diante de um estresse provocado por altas temperaturas, pois a excessiva fluidez de lipídeos da membrana a altas temperaturas, está relacionada a perda de função, podendo chegar a modificar a composição e estrutura da membrana (TAIZ & ZAIGER, 2004).

Machado et al. (1994) afirmam que plantas de citros com limitações hídricas comumente ocorre aumento da T<sub>f</sub> em relação à temperatura média do ar em condições controladas, o mesmo efeito foi observado para esse estudo, no período de agosto a dezembro de 2016 e de abril a junho de 2017, em condições de campo.

Observou-se que a temperatura foliar às 9 horas da manhã, foi significativamente diferente (P<0,05) entre as orientações leste e oeste, com as médias de leste sendo as maiores no período de outubro de 2016 a janeiro de 2017, nas demais épocas a temperatura foliar foi maior na orientação oeste (Figura 6). Isso pode ser explicado pelo maior incidência de raios solares diretamente na folha, nos lados da copa (nascente), no horário das avaliações, devido à influência não só da temperatura média do ar, mas também da incidência direta de luz nas leituras do termômetro de infravermelho utilizado nas avaliações.



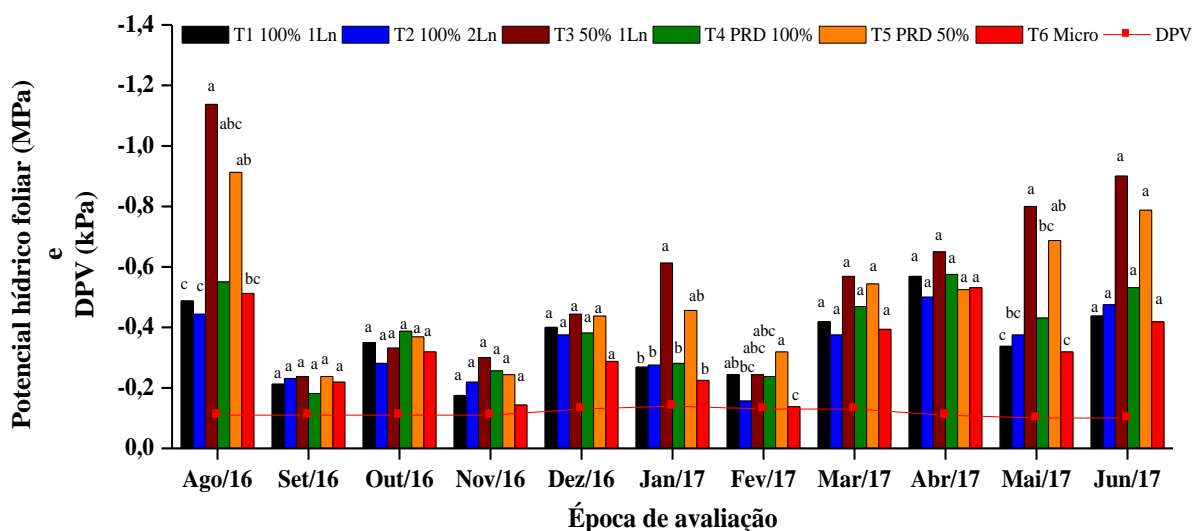
**Figura 6.** Temperatura foliar ( $T_f$ ), em duas orientações (leste e oeste) nas diferentes épocas de avaliação da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka], sobre o limoeiro citrumelo ‘swingle’ [*Citrus trifoliata* (L.) Raf. X *Citrus Paradise* Macf.], com seis anos de idade. Os manejos de irrigação consistiram em tratamento irrigado com 100% da ETc em uma linha (T1 100% 1Ln), tratamento controle com 100% da ETc em duas linhas (T2 100% 2Ln), 50% da ETc em uma linha (T3 50% 1Ln), 100% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T4 PRD 100%), 50% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T5 PRD 50%) e 100% da ETc irrigado com um microaspersor disposto à um metro da caule da planta (T6 Micro), medidos das 9h00 às 10h00 horas de agosto de 2016 a junho de 2017 na Fazenda Santo Antônio, Itaberaba, BA. Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### Potencial hídrico foliar

Houve efeito isolado do manejo de irrigação e da época de coleta de dados no potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] ( $p \leq 0,01$ ) (Tabela 3). Em média, os valores oscilaram de - 0,53 MPa (T3 50% 1Ln) à - 0,33 MPa (T2 100% 2Ln), dessa forma, essa foi a faixa de  $\Psi_w$  que diferenciou os tratamentos de manejo de irrigação quanto a capacidade de manter as folhas das copas das plantas hidratadas e túrgidas. Tomando esses valores como referência, as plantas não apresentavam mesmo estresse hídrico moderado. Desdobrando a interação (potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) e época) (Figura 7), foi verificado que os picos de potenciais ficaram sempre abaixo de -1 MPa, salvo para agosto de 2016 (T3- uma linha de gotejamento). Esse tratamento, juntamente com o de PRD (T5 PRD 50%) foram os que apresentaram valores mais negativos de potencial nas diferentes épocas do ano.

Os menores  $\Psi_w$  foliares ocorreram nos meses de agosto de 2016 e dentre todos os tratamentos os mais afetados foram T3 50% 1Ln (- 1,4 MPa) e T5 PRD 50% (- 0,9 MPa), evidenciando que a irrigação deficitária diminui o potencial hídrico das plantas. Enquanto os maiores  $\Psi_w$  foliares, foram observados nos meses de novembro de 2016 (- 0,14 MPa) e fevereiro de 2017 no tratamento T6 Micro (- 0,14 MPa), valor 56% superior ao tratamento com irrigação deficitária T5 PRD 50% (- 0,32 MPa).

Os  $\Psi_w$  foliares apresentaram tendência de crescimento entre os meses de março e junho, com valores entre - 0,4 MPa e - 0,8 MPa valores próximos aos encontrados por Cruz et al. (2006) em estudo com plantas de limeira ácida ‘Tahiti’, que apresentam essa característica de acordo com o ambiente onde estão inseridas. Esses valores de  $\Psi_w$  principalmente nos tratamentos irrigados com 50% e 100% da ETc, estão de acordo com os observados por diversos autores (ALVES JUNIOR et al., 2005; SYVERTSEN, 1982; MEDINA et al., 1998; MACHADO et al., 1999), evidenciando que o desenvolvimento dos citros é muito dependente da prática da irrigação principalmente nas regiões semiáridas, que proporciona temperatura adequada para o desenvolvimento das plantas cítricas, mas deixa as mesmas dependentes de irrigação artificial devido a sensibilidade ao déficit hídrico, causado pela baixa precipitação pluvial além da distribuição desuniforme das chuvas ao longo do ano.



**Figura 7.** Potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) e Déficit de pressão de vapor (DPV) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka], sobre o limoeiro citrumelo ‘swingle’ [*Citrus trifoliata* (L.) Raf. X *Citrus Paradise* Macf.], com seis anos de idade. Os manejos de irrigação consistiram em tratamento irrigado com 100% da ETc em uma linha (T1 100% 1Ln), tratamento controle com 100% da ETc em duas linhas (T2 100% 2Ln), 50% da ETc em uma linha (T3 50% 1Ln), 100% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T4 PRD 100%), 50% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T5 PRD 50%) e

100% da ETc irrigado com um microaspersor disposto à um metro da caule da planta (T6 Micro), medidos das 5h00 às 6h00 horas de agosto de 2016 a junho de 2017 na Fazenda Santo Antônio, Itaberaba, BA. Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### Teor relativo de água na folha

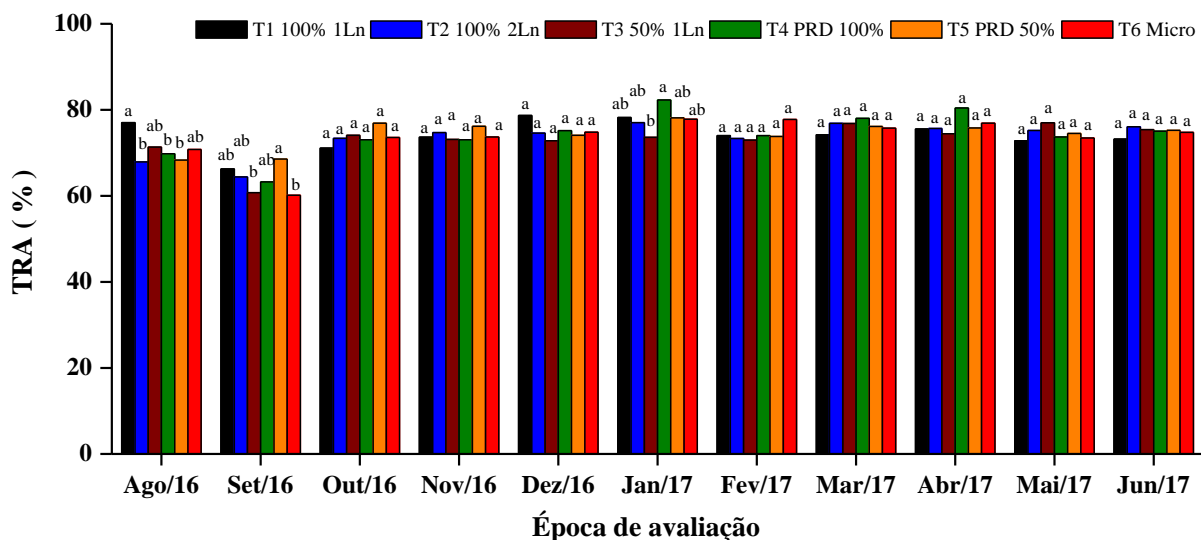
Houve interação significativa ( $p < 0,01$ ) entre manejo de irrigação e época de avaliação para o teor relativo de água na folha (TRA). Não houve interação significativa para o efeito isolado manejo de irrigação. Houve interação significativa no efeito isolado época de avaliação ( $p < 0,01$ ), como pode ser observado na [Tabela 4](#).

**Tabela 4.** Análise de variância do teor relativo de água na folha (TRA) médio da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], no período de agosto de 2016 à junho de 2017 na fazenda Santo Antônio em Itaberaba, BA.

FV	GL	TRA (%)
		<b>QM</b>
Manejo de irrigação	5	13,20 <sup>ns</sup>
Época	10	336,30 <sup>**</sup>
Bloco	3	7,51 <sup>ns</sup>
Man irrig x Época	50	18,74 <sup>**</sup>
Resíduo	195	10,41
T1 100% 1Ln		74,06
T2 100% 2Ln		73,55
T3 50% 1Ln		72,93
T4 PRD 100%		74,34
T5 PRD 50%		74,33
T6 Micro		73,58
Média		73,80
CV (%)		4,37

\*\* e \* significativo a 1% e 5%, ns: não significativo pelo teste F da análise de variância.

Os menores de TRA ocorreram nos meses de agosto e setembro de 2016 ([Figura 8](#)), e dentre todos os tratamentos o mais afetado foi o T3 50% 1Ln, evidenciando que a irrigação deficitária em uma linha de gotejo, diminui o teor relativo de água nas folhas das plantas. Enquanto o maior TRA, foi observado no tratamento T4 PRD 100% (74,34%), valor 2% superior ao tratamento T3 50% 1Ln (72,93%) em janeiro de 2017.



**Figura 8.** Teor relativo de água na folha (TRA) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka], sobre o limoeiro citrumelo ‘swingle’ [*Citrus trifoliata* (L.) Raf. X *Citrus Paradise* Macf.], com seis anos de idade. Os manejos de irrigação consistiram em tratamento irrigado com 100% da ETc em uma linha (T1 100% 1Ln), tratamento controle com 100% da ETc em duas linhas (T2 100% 2Ln), 50% da ETc em uma linha (T3 50% 1Ln), 100% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T4 PRD 100%), 50% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T5 PRD 50%) e 100% da ETc irrigado com um microaspersor disposto à um metro da caule da planta (T6 Micro), medidos de agosto de 2016 a junho de 2017 na Fazenda Santo Antônio, Itaberaba, BA. Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## Produção de frutos

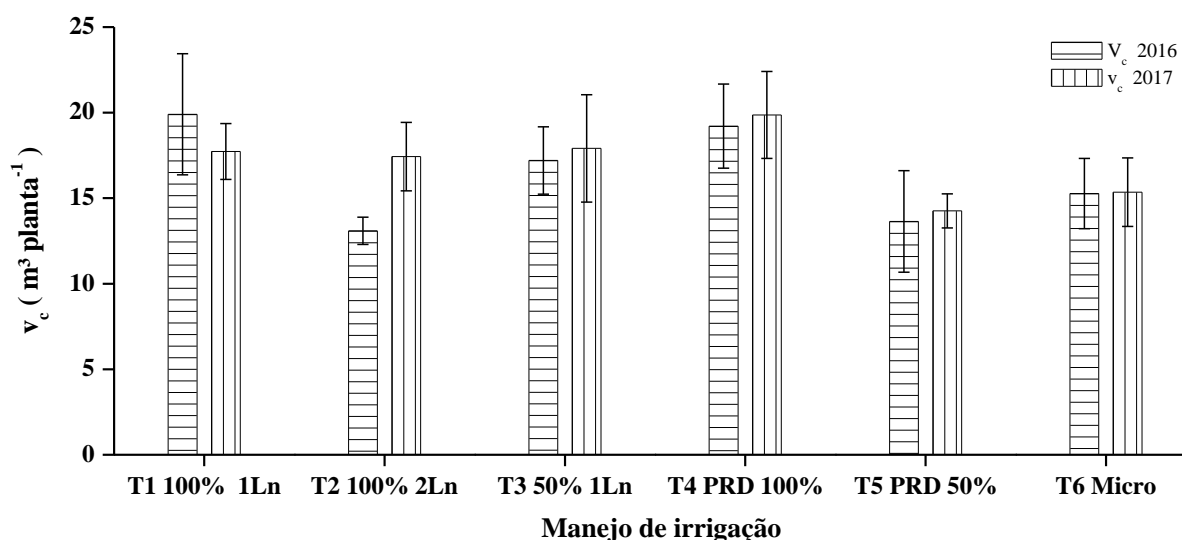
### Volume de copa e eficiência produtiva

Houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) dos tratamentos para volume de copa ( $V_c$ ), assim como para eficiência produtiva (EP) no ano de 2016. Foi observado aumento do volume de copa no ano de 2017 para todos os tratamentos, com exceção do tratamento com uma linha de irrigação e lâmina de 100% da ETc (Figura 9). O menor volume de copa foi observado para o tratamento PRD (50% ETc) no ano de 2017. Isso fez com que esse tratamento, que limitou o crescimento da planta, mas manteve alta a produção por planta, tivesse elevada eficiência produtiva, juntamente com o tratamentos recebendo (100% da ETc) como pode ser observado na Tabela 5 e na Figura 10. Com um volume de copa inferior ao dos demais tratamentos ( $13,09 \text{ m}^3$ ) e maior produtividade ( $84,41 \text{ kg planta}^{-1}$ ) em 2016, T2 100% 2Ln, obteve a melhor eficiência produtiva ( $6,44 \text{ kg m}^{-3}$ ).

**Tabela 5.** Produção de fruto (P), Volume de copa ( $V_c$ ) e eficiência produtiva (EP) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka], em diferentes manejos de irrigação. Nos anos de 2016 e 2017, na fazenda Santo Antônio, Itaberaba, BA.

Manejo de irrigação	P (kg planta <sup>-1</sup> )	$V_c$ (m <sup>3</sup> )	EP (kg m <sup>-3</sup> )
<b>2016</b>			
T1 100% 1Ln	55,80 ab	19,90 a	2,80 b
T2 100% 2Ln	84,41 a	13,09 b	6,44 a
T3 50% 1Ln	42,91 b	17,20 ab	2,49 b
T4 PRD 100%	55,18 ab	19,21 ab	2,87 b
T5 PRD 50%	51,99 ab	13,64 ab	3,81 ab
T6 Micro	59,62 ab	15,26 ab	3,90 ab
	ns	**	**
CV (%)	30,2	17,06	37,62
<b>2017</b>			
T1 100% 1Ln	60,75	17,73	3,42
T2 100% 2Ln	70,13	17,43	4,02
T3 50% 1Ln	47,21	17,91	2,63
T4 PRD 100%	52,82	19,87	2,65
T5 PRD 50%	57,27	14,26	4,01
T6 Micro	69,13	15,35	4,50
	ns	ns	ns
CV (%)	25,08	20,91	34,42

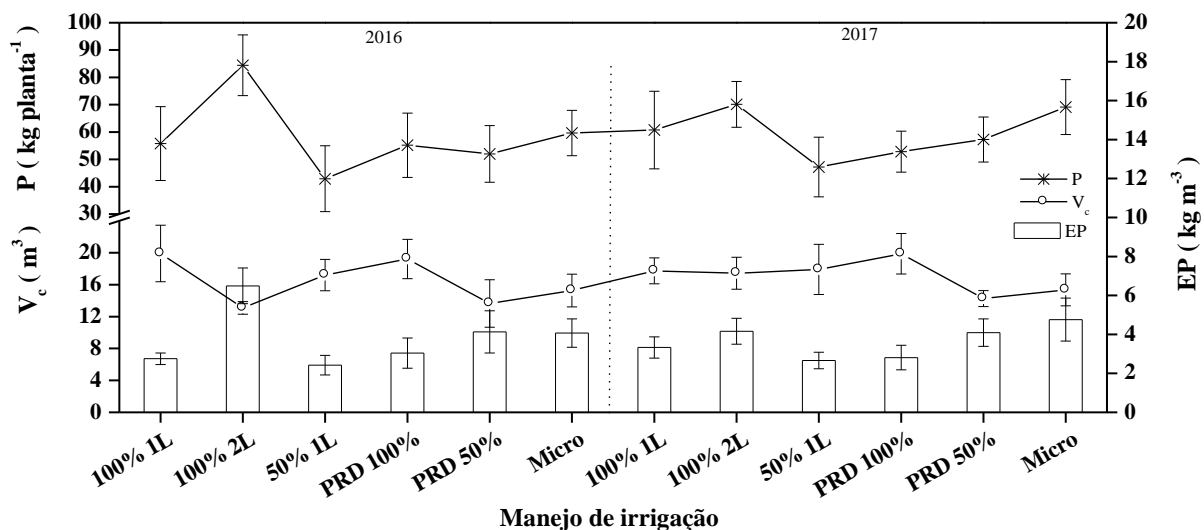
\*\*, \* e ns, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F da análise de variância. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.



**Figura 9.** Volume de copa ( $V_c$ ) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka], sobre o limoeiro citrumelo ‘swingle’ [*Citrus trifoliata* (L.) Raf. X *Citrus Paradise* Macf.], com seis anos de idade. Os manejos de irrigação consistiram em tratamento irrigado com 100% da ETc em uma linha (T1 100% 1Ln), tratamento controle com 100% da ETc em duas linhas (T2 100% 2Ln), 50% da ETc em uma linha (T3 50% 1Ln), 100% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada



15 dias (T4 PRD 100%), 50% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T5 PRD 50%) e 100% da ETc irrigado com um microaspersor disposto à um metro da caule da planta (T6 Micro), medido nos anos de 2016 e 2017, respectivamente na Fazenda Santo Antônio, Itaberaba, BA.



**Figura 10.** Volume de copa (V<sub>c</sub>), produtividade (P) e eficiência produtiva (EP) da laranja ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka], sobre o limoeiro citrumelo ‘swingle’ [*Citrus trifoliata* (L.) Raf. X *Citrus Paradise* Macf.], com seis anos de idade. Os manejos de irrigação consistiram em tratamento irrigado com 100% da ETc em uma linha (T1 100% 1Ln), tratamento controle com 100% da ETc em duas linhas (T2 100% 2Ln), 50% da ETc em uma linha (T3 50% 1Ln), 100% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T4 PRD 100%), 50% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T5 PRD 50%) e 100% da ETc irrigado com um microaspersor disposto à um metro da caule da planta (T6 Micro), medido nos anos de 2016 e 2017, respectivamente na Fazenda Santo Antônio, Itaberaba, BA.

### Eficiência no uso da água

Na [Figura 11](#) estão apresentadas a produção (kg planta<sup>-1</sup>) e a eficiência no uso da água (kg m<sup>-3</sup>) nos diferentes manejos de irrigação, no período experimental de 2015 a 2017. Houve tendência de aumento no tempo, como esperado em se tratando de pomar ainda em crescimento (4 a 6 anos e idade). As eficiências no uso da água variaram de 1,05 kg m<sup>-3</sup> no tratamento com PRD 50% a 3,96 kg m<sup>-3</sup> no ano de 2015, isso pode ser devido à adaptação das plantas aos manejos de irrigação.

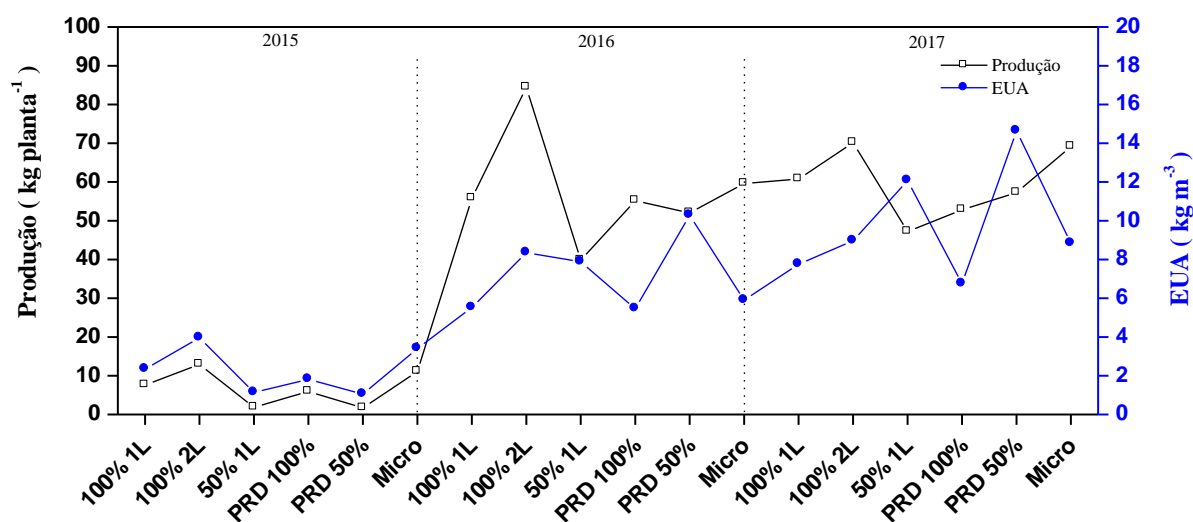
No ano de 2016, a EUA variou de 5,46 kg m<sup>-3</sup> no tratamento PRD 100% à 10,29 no tratamento PRD 50%, uma diferença de 47% entre os dois tratamentos devido a redução de

50% da lâmina de irrigação, contudo, valores bem superiores aos de 2015, deixando claro que as plantas possuem tendência de adaptação ao longo do tempo.

No ano de 2017, 3º ano de avaliação, as plantas mostram-se bem melhor adaptadas com EUA de 6,75 kg m<sup>-3</sup> no PRD 100% e 14,64 kg m<sup>-3</sup> no PRD 50%, uma diferença de 46% entre ambos os manejos de irrigação, seguindo a mesma tendência do ano de 2016, possibilitando concluir que nessa fase as plantas apresentam boa aclimatação. As parcelas sem déficit hídrico embora com manejos diferentes, apresentaram EUA média de 6,14 kg m<sup>-3</sup>, valor muito superior ao observado por Cruz et al. (2005), ao estudar um pomar de laranja ‘Valencia’, enxertada sobre limoeiro cravo, aos 11 anos de idade que apresentou eficiência no uso da água entre 1,57 e 4,53 kg m<sup>-3</sup>.

Os tratamentos sem déficit hídrico apresentaram menor eficiência no uso da água em comparação aos tratamentos com redução de 50% da lâmina com PRD, mesma tendência encontrada por Kirda (2007), que observou diferença de aproximadamente 50% na eficiência no uso da água entre os tratamentos de irrigação plena e déficit hídrico no primeiro ano de observação em plantas de tangerina.

Observou-se que a Eficiência no uso da água, do tratamento com PRD 100% (5,38 kg m<sup>-3</sup>), apresentou EUA aproximadamente 50% inferior ao tratamento com PRD 50% (10,48 kg m<sup>-3</sup>), dessa forma a irrigação com uma lâmina menor é mais recomendável, que a aplicação de um grande volume de água de forma concentrada.



**Figura 11.** Produção (P) e eficiência no uso da água (EUA) durante o período experimental da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka], sobre o limoeiro citrumelo ‘swingle’ [*Citrus trifoliata* (L.) Raf. X *Citrus Paradise* Macf.], com seis anos de idade. Os manejos de irrigação consistiram em tratamento irrigado com 100% da ETc em uma linha (T1 100% 1Ln), tratamento controle com 100% da ETc em duas linhas (T2 100% 2Ln), 50% da ETc em uma linha (T3 50% 1Ln), 100% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T4

PRD 100%), 50% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T5 PRD 50%) e 100% da ETc irrigado com um microaspersor disposto à um metro da caule da planta (T6 Micro), medida de julho de 2015 a dezembro de 2017 na Fazenda Santo Antônio, Itaberaba, BA.

Os tratamentos com irrigação deficitária tiveram maior abscisão de flores e conseqüentemente menor número de frutos, refletindo na produtividade das plantas como pode-se observar nos tratamentos T3 50% 1Ln e T5 PRD 50% que apresentaram as menores produtividades em todo o período experimental (Tabela 6), com exceção do ano de 2017 no qual o T4 PRD 100% (682 fruto planta<sup>-1</sup>), teve produção de frutos menor que T5 PRD 50% (756 fruto planta<sup>-1</sup>).

**Tabela 6.** Número de frutos (NF), peso médio de fruto (PMF), produção de fruto por planta (PTF), produtividade (P), irrigação acumulada (Irrig.) e eficiência no uso da água (EUA) da linceira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka], em diferentes manejos de irrigação. No período de julho de 2015 à dezembro de 2017, na fazenda Santo Antônio, Itaberaba, BA.

Manejo de irrigação	NF (fruto planta <sup>-1</sup> )	PMF (kg fruto <sup>-1</sup> )	PTF (kg planta <sup>-1</sup> )	P (t ha <sup>-1</sup> )	Irrig. (m <sup>3</sup> pla <sup>-1</sup> )	EUA (kg m <sup>-3</sup> )
<b>2015</b>						
T1 100% 1Ln	122,88 ab	0,064 ab	7,62 ab	2,38 ab	3,25	2,34
T2 100% 2Ln	209,34 a	0,061 b	12,91 a	4,03 a	3,25	3,96
T3 50% 1Ln	31,25 b	0,060 b	1,87 b	0,58 b	1,62	1,14
T4 PRD 100%	100,25 ab	0,059 b	5,95 ab	1,85 ab	3,25	1,82
T5 PRD 50%	26,87 b	0,075 a	1,72 b	0,54 b	1,62	1,05
T6 Micro	174,25 a	0,063 ab	11,11 a	3,47 a	3,25	3,41
Média	110,81	0,063	6,86	2,14	2,71	2,28
	**	*	**	**		
CV (%)	54,66	8,93	53,49	53,49		
<b>2016</b>						
T1 100% 1Ln	804,48 ab	0,070 ab	55,79 ab	17,44 ab	10,10	5,52
T2 100% 2Ln	1224,50 a	0,075 a	84,42 a	26,38 a	10,10	8,35
T3 50% 1Ln	605,58 b	0,066 b	39,80 b	12,44 b	5,05	7,88
T4 PRD 100%	803,72 ab	0,069 ab	55,18 ab	17,25 ab	10,10	5,46
T5 PRD 50%	758,15 ab	0,068 ab	52,00 ab	16,25 ab	5,05	10,29
T6 Micro	827,24 ab	0,074 a	59,63 ab	18,63 ab	10,10	5,90
Média	837,28	0,070	57,80	18,06	8,41	7,23
	*	**	*	*		
CV (%)	29,86	4,48	29,97	29,97		
<b>2017</b>						
T1 100% 1Ln	764,62	0,080 ab	60,75	18,98	7,82	7,76
T2 100% 2Ln	887,63	0,080 ab	70,13	21,92	7,82	8,96
T3 50% 1Ln	632,78	0,077 b	47,21	14,75	3,91	12,07
T4 PRD 100%	682,42	0,079 ab	52,83	16,50	7,82	6,75
T5 PRD 50%	755,59	0,077 b	57,27	17,90	3,91	14,64
T6 Micro	870,78	0,083 a	69,14	21,60	7,82	8,84

Média	765,63	0,079	59,55	18,61	6,51	9,83
	ns	**	ns	ns		
CV (%)	26,09	2,68	25,08	25,08		
<b>Total</b>						
T1 100% 1Ln	1.691,97 ab	0,074 abc	124,17 ab	38,80 ab	21,17	5,86
T2 100% 2Ln	2.321,50 a	0,076 ab	167,46 a	52,33 a	21,17	7,90
T3 50% 1Ln	1.269,62 b	0,070 d	88,88 b	27,77 b	10,58	8,39
T4 PRD 100%	1.586,40 ab	0,073 bcd	113,96 ab	35,61 ab	21,17	5,38
T5 PRD 50%	1.540,61 ab	0,072 cd	110,99 ab	34,68 ab	10,58	10,48
T6 Micro	1.872,27 ab	0,077 a	139,88 ab	43,71 ab	21,17	6,60
Média	1.713,73	0,074	124,22	38,82	17,64	7,43
	*	**	*	*		
CV (%)	25,29	2,08	25,24	25,24		

\*\*, \* e ns, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F da análise de variância. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Plantas jovens de tangerina ‘Clementina’ irrigada com 50% da ETc por gotejamento apresentaram estresse hídrico e conseqüentemente elevação da temperatura foliar e potencial hídrico foliar, corroborando com o observado por outros autores (ALVES JUNIOR et al., 2005; SYVERTSEN, 1982; MEDINA et al., 1998; MACHADO et al., 1999), houve também redução no número de frutos e redução no crescimento das planta em relação as plantas irrigadas com 100% da necessidade hídrica (CASTEL, 1994). O mesmo ocorreu com o estudo em questão, como pode ser observado, as plantas nas quais se aplicou irrigação deficitária 50% da ETc, T3 50% 1Ln e T5 PRD 50%, apresentaram menor número de frutos por planta na maioria dos anos de avaliação o que pode ser melhor visualizado na média geral da produção total de frutos, após dois anos e meio de avaliação T3 50% 1Ln (1.270 frutos planta<sup>-1</sup>).

Estudos com secamento parcial de raiz (PRD) na cultura da manga ‘Kent’ em condições semiáridas, também indicaram redução no número de frutos por planta nos tratamentos com irrigação deficitária, que pode estar relacionado ao maior percentual de abscisão de flores (COELHO FILHO et al., 2009).

A menor produtividade de frutos dentre os manejos de irrigação avaliados no ano de 2016 foi a do T3 50% 1Ln (39,80 kg planta<sup>-1</sup>) e a maior foi observada em T2 100% 2Ln (84,42 kg planta<sup>-1</sup>) aos 7 anos, sendo a que mais se aproxima da produção média anual de 98 à 117 kg de plantas com 7 anos de idade, citada por Coelho (1993), que estudou a produção média anual de frutos cítricos do 3° ao 7° ano.

No ano de 2015, início da aplicação dos diferentes manejos de irrigação, a maior produtividade foi observada no T2 100% 2Ln (12,91 kg planta<sup>-1</sup>), com a melhor eficiência no

uso da água ( $3,96 \text{ kg m}^{-3}$ ) e o T5 PRD 50%, foi o menos produtivo, mas com o melhor peso médio de fruto ( $0,075 \text{ kg fruto}^{-1}$ ) embora tenha tido a menor eficiência no uso da água. Pode se explicar a baixa produção das plantas com déficit hídrico pelo início da aclimação das plantas, tendo em vista que são plantas adultas, a redução da lâmina de irrigação pode ter provocado um estresse considerável, com grande percentual de abortamento de flores (CASTEL, 1994).

A melhor produtividade no ano de 2016, foi observada no tratamento T2 100% 2Ln ( $26,38 \text{ t ha}^{-1}$ ), esse tratamento seguiu a mesma tendência no ano de 2017, no qual foi coletada uma produtividade média de  $21,92 \text{ t ha}^{-1}$ , isso se deve ao maior número de frutos por planta. A média entre os manejos de irrigação avaliados em 2016 foi de  $18,06 \text{ t ha}^{-1}$ . Alves Júnior (2006), quando avaliou plantas de limeira ácida ‘Tahiti’, sobre ‘Swingle’, sob lâminas de irrigação que variaram de 25 a 100% da ETc, não verificou diferença significativa entre os tratamentos no segundo ano de avaliação, com  $12,9 \text{ t ha}^{-1}$  de produtividade média.

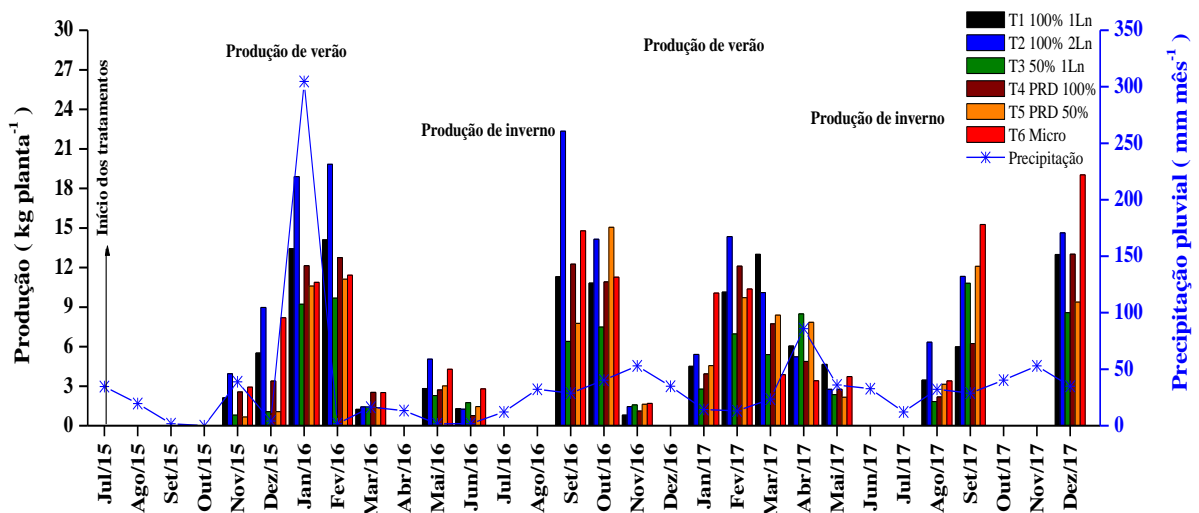
A maior produtividade total, ao final de dois anos e meio de avaliação foi observada no tratamento T2 100% 2Ln com uma média de  $52,33 \text{ t ha}^{-1}$ , seguido do tratamento T6 Micro ( $43,71 \text{ t ha}^{-1}$ ) e T1 100% 1Ln ( $38,8 \text{ t ha}^{-1}$ ), que diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ), sendo T2 o melhor tratamento. Dessa forma pode-se inferir que as melhores produtividades foram observadas nas plantas irrigadas com 100% da ETc e a irrigação com déficit hídrico 50%, T3 50% 1Ln ( $27,77 \text{ t ha}^{-1}$ ) induziu uma perda de 47% da produtividade em relação ao tratamento controle.

Os dois manejos de irrigação com aplicação concentrada da lâmina 100% da ETc, T1 100% 1Ln ( $38,80 \text{ t ha}^{-1}$ ) e T4 PRD 100% ( $35,61 \text{ t ha}^{-1}$ ), apresentaram produtividade inferior à do manejo de 100% da ETc em duas linhas T2 100% 2Ln ( $52,33 \text{ t ha}^{-1}$ ), isso indica que não é interessante irrigar grandes volumes de água de forma localizada pois há um efeito positivo na distribuição da lâmina em um maior volume de solo, com produtividades superiores 26% e 32% em comparação as dois manejos de irrigação citados, respectivamente, considerando o solo Neossolo quartzanênico.

Na Figura 12 estão apresentadas as produções ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) de cada tratamento durante a realização do experimento e as precipitações acumuladas ( $\text{mm mês}^{-1}$ ). A época do verão caracterizou-se como o período de maior acúmulo de chuva, a florada foi mais concentrada nos meses de agosto e setembro de 2015, contribuiu para as colheitas de verão no período de dezembro a fevereiro de 2016. As produções de inverno foram menores que as do verão.

Entre outubro e novembro de 2016, período de baixa pluviosidade, importante para refletir o efeito de cada manejo de irrigação adotado, houve concentração de florada, que

proporcionou uma colheita acentuada no período de janeiro à maio de 2017. Observa-se que o estresse hídrico pode influenciar positivamente a atividade agrícola uma vez que, períodos de escassez hídrica podem favorecer a indução floral de plantas cítricas em regiões tropicais como o Brasil e conseqüentemente um florescimento mais uniforme das plantas segundo [Silva \(2005\)](#), que proporcionam colheitas maiores e mais concentradas.



**Figura 12.** Produção e precipitação pluvial mensal durante o período experimental da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka], sobre o limoeiro citrumelo ‘swingle’ [*Citrus trifoliata* (L.) Raf. X *Citrus Paradise* Macf.], com seis anos de idade. Os manejos de irrigação consistiram em tratamento irrigado com 100% da ETc em uma linha (T1 100% 1Ln), tratamento controle com 100% da ETc em duas linhas (T2 100% 2Ln), 50% da ETc em uma linha (T3 50% 1Ln), 100% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T4 PRD 100%), 50% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T5 PRD 50%) e 100% da ETc irrigado com um microaspersor disposto à um metro da caule da planta (T6 Micro), medida de julho de 2015 a dezembro de 2017 na Fazenda Santo Antônio, Itaberaba, BA.

## CONCLUSÕES

- Os tratamentos com déficit hídrico apresentaram maior eficiência no uso da água se comparados aos tratamentos sem déficit hídrico.

- A eficiência no uso da água, do tratamento com PRD 100%, apresentou EUA aproximadamente 50% inferior ao tratamento com PRD 50%, dessa forma a irrigação com uma lâmina menor é mais recomendável, que a aplicação de um grande volume de água de forma concentrada.

- A maior produtividade total foi observada no tratamento irrigado com 100% da ETc em duas linhas de gotejamento.

- Não é interessante irrigar grandes volumes de água de forma localizada pois há um efeito positivo na distribuição da lâmina em um maior volume de solo, e os tratamentos com melhor distribuição da lâmina de irrigação apresentaram produtividades 26 a 32% superiores em relação aos manejos de irrigação com lâminas concentradas em uma linha de gotejamento.

## LITERATURA CITADA

- AGRIANUAL - Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Argos comunicação, p.251-284. 2017.
- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. FAO – Rome. 208p. 1998. (Irrigation and Drainage paper, 56).
- ALVES JÚNIOR J. Necessidade hídrica e resposta da cultura da lima ácida ‘Tahiti’ a diferentes níveis de irrigação. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 100p. 2006.
- ALVES JUNIOR, J.; SILVA, C. R.; RIBEIRO, R. V.; SILVA, T. J. A.; FOLEGATTI, M. V. Crescimento de plantas jovens de lima ácida ‘tahiti’ sob lâminas de irrigação. Eng. Agríc. Jaboticabal, v.25, n.1, p.170-178, jan./abr. 2005.
- ANGELOCCI, L. R. Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: Introdução ao tratamento biofísico. Piracicaba, SP: O autor, 268p. 2002.
- BEIS, A.; PATAKAS, A. Differences in stomatal responses and root: shoot signalling between two grapevine varieties subjected to drought. *Functional Plant Biology*, v.37, p.139–146, 2010.
- CARBONEAU, A. The early selection of grapevine rootstocks for resistance to drought conditions. *American Journal of Enology and Viticulture*, v.36, p.195-198, 1985.
- CASTEL, JR. Response of young Clementine citrus trees to drip irrigation. I – Irrigation amount and number of drippers. *Journal of Horticultural Science*, v.69, p.481-489. 1994.
- CERQUEIRA, E. C.; CASTRO NETO, M. T.; PEIXOTO, C. P. Resposta de porta-enxertos de citros ao déficit hídrico. *Rev. Bras. Frutic.* v.26, n.3, p.515-519. Dez. 2004.
- CHAVES, M. M.; SANTOS, T. P.; SOUZA, C. R.; ORTUÑO, M. F.; RODRIGUES, M. L.; LOPES, C. M.; MAROCO, J. P.; PEREIRA, J. S. Deficit irrigation in grapevine improves water-use efficiency while controlling vigour and production quality. *The Annals of Applied Biology*, v.150, p.237–252, 2007.
- COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; OLIVEIRA, V. V. M.; VELAME, L. M.; SANTANA, J. A. V. Manejo de irrigação com déficit (prd) em pomar de manga ‘kent’ no semi-árido baiano. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2009, Belo Horizonte - MG.



- COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; SIMÕES, W. L.; COSTA, E. L. Uso regulado do déficit de irrigação nas fases de crescimento de frutos de lima ácida ‘Tahiti’ irrigado por gotejamento. In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 2007, Goiânia. ABID/GOIANIA, 2007.
- COELHO, Y. S. Lima ácida ‘Tahiti’ para exportação: aspectos técnicos da produção. Brasília: EMBRAPA – SPI, 35p. 1993. (Série publicações técnicas FRUPEX, 1).
- COTRIN, C. E.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; RAMOS, M. M.; SILVA, J. A. Irrigação com déficit regulado e produtividade de mangueira Toomy Atkins, sob gotejamento, no semiárido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 2007.
- CRUZ, A. C. R.; LIBARDI, P. L.; ROCHA, G. C. R.; CARVALHO, L. A.; Evapotranspiração real de uma cultura de laranja em produção num latossolo vermelho-amarelo. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.29, p.659-668, 2005.
- DODD, I. C.; THEOBALD, J.C.; BACON, M.A.; DAVIES, W.J. Alternation of wet and dry sides during partial rootzone drying irrigation alters root-to-shoot signalling of abscisic acid. Functional Plant Biology, v.33, p.1081–1089, 2006.
- DONATO, S. L. R.; PEREIRA, C. S.; BARROS, Z. J.; SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C. Respostas de combinações de variedades copa e porta-enxerto de citros à deficiência hídrica. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.42, n.10, p.1507-1510, out. 2007.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Crop water requirement. Rome: FAO, 144p. 1977. (Irrigation and Drainage, 24).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306p. 2006.
- FERERES, E.; SORIANO, M. A. Deficitirrigation for reducing agriculturalwateruse. *Journal of Experimental Botany* v.58, p.147–159, 2007.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, nov./dez. 2011.
- KANG, S.; ZHANG, J. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. *Journal of Experimental Botany*, v.55, p.2437–2446, 2004.
- KELLER, J., BLIESNER, R. D. Sprinkle and trickle irrigation. New York: Avibook, 649p. 1990.

- KIRDA, C.; TOPCU, S.; CETIN, M.; DASGAN, H.Y.; KAMAN, H.; TOPALOGLU, F.; DERICI, M.R.; EKICI, B. Prospects of partial root zone irrigation for increasing irrigation water use efficiency of major crops in the Mediterranean region. *The Annals of Applied Biology*, v.150, p.281–291, 2007.
- KRIEDEMANN, P. E.; GOODWIN, I. Regulated Deficit Irrigation and Partial Rootzone Drying. *Irrigation Insights N. 3*. Land & Water Australia, Canberra. 2003
- NORTH, G. B.; NOBEL, P. S. Changes in hydraulic conductivity and anatomy caused by drying and rewetting roots of *Agave deserti* (Agavaceae). *Am. J. Bot.* v.78, p.906-915, 1991.
- MACHADO, E. C.; MEDINA, C. L.; GOMES, M. M. A. Teor de água no substrato de crescimento e fotossíntese em laranjeira ‘Valência’. *Bragantia*, Campinas, v.58, n.2, p.217-26, 1999.
- MACHADO, E. C.; QUAGGIO, J. A.; LAGOA, A. M. M. A.; TICELLI, M.; FURLANI, P. R. Trocas gasosas e relações hídricas em laranjeiras com clorose variegada dos citros. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Campinas, v.6, n.1, p.53-57, 1994.
- MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; PINTO, J. M. Fotossíntese de laranjeira ‘Valência’ enxertada sobre quatro porta-enxertos e submetida à deficiência hídrica. *Bragantia*, Campinas, v.57, n.1, p.1-14, 1998.
- NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v.13, p.75-87, 2001.
- POMPEU JÚNIOR, J. Porta-enxertos. In: RODRIGUES, O.; VIEGAS, F. C.; POMPEU JÚNIOR, J.; AMARO, A.A. (Ed.). *Citricultura Brasileira*. 2.ed. Campinas: Fundação Cargill, v.1, p. 265-280, 1991.
- PRUDENTE, R. M.; SILVA, L.M. S.; CUNHA SOBRINHO, A. P. Comportamento da laranjeira 'Pêra' sobre cinco porta-enxertos em ecossistema de Tabuleiros Costeiros, Umbaúba-SE. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26, p.110-112, 2004.
- RAIJ, B. V.; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C. Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo, 107p, 1992. (Boletim Técnico).
- RAVEH, E. Partial Root-Zone Drying as a Possible Replacement for 'Verdelli' Practice In Lemon Production. *Acta Horticulturae: V International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops*. Ed. I. Goodwin. Cidade Mildura, Australia, 30 June 2008.

- SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; DANIEL, R. Indicadores fisiológicos da lima ácida 'Tahiti' submetida à irrigação deficitária com secamento parcial de raiz. *Irriga, Botucatu*. v.19, n.2, p.292-301, 2014.
- SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; DANIEL, R.; MACHADO, V. V.; CARVALHO, G. C.; SANTANA JUNIOR, E. B. Deficit hídrico e secamento parcial do sistema radicular em pomar de lima ácida. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. v.45, n.10, p.1141-1148, 2010.
- SILVA, C. R. Evapotranspiração e desenvolvimento de limeira ácida 'Tahiti' na ausência e presença de estresse hídrico. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 85p. 2005.
- SOUZA, C. A. S.; DIAS, L. A. S. Melhoramento ambiental e sócio-economia. *In*: DIAS, L. A. S. (Ed) Melhoramento Genético do Cacaueiro. Editora Folha de Viçosa Ltda, Viçosa. p.1-47, 2001.
- STUCHI, E. S.; DONADIO, L.C.; SEMPIONATO, O. R.; PERECIN, D. Produtividade e qualidade dos frutos da laranjeira 'Pêra' clone IAC em 16 porta-enxertos na região de Bebedouro-SP. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.26, p.359-362, 2004.
- SYVERTSEN, J. P. Minimum leaf water potential and stomatal closure in citrus leaves of different ages. *Annals of Botany, London*, v.49, n.6, p.827-34, 1982.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 719p. 2004.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia Vegetal*. Redwood City: Benjamin/Cummings. 565p. 2013.
- WANG, Y.; LIU, F.; ANDERSEN, M. N.; JENSEN, C. R. Improved plant nitrogen nutrition contributes to higher water use efficiency in tomatoes under alternate partial root-zone irrigation. *Functional Plant Biology*, v.37, p.175–182, 2010.

## **CAPÍTULO II**

### **PRODUÇÃO DE FRUTOS E RELAÇÕES HÍDRICAS DA LIMEIRA ÁCIDA 'TAHITI' ENXERTADA EM HÍBRIDO TRIFOLIADO HTR-069 EM COMBINAÇÃO COM DÉFICIT HÍDRICO NO SOLO**

## **PRODUÇÃO DE FRUTOS E RELAÇÕES HÍDRICAS DA LIMEIRA ÁCIDA 'TAHITI' ENXERTADA EM HÍBRIDO TRIFOLIADO HTR-069 EM COMBINAÇÃO COM DÉFICIT HÍDRICO NO SOLO**

**RESUMO:** Este trabalho objetivou avaliar o crescimento, desenvolvimento e produtividade de um pomar de limeira ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], enxertadas sobre limoeiro híbrido trifoliado HTR-069, irrigado sob diferentes manejos de irrigação localizada. O experimento foi instalado em área da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, com espaçamento de 5 x 2,5 m e irrigado por gotejamento, localizado no semiárido mineiro em Jaíba, MG. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições: três tratamentos receberam a lâmina correspondente a 100% da ET<sub>c</sub>, T1 100% 1Ln - plantas irrigadas com uma linha de irrigação (gotejadores com vazão 8 L h<sup>-1</sup>), T2 100% 2Ln - duas linhas de irrigação (gotejadores com vazão 4 L h<sup>-1</sup>) e T6 PRD Raiz - duas linhas de gotejamento com estratégia de irrigação PRD (gotejadores com vazão 8 L h<sup>-1</sup>), onde a irrigação ocorre em um dos lados durante todo o período e aplicou-se uma lâmina de 100% da ET<sub>c</sub> em excesso no lado oposto da planta, uma vez ao mês; outros três tratamentos receberam metade da lâmina, T3 50% 1Ln - possuía uma linha de gotejamento (gotejadores com vazão 4 L h<sup>-1</sup>) junto ao caule da planta, T4 50% 2Ln - duas linhas de gotejamento (gotejadores com vazão 2 L h<sup>-1</sup>) e T5 PRD 50% duas linhas de gotejamento com estratégia de irrigação PRD (gotejadores com vazão 4 L h<sup>-1</sup>) e inversão dos lados da irrigação a cada 15 dias. A maior produção foi observada no tratamento T5 (22,78 kg planta<sup>-1</sup>) e T1 (11,97 kg planta<sup>-1</sup>) foi o menos produtivo. O maior potencial hídrico foliar foi observado no T3 (- 1,06 MPa) que não diferiu do T2 e o menor foi observado no T4 (- 1,78 MPa). A maior temperatura foliar foi observada no T5 (32,44°C) e o menor foi observado no T1 (29,86°C). A maior resistência estomática foi observada no T2 (1.008 s cm<sup>-1</sup>) e o menor foi observado no T6 (704,97 s cm<sup>-1</sup>). A melhor Eficiência no uso da água foi observada no T5 (3,53 kg m<sup>-3</sup>) e a menor foi no T1 (0,92 kg m<sup>-3</sup>). A melhor eficiência produtiva foi a do T5 (2,38 kg m<sup>-3</sup>) e a menor foi no tratamento T1 (0,79 kg m<sup>-3</sup>), ambos os valores, em 2017.

**Palavras-chave:** Manejo de irrigação, déficit hídrico, eficiência no uso da água, PRD, adensamento de plantio.

## **FRUIT PRODUCTION AND WATER RELATIONS OF 'TAHITI' SOFT LIME ENHANCED IN TRIFOLIUM HYBRID HTR-069 IN COMBINATION WITH WATER DEFICIT IN SOIL**

**ABSTRACT:** This work aimed to evaluate the growth, development and productivity of a Tahiti acid lime orchard (*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka), grafted on HTR-069 trifoliate hybrid lime, irrigated under different localized irrigation systems. The experiment was carried out in an area of the Agricultural Research Company of Minas Gerais - EPAMIG, with a spacing of 5 x 2.5 m and irrigated by drip irrigation, located in the Minas Gerais semi-arid region of Jaíba, MG. The experimental design was a randomized block design, with six treatments and four replications: three treatments received the 100% E<sub>Tc</sub> slide, T1 100% 1Ln - plants irrigated with an irrigation line (8L h<sup>-1</sup> flow drippers), T2 100% 2Ln - two irrigation lines (drippers with flow 4 L h<sup>-1</sup>) and T6 PRD Root - two drip lines with irrigation strategy PRD (drippers with flow 8 L h<sup>-1</sup>), where irrigation occurs on one side throughout the period and a 100% excess E<sub>Tc</sub> slide was applied on the opposite side of the plant once a month; Three treatments received half of the slide, T3 50% 1Ln - had a drip line (drippers with flow 4 L h<sup>-1</sup>) near the plant stem, T4 50% 2Ln - two drip lines (drippers with flow rate 2 L h<sup>-1</sup>) and T5 PRD 50% two drip lines with PRD irrigation strategy (drippers with flow 4 L h<sup>-1</sup>) and inversion of irrigation sides every 15 days. The highest production was observed in the T5 treatment (22.78 kg plant<sup>-1</sup>) and T1 (11.97 kg plant<sup>-1</sup>) was the least productive. The highest leaf water potential was observed in T3 (- 1.06 MPa), which did not differ from T2, and the lowest was observed at T4 (- 1.78 MPa). The highest leaf temperature was observed at T5 (32.44 ° C) and the lowest was observed at T1 (29.86 °C). The highest stomatal resistance was observed in T2 (1,008 s cm<sup>-1</sup>) and the lowest was observed in T6 (704.97 s cm<sup>-1</sup>). The best Efficiency in water use was observed in T5 (3.53 kg m<sup>-3</sup>) and the lowest was in T1 (0.92 kg m<sup>-3</sup>). The best productive efficiency was the T5 (2.38 kg m<sup>-3</sup>) and the lowest was in the T1 treatment (0.79 kg m<sup>-3</sup>), both values, in 2017.

**Keywords:** Irrigation management, water deficit, water use efficiency, PRD, planting densification.

## INTRODUÇÃO

A necessidade hídrica de um cultivo de citros é de 900 a 1.200 mm de água por ano, para produzir satisfatoriamente, e quando há uma boa distribuição da precipitação ao longo do ano reduz-se a necessidade de irrigação suplementar. A demanda hídrica varia em função da evapotranspiração, características do solo, variedade-copa utilizada e variedade porta-enxerto empregada (DONATO et al., 2007). Muitas regiões produtoras de citros no Brasil possuem baixa precipitação pluvial ou mesmo a ocorrência de chuvas concentradas em um curto período do ano, podendo ocasionar déficit hídrico nas plantas.

O déficit hídrico ocorre quando o volume de água perdido pela planta através do processo de transpiração é maior que o absorvido pelas raízes levando a um balanço negativo podendo a planta passar por estresse hídrico (ANGELOCCI, 2002). Comum em regiões áridas e semiáridas para a maioria das culturas agrícolas, o déficit hídrico ocorre devido à distribuição irregular das chuvas (TAIZ & ZEIGER, 2013). Por comprometer vários aspectos do crescimento vegetal os efeitos mais comuns do déficit hídrico são a redução do crescimento das plantas, da sua área foliar e da produção (KRAMER, 1983; TAIZ & ZEIGER, 2002).

Com a utilização do déficit hídrico e secamento parcial de raiz – PRD é possível reduzir o volume de água aplicado e com isso aumentar a eficiência de irrigação com a redução do crescimento vegetativo e manter satisfatório o rendimento agrícola (DRY & LOVEYS, 1998). Acredita-se que o sistema radicular passa a produzir uma quantidade maior de ácido abscísico (ABA) que ocasiona o fechamento parcial dos estômatos e com isso reduz a perda de água da planta para a atmosfera (DAVIES et al., 2002).

Considerando a escassez de informações sobre respostas fisiológicas e produtivas para a lima ácida ‘Tahiti’ em diferentes manejos de irrigação em estudos com maior tempo de exposição aos tratamentos de déficit, em condições de campo, buscou-se neste trabalho estudar a resposta das plantas a condição de irrigação deficitária (50% e 100% da ETc), volume de solo irrigado em diferentes estratégias de manejo de irrigação (PRD e irrigação plena) na região do norte de Minas Gerais, no projeto irrigado de Mocambinho, Jaíba, MG.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização, Solo e Material vegetal

O estudo foi conduzido na Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), localizada em Mocambinho, Jaíba, MG, à latitude de 15°32'00" S, longitude de 43°46'00" W e 454 m de altitude. A precipitação média mensal observada na área durante o período estudado foi (305 mm, 269 mm, 831 mm e 590 mm nos anos de 2014, 2015, 2016 e 2017, respectivamente). A temperatura média mensal foi de 25,38°C (Figura 1). O experimento ocorreu no período de abril de 2014 (transplântio) à novembro de 2017 em pomar de laranja ácida 'Tahiti' [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], enxertadas sobre limoeiro híbrido trifoliado HTR-069, no espaçamento de 5,0 m x 2,5 m. Utilizou-se o sistema de irrigação por gotejamento com vazões de 2,0; 4,0 e 8,0 L h<sup>-1</sup>.

O solo da área experimental foi classificado como Neossolo Quartzarênico (87% areia, 2% silte, e 11% argila – areia até 0,50 m e areia franca de 0,50 a 1,0 m (EMBRAPA, 2006). Foram coletadas, em trincheiras, amostras com estrutura indeformada e deformada para a caracterização física do solo a partir de análises de granulometria, retenção de água e densidade do solo (Tabela 1). Realizou-se análise química com amostras compostas da área de projeção da copa nas profundidades de 0,0 – 0,20; 0,20 – 0,40; 0,40 – 0,60 e 0,60 – 0,80 m (Tabela 2).

**Tabela 1.** Resultado da análise física do solo realizada pelo Laboratório de Física do Solo da Embrapa/CNPMPF.

Z (m)	Areia total	Silte	Argila	Ds	Umidade do solo (%)						AD
					6	10	33	100	300	1500	
	-----g kg <sup>-1</sup> -----			g cm <sup>-3</sup>	------(kPa)-----						%
0,0-0,25	898	10	92	1,53	8,08	6,97	5,22	4,75	4,40	4,31	2,65
0,25-0,50	889	15	96	1,62	6,60	5,54	4,10	3,62	3,32	3,26	2,28
0,50-0,75	863	15	122	1,61	8,15	7,01	4,99	4,21	3,83	3,76	3,25
0,75-1,00	861	16	123	1,58	7,92	6,78	4,93	4,25	3,83	3,76	3,02

Z: Profundidade; Ds: Densidade do solo; AD: Água disponível.

**Tabela 2.** Resultado da análise química do solo realizada pelo Laboratório de Química do Solo da Embrapa/CNPMPF.

Z (m)	pH	P	K	Ca	Mg	Al	Na	H+Al	SB	CTC	V	MO
0,00-0,20	5,3	11	0,08	0,9	0,18	0,2	0,01	2,09	1,17	3,26	36	5,0
0,20-0,40	4,9	3	0,06	0,35	0,11	0,5	0,01	2,2	0,53	2,73	19	4,0
0,40-0,60	4,6	2	0,03	0,42	0,11	0,7	0,01	2,42	0,57	2,99	19	4,0
0,60-0,80	4,6	1	0,03	0,41	0,16	0,7	0,01	2,31	0,61	2,92	21	3,0



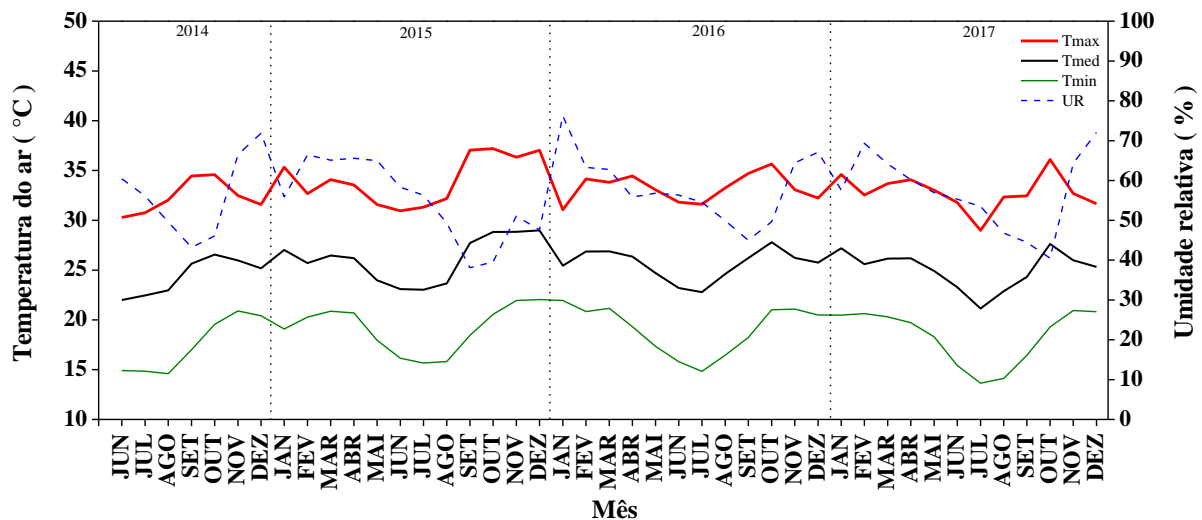
SB: soma de bases trocáveis; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases e MO: matéria orgânica.

Periodicamente realizaram-se os tratos culturais com controle das plantas daninhas através da aplicação de defensivos agrícolas nas entrelinhas, capinas manuais na área de projeção da copa e retirada de ramos fisiologicamente inativos. A calagem e adubação segundo [Raij et al. \(1992\)](#) foram feitas de acordo com a análise de solo no momento da instalação do pomar. A adubação de cobertura foi feita mensalmente através da fertirrigação de acordo com análise de solo. Os tratamentos com déficit hídrico receberam adubação complementar, permitindo manter os mesmos níveis de nutrição para todas as plantas.

### **Variáveis climáticas**

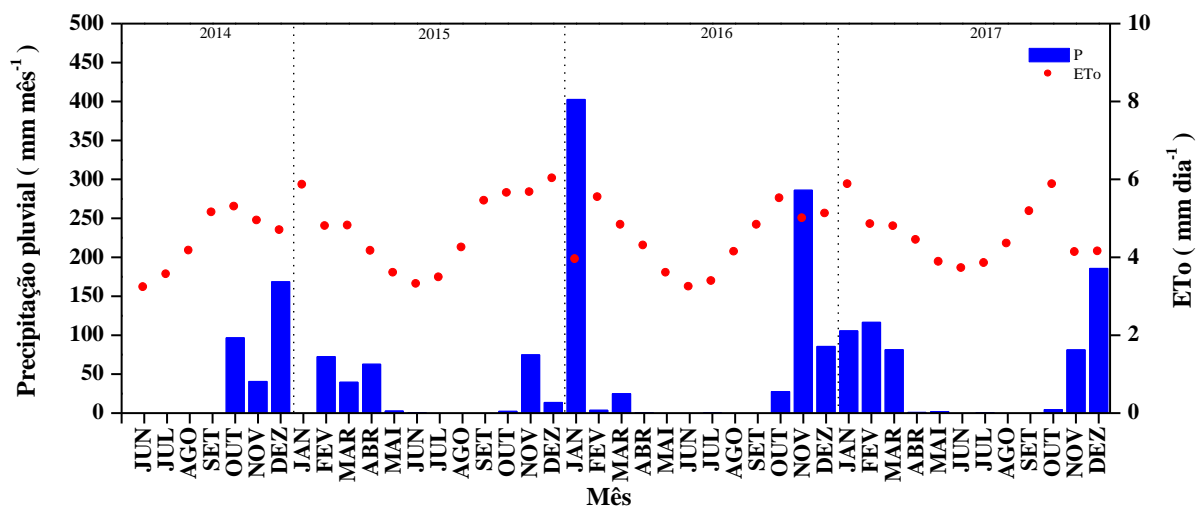
As informações referentes à precipitação, temperatura do ar, umidade relativa do ar e radiação solar foram obtidas na estação automática de aquisição de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizada em Mocambinho, Jaíba, MG, a 10 km do experimento. Com base nos dados da estação foram quantificados os valores das reais necessidades de irrigação e do acompanhamento da demanda de água pela atmosfera e evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) segundo [Allen et al. \(1998\)](#). Os tratamentos de irrigação tiveram início no dia 06 de fevereiro de 2015.

A condição climática durante o período avaliado foi característica de região semiárida na qual as temperaturas mais baixas foram registradas entre os meses de abril à agosto com mínima de 14,59 °C em agosto de 2015 ([Figura 1](#)), as maiores temperaturas foram registradas entre os meses de outubro à dezembro com máxima de 37,21 °C em outubro de 2015 e a temperatura média foi de 25,6 °C no período de avaliação das plantas. Durante o período avaliado a umidade relativa mínima foi 38,05%, máxima 76,16% e a média foi de 57,28%.



**Figura 1.** Temperatura mínima (Tmin), média (Tmed), máxima (Tmax) e umidade relativa (UR) mensal, durante a avaliação da limeira ácida ‘Tahiti’ no período de junho de 2014 a dezembro de 2017 na região de Jaíba, MG.

Nos primeiros meses da aplicação do déficit hídrico ocorreu baixa precipitação pluvial na área experimental, proporcionando melhor resposta dos manejos de irrigação adotados, refletindo nos indicadores fisiológicos das plantas. O mês mais chuvoso foi janeiro de 2016 (402,8 mm), restabelecendo o armazenamento de água no solo em todo o sistema radicular diminuindo o efeito dos tratamentos de manejo de irrigação deficitária e a menor precipitação acumulada foi 0,2 mm, que ocorreu no mês de julho 2016 (Figura 2). A evapotranspiração de referência máxima foi 6,0, a mínima 3,2 e a média diária foi de 4,5 mm dia<sup>-1</sup> com os maiores valores no período de setembro a fevereiro, enquanto os menores valores foram observados no período de março à agosto em todos os anos durante o período experimental.



**Figura 2.** Precipitação pluvial mensal e evapotranspiração de referência (ETo) diária, nos diferentes meses do ano, de junho de 2014 a dezembro de 2017, na região de Jaíba, MG.

## Manejo de irrigação e caracterização dos tratamentos

O pomar foi irrigado por sistema localizado, sendo utilizado sistema de irrigação por gotejamento com vazões de 2,0; 4,0 e 8,0 L h<sup>-1</sup>, com espaçamento de 0,5 m entre os gotejadores.

As lâminas de irrigação ao longo do experimento foram definidas com base na evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), calculada pelo método de Penman-Monteith FAO (ALLEN et al., 1998), a partir de dados diários coletados em uma estação meteorológica instalada próximo ao local do experimento. O coeficiente de cultivo para determinação da evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), foi definido conforme recomendação de Doorenbos e Pruitt (1977).

## Delineamento experimental

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, com seis tratamentos e quatro repetições. Cada parcela experimental foi composta por cinco plantas, das quais, duas plantas representaram a parcela útil, em conformidade com os tratamentos aplicados, que estão divididos da seguinte forma:

Tratamento	Informações
T1 100% 1Ln	Irrigação com um volume correspondente a 100% da ET <sub>c</sub> por gotejamento em uma linha junto ao caule da planta;
T2 100% 2Ln	Tratamento controle irrigação com um volume de água correspondente a 100% da ET <sub>c</sub> , aplicado por gotejamento em duas linhas de gotejo, distribuída em ambos os lados da planta;
T3 50% 1Ln	Irrigação com o equivalente a 50% da ET <sub>c</sub> , em uma linha de gotejamento junto ao caule da planta;
T4 50% 2Ln	Irrigação com o equivalente a 50% da ET <sub>c</sub> , aplicado por gotejamento em duas linhas de gotejo, distribuída em ambos os lados da planta;
T5 PRD 50%	Tratamento PRD correspondente a 50% da ET <sub>c</sub> , onde a irrigação ocorre em

	um dos lados, com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias;
T6 PRD Raiz	Tratamento PRD correspondente a 100% da ETc, onde a irrigação ocorre em um dos lados durante todo o período e aplicou-se uma lâmina de 100% da ETc em excesso no lado oposto da planta, uma vez ao mês.

### Variáveis fisiológicas

As avaliações de estresse hídrico nas plantas foram feitas através de medidas de resistência estomática ( $r_s$ ), temperatura foliar ( $T_f$ ), potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) e teor relativo de água na folha (TRA), foram determinados conjuntamente, caracterizando o estado hídrico da planta.

A resistência estomática ( $r_s$ ) foi estimada com uso de porômetro modelo LI-1600 (Licor, Nebraska, USA). As medidas foram realizadas na terceira folha totalmente expandida situada a partir do ápice do ramo da planta a 1,5 m do solo em dois ramos por planta localizados na parte externa e em lados opostos da copa (leste e oeste) e duas plantas por parcela (parcela útil), perfazendo um total de 4 (quatro) leituras foliares por parcela e em quatro blocos das 9h00 às 10h00 horas da manhã.

A temperatura foliar ( $T_f$ ) foi determinada com termômetro de infravermelho, mantido a uma distancia de 5 a 10 cm da folha, sendo amostradas folhas totalmente expandidas e maduras fisiologicamente dispostas à uma altura de 1,5 m do solo, em dois lados opostos da planta (leste e oeste). A  $T_f$  foi medida em 6 (seis) folhas de cada lado da planta (leste e oeste), perfazendo um total de 12 (doze) folhas por planta em 2 (duas) plantas por parcela, um total de 24 (vinte e quatro) leituras foliares por parcela às 10h00 às 11h00 horas da manhã.

O potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) foi determinado com câmara de pressão tipo ‘Scholander’ modelo 3115 (Soilmoisture Equipment Corp., Santa Bárbara, USA). As análises foram realizadas às 5h00 e 12h00 horas da manhã, com amostragem de 2 (duas) folhas totalmente expandidas e fisiologicamente maduras, localizadas em diferentes ramos na parte externa e em lados opostos da copa (leste e oeste), a partir de 1,5 m de altura do solo em 2 (duas) plantas por parcela perfazendo um total de 4 (quatro) leituras foliares por parcela. As determinações ocorreram em campo com folhas seccionadas no pecíolo, com auxílio de bisturi cirúrgico e, imediatamente colocadas na câmara de pressão para a realização da leitura. Foi registrada a pressão suficiente para forçar a saída da seiva na base do pecíolo foliar lida no manômetro do equipamento.

O teor relativo de água na folha (TRA) foi determinado, a partir da retirada de discos no limbo foliar. As medidas ocorreram no final da manhã, entre 10h00 e 11h00 horas, com a coleta de 4 folhas totalmente expandidas e maduras por planta, localizadas em ramos na parte externa da copa, perfazendo o total de 4 folhas por parcela, as folhas coletadas foram acondicionadas em recipiente fechado e posteriormente em caixa térmica com gelo e levados ao laboratório de ecofisiologia vegetal, sendo amostrados 5 discos por folha com diâmetro de 10mm cada, totalizando 20 discos por planta. A massa fresca de cada amostra foi determinada em balança analítica, após a amostragem. Para obtenção da massa túrgida adicionou-se 15 mL de água em cada recipiente para a saturação completa dos discos, armazenados sob refrigeração e pesados 24 horas após, com a remoção do excesso de água. Após a pesagem, os discos foram colocados em estufa de circulação forçada de ar, a uma temperatura média de 65°C por 24 horas, para obtenção da massa seca, [Equação 1](#).

$$TRA = [(MF - MS) / (MT - MS)] \times 100 \quad (1)$$

Em que,

MF - Massa fresca (g);

MS - Massa seca (g), e;

MT - Massa túrgida (g).

### Variáveis biométricas

As plantas foram avaliadas durante o período experimental para obtenção de informações referentes à altura de planta e diâmetro de copa para obtenção da área foliar e volume de copa.

A **área foliar** ( $A_f$ ) de cada planta ( $A_{fT}$ -m<sup>2</sup>) foi determinada de forma direta, contando o número total de folha de cada planta ( $N_{fT}$ ) e medindo-se 10% delas, para determinar a área foliar média. Para essa determinação, mediu-se o comprimento e a largura e estimou-se a área foliar conforme recomendação de [Coelho Filho et al. \(2003\)](#), [Equação 2](#).

$$A_{f\text{ folha}} = 0,72 \cdot C \cdot L \quad ; \quad A_{fT} = \overline{A_{f\text{ folha}}} \times N_{fT} \quad (2)$$

Em que,

C - Comprimento da folha;  
L - Largura da folha;  
0,72 - Coeficiente da equação, e;  
NFT - Número total de folhas.

O **volume de copa** ( $V_c$ ) foi obtido com o uso de régua graduada, em metros, em todas as plantas. A altura foi tomada a partir do nível do solo até o topo da planta. O diâmetro segundo a predominância dos ramos laterais nas estrelinhas. O volume da copa foi calculado de acordo com [Pompeu Junior \(1991\)](#), Equação 3.

$$V_c = 2/3 \times \pi \times r^2 \times h \quad (3)$$

Em que,

$V_c$  - volume de copa ( $m^3$ )

r - raio da copa (m)

h - altura da planta (m)

### **Eficiência produtiva**

Para análise da eficiência produtiva foi considerado o volume de copa ( $V_c$ ) em  $m^3$ , relacionando-se à produtividade por planta e volume de copa de acordo com a [Equação 4](#).

$$EP = P / V_c \quad (4)$$

Em que,

EP - Eficiência produtiva ( $kg\ m^{-3}$ )

P - Produtividade ( $kg\ planta^{-1}$ )

$V_c$  - Volume de copa ( $m^3$ )

### **Eficiência no uso da água**

Para análise da eficiência no uso da água foi considerado o volume de água aplicado, considerando-se a produtividade total por planta e volume de água aplicado de acordo com a [Equação 5](#).

$$EUA = P / Lam \quad (5)$$

Em que,

EUA - Eficiência no uso da água ( $\text{kg m}^{-3}$ )

P - Produtividade ( $\text{kg planta}^{-1}$ )

Lam - Lâmina de água aplicada no pomar ( $\text{m}^3 \text{planta}^{-1}$ )

### **Variáveis relacionadas à produção**

A produção de frutos foi contabilizada no período de novembro de 2015 a novembro de 2017, procedendo-se a colheita em duas plantas por parcela e em seguida pesou-se com o auxílio de balança com capacidade de 30 kg, após a pesagem total por planta, fez-se uma amostragem de 30 frutos por parcela para se obter o peso total de fruto por planta (PTF), peso médio de fruto (PMF) e número total de frutos por planta (NFP).

### **Análise estatística**

A análise estatística foi realizada com o auxílio do programa estatístico SISVAR versão 5.3 ([FERREIRA, 2011](#)), no delineamento de blocos casualizados com seis tratamentos e quatro repetições. Os dados foram analisados por meio de análise de variância em esquema fatorial. Os dados de resistência estomática ( $r_s$ ) e temperatura foliar ( $T_f$ ) foram analisados por meio de análise de variância em esquema fatorial  $6 \times 2 \times 5$ , sendo seis tipos de manejo de irrigação, duas orientações (Leste e Oeste) e cinco épocas de avaliação. Os dados de  $\Psi_w$  foliar foram analisados por meio de análise de variância em esquema fatorial  $6 \times 2 \times 2$ , sendo seis tipos de manejo de irrigação, duas orientações (Leste e Oeste) e dois horários de avaliação. Os dados de teor relativo de água (TRA) foram analisados por meio de análise de variância em esquema de blocos casualizados. As médias foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Variáveis fisiológicas

#### Resistência estomática

Houve interação significativa ( $p < 0,05$ ) entre orientação (leste e oeste) e épocas de avaliação para a resistência estomática ( $r_s$ ). Houve interação significativa ( $p < 0,01$ ) para o efeito isolado orientação da folha na planta (leste e oeste). Interação significativa no efeito isolado manejo de irrigação ( $p < 0,05$ ) e épocas de avaliação ( $p < 0,01$ ), como pode ser observado na [Tabela 3](#).

Houve menor regulação estomática de plantas no tratamento T6 PRD Raiz ( $704,97 \text{ s cm}^{-1}$ ), enquanto a maior resistência estomática foi observado no tratamento T2 100% 2Ln ( $1008,01 \text{ s cm}^{-1}$ ), uma diferença de 30% entre os dois tratamentos, ambos com irrigação plena, já o tratamento com déficit hídrico de 50% e utilizando a técnica PRD apresentou resistência estomática de  $973,77 \text{ s cm}^{-1}$ , mesmo diferente do tratamento com irrigação plena em duas linhas de gotejamento, os dois manejos apresentaram valores de muito próximos de resistência estomática.

**Tabela 3.** Resistência estomática ( $r_s$ ) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], em diferentes manejos de irrigação e diferentes épocas de avaliação, em Jaíba, MG.

FV	GL	$r_s$ ( $\text{cm s}^{-1}$ )
		QM
Manejo de irrigação	5	485353,58*
Época	4	10279095,54**
Orientação	1	5135715,26***
Bloco	3	882035,94**
Manejo irrig. x Época	20	143548,09 <sup>ns</sup>
Manejo irrig. x Orient	5	48366,39 <sup>ns</sup>
Época x Orient	4	690619,70*
Manejo irrig. x Orient x Época	20	148286,08 <sup>ns</sup>
Residuo	177	202556,81
T1 100% 1Ln		816,90 ab
T2 100% 2Ln		1008,01 a
T3 50% 1Ln		888,10 ab
T4 50% 2Ln		909,73 ab

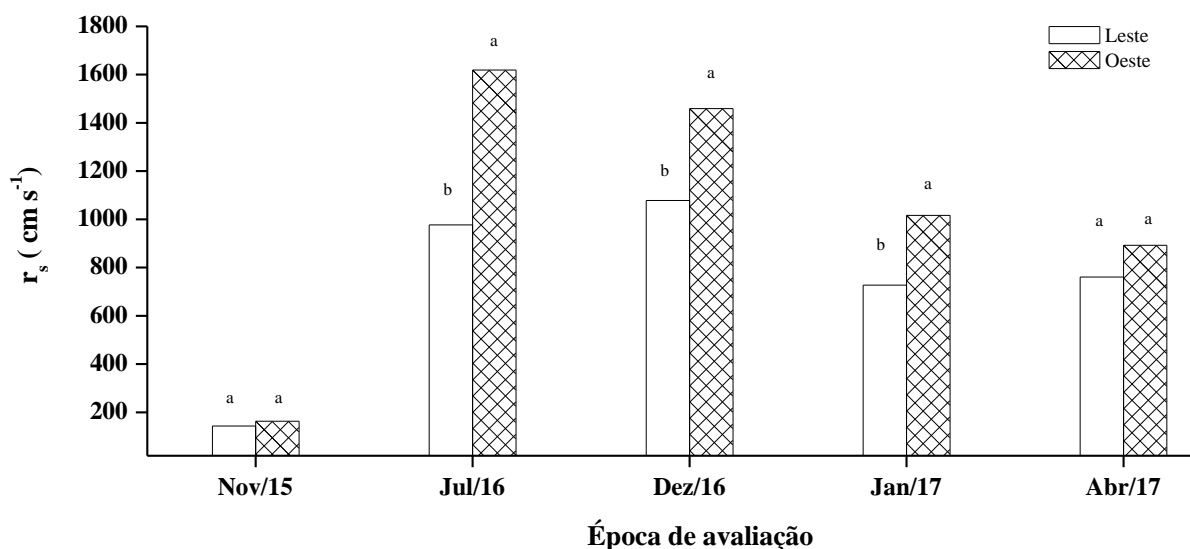


T5 PRD 50%	973,77 ab
T6 PRD Raiz	704,97 b
Média	883,58
CV (%)	50,94

\*\* , \* e ns, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F da análise de variância. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Às 10 horas da manhã, as maiores resistências estomáticas foliares foram observadas no lado oeste das copas das plantas, e dentre as épocas avaliadas, julho de 2016 apresentou  $r_s$  próximo de  $1.600 \text{ s cm}^{-1}$  (Figura 3).

Raveh (2008), estudando plantas de limão aos 5 anos de idade irrigadas com a técnica de PRD com 50% de deficiência hídrica, observou diferença na resistência estomática em comparação com as plantas submetidas a irrigação com 100% da necessidade de água. De acordo com o autor, plantas com tratamento PRD apresentaram médias de  $14,6 \text{ s cm}^{-1}$  enquanto as plantas com irrigação plena apresentaram média de  $9,9 \text{ s cm}^{-1}$ , uma diferença de 32% entre ambos os tratamentos. Sampaio (2010) em estudo com limoeiro na região de Iaçú, BA, encontrou diferença entre a  $r_s$  em plantas submetidas a deficiência hídrica em tratamento PRD, quando observou que plantas com irrigação 100% da  $E_{Tc}$ , apresentaram valor de 3,9 a  $7,3 \text{ s cm}^{-1}$ , enquanto os tratamentos com PRD e deficiência hídrica apresentaram valor de 7,3 a  $21,8 \text{ s cm}^{-1}$ , resultados diferentes do encontrado nesse trabalho que a irrigação plena apresentou maior resistência.



**Figura 3.** Resistência estomática ( $r_s$ ) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], sobre limoeiro híbrido trifoliado HTR-069, implantado em abril de 2014. Irrigada com diferentes manejos de irrigação, tratamento irrigado com 100% da

ETc em uma linha (T1 100% 1Ln), tratamento controle 100% da ETc em duas linhas (T2 100% 2Ln), 50% da ETc em uma linha (T3 50% 1Ln), 50% da ETc em duas linhas (T4 50% 2Ln), 50% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T5 PRD 50%) e 100% da ETc em uma linha à 0,5 metro da caule da planta, com uma lâmina de 100% de excesso aplicada do lado oposto, uma vez ao mês (T6 PRD Raiz), no horário de 9h00 às 10h00 em Mocambinho, Jaíba, MG. Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### Temperatura foliar

Houve interação significativa ( $p \leq 0,01$ ) entre orientação (leste e oeste) e épocas de avaliação para a temperatura foliar ( $T_f$ ). Houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) para a orientação da folha na planta (leste e oeste). Foi significativo o efeito isolado manejo de irrigação ( $p < 0,01$ ) e épocas de avaliação ( $p < 0,01$ ), como pode ser observado na [Tabela 4](#).

**Tabela 4.** Temperatura foliar ( $T_f$ ) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], em diferentes manejos de irrigação e diferentes épocas de avaliação, em Jaíba, MG.

FV	GL	Tf (°C)
		QM
Manejo de irrigação	5	25,24**
Época	3	1075,00**
Orientação	1	408,94**
Bloco	3	13,02 <sup>ns</sup>
Manejo irrig.x Época	15	10,03 <sup>ns</sup>
Manejo irrig. x Orient	5	8,97 <sup>ns</sup>
Época x Orient	3	34,68**
Manejo irrig. x Orient x Época	15	10,37 <sup>ns</sup>
Residuo	141	7,84
T1 100% 1Ln		29,86 b
T2 100% 2Ln		30,39 b
T3 50% 1Ln		30,88 ab
T4 50% 2Ln		31,29 ab
T5 PRD 50%		32,44 a
T6 PRD Raiz		30,62 ab
Média		30,91
CV (%)		9,06

\*\* , \* e ns, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F da análise de variância. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Com relação ao manejo de irrigação, as maiores temperaturas foram observadas nos tratamentos com déficit hídrico de 50%, com destaque para o T5 PRD 50% com 32,44 °C. As menores temperaturas foram observadas no T1 100% 1Ln (29,86°C), indicando o menor estresse para esse tratamento e T2 100% 2Ln que teve a segunda menor temperatura 30,39 °C às 10 horas da manhã. Amplitude de 2,6 °C, entre os tratamentos com déficit hídrico de 50% da ETc e as parcelas sem déficit hídrico.

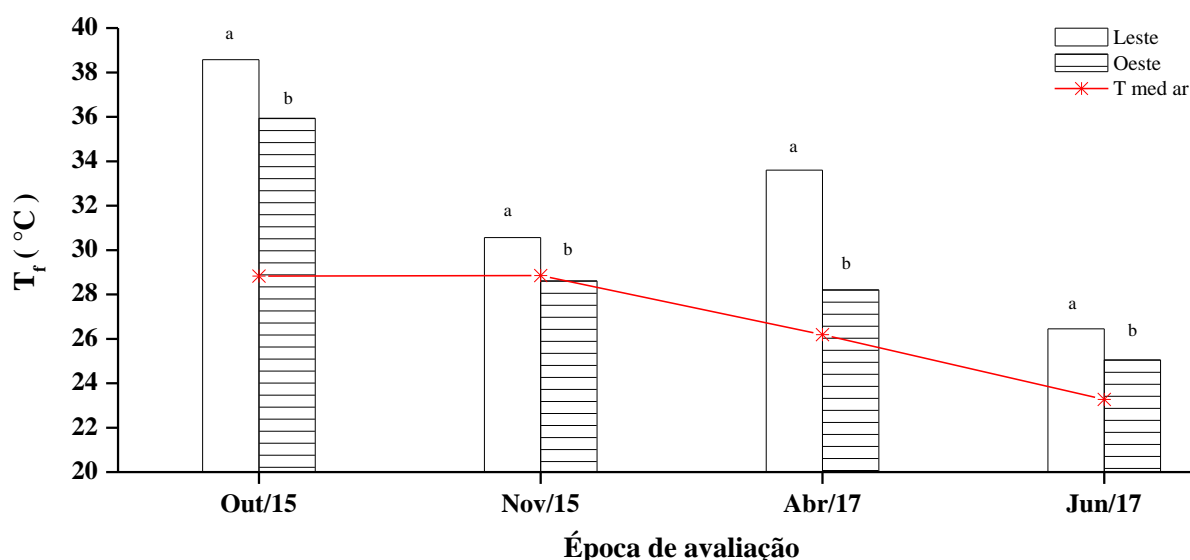
É comum o aumento da temperatura foliar de plantas de citros com limitações hídricas (MACHADO et al., 1994). O aumento de temperatura nos tratamentos de irrigação deficitária é explicado pelo fechamento estomático, mecanismo que a planta utiliza com a finalidade de reduzir a perda de água em forma de vapor para o ambiente e aumentar a eficiência de uso de água, mesmo sob as mesmas condições de demanda atmosférica (ANGELOCCI, 2002). Mecanismo fisiológico importante para a redução do consumo de água pelas plantas, mas deve-se ressaltar que esse efeito minimiza as trocas de calor por meio da vaporização da água, favorecendo o aquecimento da folha e reduzindo a taxa fotossintética (SAMPAIO et al., 2014).

Um efeito importante da elevação da temperatura foliar está relacionado à estabilidade da membrana celular pode ser comprometida diante de um estresse provocado por altas temperaturas, pois a excessiva fluidez de lipídeos da membrana a altas temperaturas, está relacionada a perda de função, podendo chegar a modificar a composição e estrutura da membrana (TAIZ & ZEIGER, 2004).

Machado et al. (1994) afirmam que plantas de citros com limitações hídricas comumente ocorre aumento da  $T_f$  em relação à temperatura média do ar em condições controladas, o mesmo efeito pode ser observado na Figura 4, em todas as épocas de avaliação, com exceção de novembro de 2015, mesmo em condições de campo, quando a temperatura foliar do lado oeste da copa foi inferior à temperatura média do ar com diferente estatisticamente da temperatura foliar da orientação leste da copa da planta.

Observou-se que a temperatura foliar às 10 horas da manhã, foi diferente estatisticamente entre as orientações leste e oeste, com as médias de leste sendo as maiores. Isso pode ser explicado pelo maior incidência de raios solares diretamente na folha, nesse lado da copa (nascente), no horário das avaliações, devido a influência não só da temperatura

média do ar, mas também da incidência direta de luz nas leituras do termômetro de infravermelho utilizado nas avaliações.



**Figura 4.** Temperatura foliar ( $T_f$ ) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], sobre limoeiro híbrido trifoliado HTR-069, implantado em abril de 2014. Irrigada com diferentes manejos de irrigação, tratamento irrigado com 100% da ETc em uma linha (T1 100% 1Ln), tratamento controle 100% da ETc em duas linhas (T2 100% 2Ln), 50% da ETc em uma linha (T3 50% 1Ln), 50% da ETc em duas linhas (T4 50% 2Ln), 50% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T5 PRD 50%) e 100% da ETc em uma linha à 0,5 metro da caule da planta, com uma lâmina de 100% de excesso aplicada do lado oposto, uma vez ao mês (T6 PRD Raiz), no horário de 10h00 às 11h00 em Mocaminho, Jaíba, MG. Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

### Potencial hídrico foliar

Os valores de potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) da lima ácida ‘Tahiti’ apresentaram efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) entre os manejos de irrigação, ao meio dia (Tabela 5). Diferentemente da avaliação feita às cinco da manhã, que não foi significativa estatisticamente.

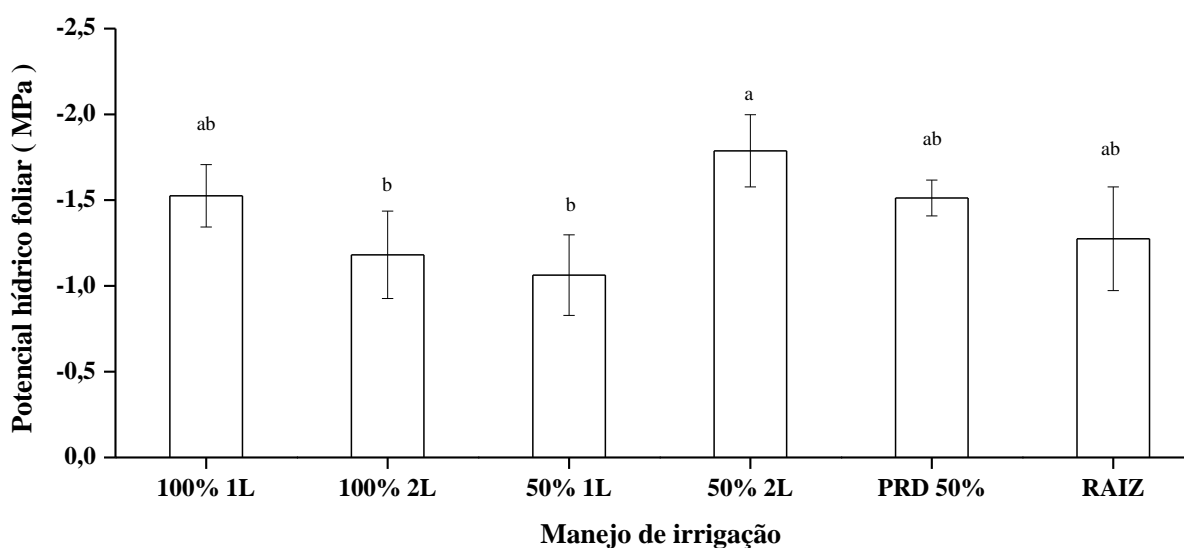
**Tabela 5.** Análise de variância do potencial hídrico foliar da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], às 5h00 e 12h00, em 14 de Setembro de 2015, 18 meses após o transplante em Jaíba, MG.

FV	GL	$\Psi_w$ (MPa)	$\Psi_w$ (MPa)
		5h00	12h00
QM			
Manejo de irrigação	5	0,01 <sup>ns</sup>	0,56 <sup>**</sup>

Bloco	3	0,05**	0,22 <sup>ns</sup>
Orientação	1	0,00 <sup>ns</sup>	1,15**
Manejo irrig. x Orient	5	0,01 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>
Residuo	33	0,00	0,12
T1 100% 1Ln		- 0,28	- 1,52 ab
T2 100% 2Ln		- 0,28	- 1,18 b
T3 50% 1Ln		- 0,33	- 1,06 b
T4 50% 2Ln		- 0,30	- 1,78 a
T5 PRD 50%		- 0,38	- 1,51 ab
T6 PRD Raiz		- 0,33	- 1,27 ab
Média		- 0,32	- 1,39
CV (%)		29,28	25,49

\*\* e \* significativo a 1% e 5%, ns: não significativo pelo teste F da análise de variância. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O menor potencial hídrico foliar observado foi - 1,78 MPa ao meio dia no T4 50% 2Ln (Figura 5), corroborando com Simões (2007), que estudando plantas adultas de lima ácida “tahiti” na mesma região encontrou o valor de - 2,3 MPa, às 11 horas.



**Figura 5.** Potencial hídrico foliar ( $\Psi_w$ ) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], sobre limoeiro híbrido trifoliado HTR-069, implantado em abril de 2014. Irrigada com diferentes manejos de irrigação, tratamento irrigado com 100% da ETc em uma linha (T1 100% 1Ln), tratamento controle 100% da ETc em duas linhas (T2 100% 2Ln), 50% da ETc em uma linha (T3 50% 1Ln), 50% da ETc em duas linhas (T4 50% 2Ln), 50% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T5 PRD 50%) e 100% da ETc em uma linha à 0,5 metro da caule da planta, com uma lâmina de 100% de excesso aplicada do lado oposto, uma vez ao mês (T6 PRD Raiz), medida em 6 de Abril de 2017, 3 anos após o transplante, às 12h00 em Mocaminho, Jaíba, MG. Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## Teor relativo de água na folha

Não houve efeito significativo para os valores de teor relativo de água na folha (TRA) como pode ser observado na [Tabela 6](#). O tratamento de irrigação com déficit hídrico T5 PRD 50%, apresentou o menor teor relativo de água na folha e o maior TRA foi observado no T6 PRD Raiz com 72,28%.

**Tabela 6.** Análise de variância do teor relativo de água na folha (TRA) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], às 11 horas no dia 06 de abril de 2017, em Jaíba, MG.

FV	GL	TRA (%)
QM		
Manejo de irrigação	5	5,99 <sup>ns</sup>
Bloco	3	4,74 <sup>ns</sup>
Resíduo	15	7,05
T1 100% 1Ln		70,76
T2 100% 2Ln		70,30
T3 50% 1Ln		69,98
T4 50% 2Ln		71,90
T5 PRD 50%		69,01
T6 PRD Raiz		72,28
Média		70,70
CV (%)		3,76

\*\* e \* significativo a 1% e 5%, ns: não significativo pelo teste F da análise de variância. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## Variáveis biométricas

### Área foliar

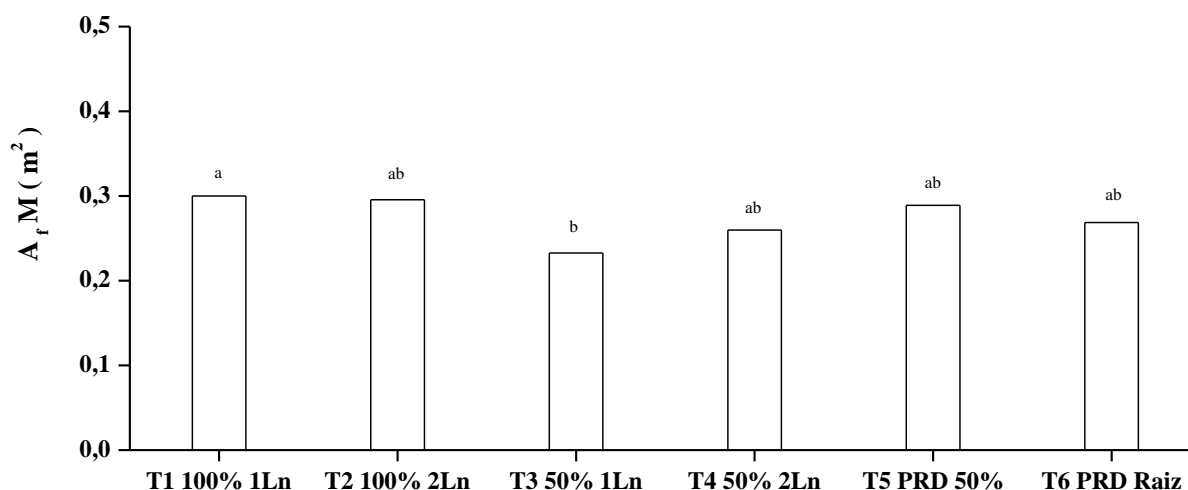
Houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) para área foliar média ( $A_fM$ ) (obtida partir da medição da área foliar de 10% das folhas) dos tratamentos de irrigação, pela análise de variância ([Tabela 7](#)). Diferentemente dos valores de área foliar média, os valores de área foliar total, não apresentaram efeito significativo pelo teste F da análise de variância.

**Tabela 7.** Análise de variância das variáveis de crescimento acumulado da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], Área foliar total ( $A_fT$ ) e Área foliar média ( $A_fM$ ), em 14 de Setembro de 2015, 18 meses após o transplântio em Jaíba, MG.

FV	GL	$A_fT$ (m <sup>2</sup> )	$A_fM$ (m <sup>2</sup> )
<b>QM</b>			
Manejo de irrigação	5	2,5285 <sup>ns</sup>	33,2222 <sup>*</sup>
Bloco	4	6,7158 <sup>ns</sup>	17,2911 <sup>ns</sup>
Residuo	20	4,6150	10,4413
CV (%)		31,75	11,78

\*significativo a 5% de probabilidade. ns: não significativo pelo teste F da análise de variância.

Com uma média de 0,30 m<sup>2</sup>, o tratamento T1 100% 1Ln foi o que apresentou maior área foliar média (Figura 6), e a menor  $A_fM$  foi observada no tratamento T3 50% 1Ln com 0,23 m<sup>2</sup>. Os demais tratamentos foram estatisticamente iguais e não diferiram estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). As plantas irrigadas com déficit de 50% em duas linhas foram estatisticamente iguais ao tratamento com lâmina de 100% em duas linhas de gotejamento, mesmo com valores inferiores, isso pode ter ocorrido devido a baixa resposta fisiológica da planta em área foliar, com idade de 18 meses após o transplântio, pois a aplicação de lâmina de irrigação duas vezes maior, não resultou no dobro de área foliar média.



**Figura 6.** Área foliar média ( $A_fM$ ) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], sobre limoeiro híbrido trifoliado HTR-069, implantado em abril de 2014. Irrigada com diferentes manejos de irrigação, tratamento irrigado com 100% da ETc em uma linha (T1 100% 1Ln), tratamento controle 100% da ETc em duas linhas (T2 100% 2Ln), 50% da ETc em uma linha (T3 50% 1Ln), 50% da ETc em duas linhas (T4 50% 2Ln), 50% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T5 PRD 50%) e 100% da ETc em uma linha à 0,5 metro da caule da planta, com uma lâmina de 100% de excesso aplicada do lado oposto, uma vez ao mês (T6 PRD Raiz), medida em 14 de Setembro de 2015, 18 meses após o

transplântio em Mocambinho, Jaíba, MG. Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## Produção de frutos

### Volume de copa e eficiência produtiva

Houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) dos tratamentos para eficiência produtiva (EP), no ano de 2017 (Tabela 8). A eficiência produtiva foi maior devido às maiores colheitas e maiores volumes de copa, o tratamento T5 PRD 50%, apresentou a melhor EP ( $2,38 \text{ kg m}^{-3}$ ), devido à maior produção ( $15,95 \text{ kg planta}^{-1}$ ) e menor volume de copa ( $7,19 \text{ m}^3$ ) nesse ano, por isso é possível afirmar que um volume de copa inferior, promove o aumento da eficiência produtiva (Figura 7). Pode-se inferir que aos três anos, plantas de citros irrigadas com a técnica de secamento parcial de raiz e lâmina de 50% da ETc, apresentaram eficiência produtiva 67% maior que as plantas irrigadas com 100% da ETc em uma linha de irrigação, e 51% maior que a EP das plantas irrigadas com 100% da ETc em duas linhas de gotejamento deixando claro que existe efeito positivo com redução no volume de copa e melhor eficiência produtiva, quando se distribui melhor a lâmina de irrigação em um maior volume de solo mesmo para as irrigações deficitárias.

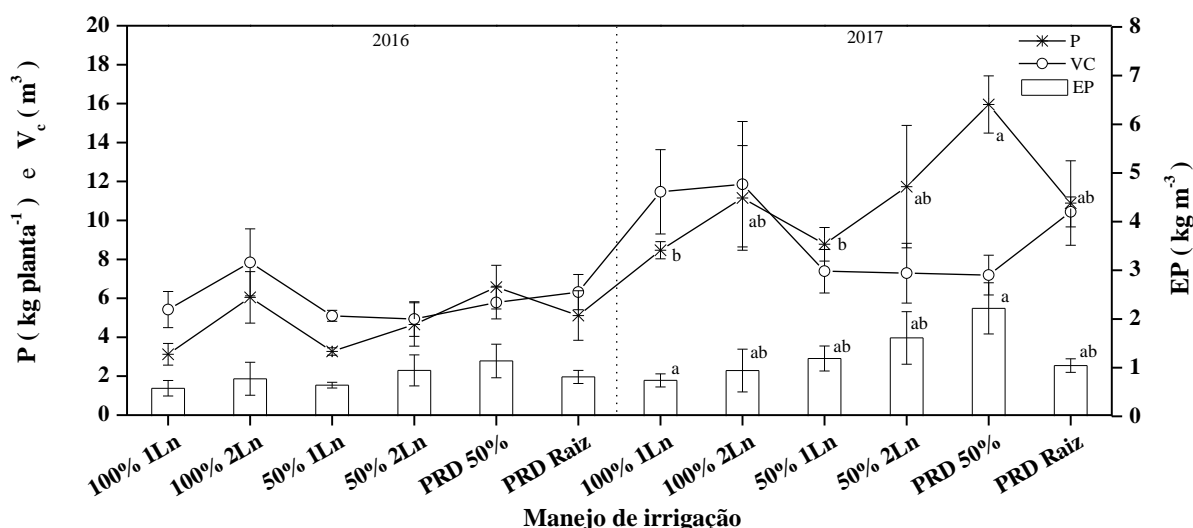
**Tabela 8.** Produção de fruto (P), Volume de copa ( $V_c$ ) e eficiência produtiva (EP) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], em diferentes manejos de irrigação nos anos de 2016 e 2017, em Jaíba, MG.

Manejo de irrigação	P (kg planta <sup>-1</sup> )	V <sub>c</sub> (m <sup>3</sup> )	EP (kg m <sup>-3</sup> )
<b>2016</b>			
T1 100% 1Ln	3,12	5,41	0,62
T2 100% 2Ln	6,04	7,84	0,93
T3 50% 1Ln	3,26	5,09	0,64
T4 50% 2Ln	4,65	4,93	1,04
T5 PRD 50%	6,57	5,78	1,23
T6 PRD Raiz	5,11	6,31	0,79
Média	4,79	5,89	0,87
	*	ns	ns
CV (%)	32,78	27,73	40,04
<b>2017</b>			
T1 100% 1Ln	8,46 b	11,46	0,79 b
T2 100% 2Ln	11,15 ab	11,85	1,17 ab
T3 50% 1Ln	8,77 b	7,38	1,27 ab
T4 50% 2Ln	11,73 ab	7,28	1,79 ab



T5 PRD 50%	15,95 a	7,19	2,38 a
T6 PRD Raiz	10,89 ab	10,44	1,02 ab
Média	11,16	9,27	1,4
	*	ns	*
CV (%)	26,35	34,16	42,13

\*\*, \* e ns, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F da análise de variância. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.



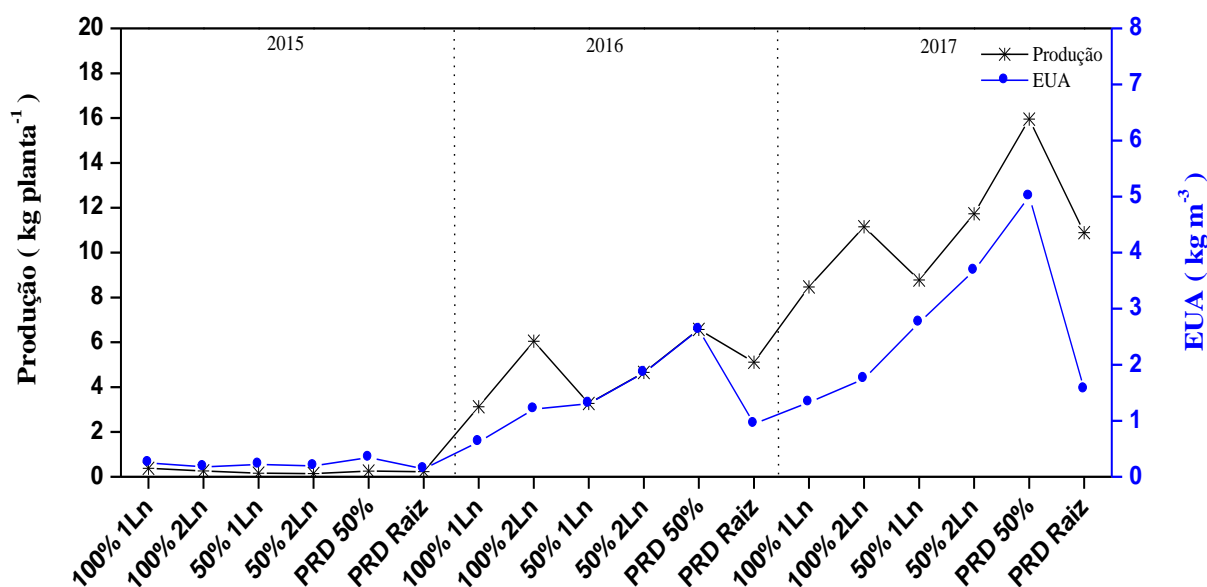
**Figura 7.** Volume de copa (Vc), produtividade (P) e eficiência produtiva (EP) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], sobre limoeiro híbrido trifoliado HTR-069, implantado em abril de 2014. Irrigada com diferentes manejos de irrigação, tratamento irrigado com 100% da ETc em uma linha (T1 100% 1Ln), tratamento controle 100% da ETc em duas linhas (T2 100% 2Ln), 50% da ETc em uma linha (T3 50% 1Ln), 50% da ETc em duas linhas (T4 50% 2Ln), 50% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T5 PRD 50%) e 100% da ETc em uma linha à 0,5 metro da caule da planta, com uma lâmina de 100% de excesso aplicada do lado oposto, uma vez ao mês (T6 PRD Raiz), medidos nos anos de 2016 e 2017 em Jaíba, MG. Médias seguidas pela mesma letra não difere estatisticamente pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

### Eficiência no uso da água

Na [Figura 8](#) estão apresentadas as produções ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) de cada tratamento durante a realização do experimento e a eficiência no uso da água (EUA) em ( $\text{kg m}^{-3}$ ). No ano de 2015, a melhor eficiência no uso da água foi observada em T5 PRD 50% ( $0,34 \text{ kg m}^{-3}$ ), mesmo com uma lâmina de irrigação de 50% menor que a necessidade hídrica da planta ([CASTEL, 1994](#)). Valores baixos de produção pois a planta está iniciando sua produção.

No ano de 2016, segundo ano de avaliação o tratamento com irrigação deficitária em 50% da ETc T5 PRD 50%, com  $28,07 \text{ fruto planta}^{-1}$  ( $p \leq 0,01$ ), foi o mais produtivo e

apresentou EUA de  $2,62 \text{ kg m}^{-3}$ , se comparado ao tratamento T1 100% 1Ln que apresentou a menor produção  $12,41 \text{ fruto planta}^{-1}$  e menor eficiência no uso da água  $0,62 \text{ kg m}^{-3}$ , mostrando o efeito positivo da distribuição da água no solo, pois o tratamento de irrigação com 100% da ETc, concentrado em uma linha apresentou produção menor que o irrigado com duas linhas  $47,81 \text{ fruto planta}^{-1}$ , mesmo esse não sendo diferente dos demais, estatisticamente. O ano de 2017 foi o que apresentou maior estabilidade de produção com o T5 PRD 50% sendo o mais produtivo e com maior eficiência no uso da água.



**Figura 8.** Produtividade (P) e eficiência produtiva no uso da água (EUA) da laranja ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], sobre limoeiro híbrido trifoliado HTR-069, implantado em abril de 2014. Irrigada com diferentes manejos de irrigação, tratamento irrigado com 100% da ETc em uma linha (T1 100% 1Ln), tratamento controle 100% da ETc em duas linhas (T2 100% 2Ln), 50% da ETc em uma linha (T3 50% 1Ln), 50% da ETc em duas linhas (T4 50% 2Ln), 50% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T5 PRD 50%) e 100% da ETc em uma linha à 0,5 metro da caule da planta, com uma lâmina de 100% de excesso aplicada do lado oposto, uma vez ao mês (T6 PRD Raiz), medidos nos anos de 2015, 2016 e 2017 em Jaíba, MG.

Houve efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) das estratégias de manejo de irrigação no peso total de fruto (PTF) e número de frutos (NF), na produção total de frutos (Tabela 9).

No ano de 2015, primeiro ano de avaliação os tratamentos com irrigação deficitária em 50% da ETc, tiveram baixa floração e consequentemente menor número de frutos,

refletindo na produtividade das plantas como pode-se observar nos tratamentos T4 50% 2Ln (0,14 kg planta<sup>-1</sup>) e T3 50% 1Ln (0,16 kg planta<sup>-1</sup>) que apresentaram as menores produtividades durante esse ano, na fase inicial de produção das plantas (Tabela 10), contudo as produções do referido ano, não apresentaram efeito significativo. A maior produção foi observada no tratamento T1 100% 1Ln (0,37 kg planta<sup>-1</sup>), corroborando com o desempenho de planta observado por [Coelho filho et al. \(2009\)](#).

No ano de 2016, segundo ano de avaliação o tratamento com irrigação deficitária em 50% da ETc T5 PRD 50%, com 28,07 fruto planta<sup>-1</sup> ( $p \leq 0,01$ ), foi o mais produtivo e apresentou EUA de 2,62 kg m<sup>-3</sup>, se comparado ao tratamento T1 100% 1Ln que apresentou a menor produção 12,41 fruto planta<sup>-1</sup> e menor eficiência no uso da água 0,62 kg m<sup>-3</sup>, mostrando o efeito positivo da distribuição da água no solo, pois o tratamento de irrigação com 100% da ETc, concentrado em uma linha apresentou produção menor que o irrigado com duas linhas 47,81 fruto planta<sup>-1</sup>, mesmo esse não sendo diferente dos demais, estatisticamente.

No ano de 2017, terceiro ano de avaliação o tratamento com irrigação deficitária em 50% com PRD, permaneceu sendo o mais produtivo com 15,95 kg planta<sup>-1</sup> ( $p \leq 0,05$ ), e EUA de 5,0 kg m<sup>-3</sup>, se comparado ao tratamento T1 100% 1Ln que apresentou a menor produção 8,46 kg planta<sup>-1</sup> e menor eficiência no uso da água 1,32 kg m<sup>-3</sup>, mostrando o efeito positivo da distribuição da água no solo, pois o tratamento de irrigação com 100% da ETc, concentrado em uma linha apresentou produção menor que o irrigado com duas linhas T2 100% 2Ln com produção de 11,15 kg planta<sup>-1</sup> e EUA de 1,74 kg m<sup>-3</sup>, diferentes, estatisticamente. Nesse ano, os tratamentos com irrigação deficitária tiveram os maiores valores de eficiência no uso da água, mostrando uma boa capacidade de adaptação das plantas ao longo do tempo. [Cruz et al. \(2005\)](#), ao estudar um pomar de laranja ‘Valencia’, enxertada sobre limoeiro cravo, aos 11 anos de idade que apresentou eficiência no uso da água entre 1,57 e 4,53 kg m<sup>-3</sup>.

Em termos gerais, considerando a produção total de frutos após dois anos de avaliação, o tratamento com 50% da ETc, com o uso da técnica PRD apresentou a maior produção 22,78 kg planta<sup>-1</sup>, se comparado ao tratamento com 50% da ETc em uma linha de gotejamento 12,20 kg planta<sup>-1</sup> e o tratamento T1 100% 1Ln (11,97 kg planta<sup>-1</sup>) resultado significativo ( $p \leq 0,05$ ). Isso indica que não é interessante irrigar grandes volumes de água de forma localizada devido a característica que o solo arenoso possui de perder água facilmente por percolação, desta forma há um efeito positivo na distribuição da lâmina em um maior volume de solo, com produtividades superiores 52%, 27% e 31% em comparação as manejos de irrigação T5 PRD 50%, T3 50% 2Ln (16,53 kg planta<sup>-1</sup>) e T2 100% 2Ln (17,46 kg planta<sup>-1</sup>), respectivamente.

**Tabela 9.** Análise de variância da produtividade acumulada da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], peso total de fruto (PTF), número total de fruto (NTF) e peso médio de fruto (PMF) no período de novembro de 2015 à novembro de 2017 em Jaíba, MG.

FV	GL	PTF (kg planta <sup>-1</sup> )	NTF (fruto planta <sup>-1</sup> )	PMF (kg fruto <sup>-1</sup> )
<b>QM</b>				
Manejo de irrigação	5	63,14*	1115,18*	0,00 <sup>ns</sup>
Bloco	3	62,21*	1064,50*	0,00 <sup>ns</sup>
Resíduo	20	16,22	275,81	0,00
CV (%)		24,87	24,52	7,40

\*\* e \* significativo a 1% e 5%, ns: não significativo pelo teste F da análise de variância.

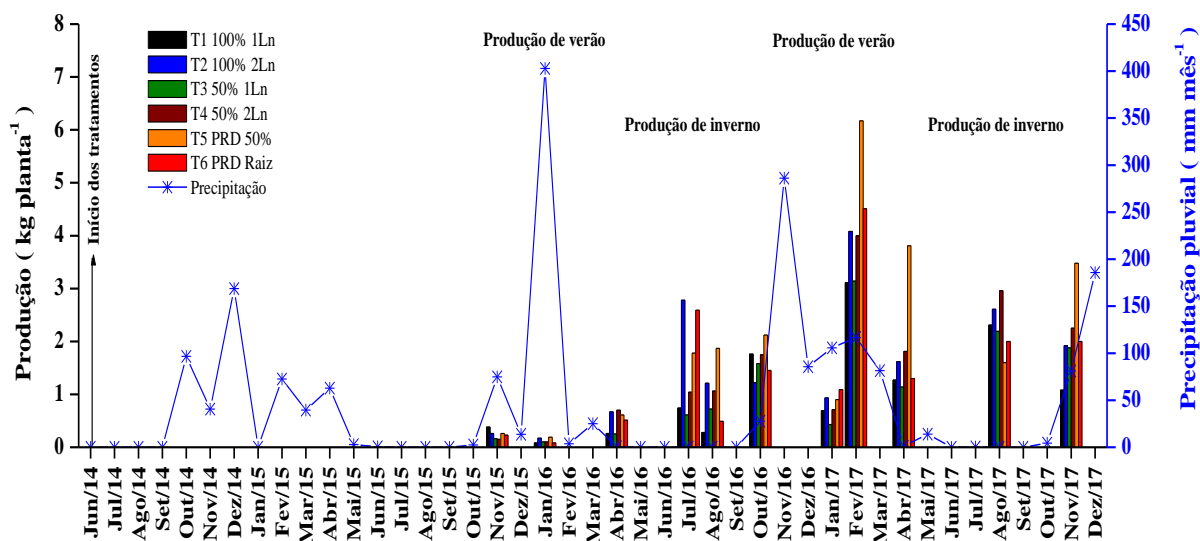
**Tabela 10.** Número de frutos (NF), peso médio de fruto (PMF), produção de fruto por planta (PTF), produtividade (P), irrigação acumulada (Irrig.) e eficiência no uso da água (EUA) da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], em diferentes manejos de irrigação. No período de novembro de 2015 à novembro de 2017, em Jaíba, MG.

Manejo de irrigação	NF (fruto planta <sup>-1</sup> )	PMF (kg fruto <sup>-1</sup> )	PTF (kg planta <sup>-1</sup> )	P (t ha <sup>-1</sup> )	Irrigação (m <sup>3</sup> pla <sup>-1</sup> )	EUA (kg m <sup>-3</sup> )
<b>2015</b>						
T1 100% 1Ln	1,45	0,083	0,37	0,11	1,5	0,25
T2 100% 2Ln	1,11	0,055	0,26	0,08	1,5	0,17
T3 50% 1Ln	0,61	0,057	0,16	0,05	0,8	0,21
T4 50% 2Ln	0,55	0,044	0,14	0,04	0,8	0,19
T5 PRD 50%	1,09	0,073	0,26	0,08	0,8	0,34
T6 PRD Raiz	0,96	0,073	0,23	0,07	1,6	0,14
Média	0,96	0,064	0,24	0,07	1,16	0,21
	ns	ns	ns	ns		
CV (%)	126,02	52,24	125,39	125,39		
<b>2016</b>						
T1 100% 1Ln	12,41 b	0,073	3,12	0,97	5,0	0,62
T2 100% 2Ln	25,31 ab	0,078	6,04	1,89	5,0	1,20
T3 50% 1Ln	14,14 ab	0,070	3,26	1,02	2,5	1,30
T4 50% 2Ln	19,89 ab	0,074	4,65	1,45	2,5	1,85
T5 PRD 50%	28,07 a	0,076	6,57	2,05	2,5	2,62
T6 PRD Raiz	20,11 ab	0,077	5,11	1,59	5,4	0,94
Média	19,99	0,075	4,79	1,49	3,81	1,42
	**	ns	*	*		
CV (%)	31,10	11,32	32,78	32,78		
<b>2017</b>						
T1 100% 1Ln	35,55 b	0,074	8,46 b	2,64 b	6,4	1,32
T2 100% 2Ln	47,81 ab	0,074	11,15 ab	3,48 ab	6,4	1,74
T3 50% 1Ln	36,97 ab	0,077	8,77 b	2,74 b	3,2	2,75
T4 50% 2Ln	49,59 ab	0,075	11,73 ab	3,66 ab	3,2	3,67
T5 PRD 50%	65,98 a	0,076	15,95 a	4,98 a	3,2	5,00
T6 PRD Raiz	44,77 ab	0,076	10,89 ab	3,4 ab	7,0	1,56
Média	46,78	0,075	11,16	3,48	4,9	2,67

	*	*	*	*		
CV (%)	27,00	2,32	26,35	26,35		
<b>Total</b>						
T1 100% 1Ln	49,42 b	0,074	11,97 b	3,74 b	12,9	0,92
T2 100% 2Ln	74,24 ab	0,074	17,46 ab	5,45 ab	12,9	1,35
T3 50% 1Ln	51,72 b	0,072	12,20 b	3,81 b	6,4	1,89
T4 50% 2Ln	70,04 ab	0,071	16,53 ab	5,16 ab	6,4	2,56
T5 PRD 50%	95,14 a	0,076	22,78 a	7,12 a	6,4	3,53
T6 PRD Raiz	65,85 ab	0,076	16,23 ab	5,07 ab	14,0	1,16
Média	67,74	0,074	16,20	5,06	9,83	1,90
	*	ns	*	*		
CV (%)	24,52	7,4	24,87	24,87		

\*\* , \* e ns, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F da análise de variância. Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

Na [Figura 9](#) estão apresentadas as produções ( $\text{kg planta}^{-1}$ ) de cada tratamento durante a realização do experimento e as precipitações acumuladas ( $\text{mm mês}^{-1}$ ). A época do verão caracterizou-se como o período de maior acúmulo de chuva. A produção do verão, no período de julho a fevereiro de 2017 foram as maiores, com destaque para o tratamento PRD 50% que teve a maior média de produção de frutos, chegando a aproximadamente  $6 \text{ kg planta}^{-1}$ . Houve concentração de florada setembro e outubro de 2016 e alta precipitação pluvial no mês de novembro de 2016, que pode justificar as colheitas expressivas de janeiro e fevereiro de 2017. Os períodos de déficit hídrico são favoráveis à produção de citros em regiões semiáridas, pois favorece a concentração de florada segundo [Silva \(2005\)](#).



**Figura 9.** Produção e precipitação pluvial mensal durante o período experimental da limeira ácida ‘Tahiti’ [*Citrus latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka], sobre limoeiro híbrido trifoliado HTR-069, implantado em abril de 2014. Irrigada com diferentes

manejos de irrigação, tratamento irrigado com 100% da ETc em uma linha (T1 100% 1Ln), tratamento controle 100% da ETc em duas linhas (T2 100% 2Ln), 50% da ETc em uma linha (T3 50% 1Ln), 50% da ETc em duas linhas (T4 50% 2Ln), 50% da ETc com alternância dos lados da irrigação a cada 15 dias (T5 PRD 50%) e 100% da ETc em uma linha à 0,5 metro da caule da planta, com uma lâmina de 100% de excesso aplicada do lado oposto, uma vez ao mês (T6 PRD Raiz), medida de junho de 2014 a dezembro de 2017 em Jaíba, MG.

## CONCLUSÕES

- A irrigação deficitária em 50% da ETc, induziu uma menor área foliar média.
- A irrigação com 50% da ETc, usando a técnica PRD (15 dias) apresentou a maior produção 22,78 kg planta<sup>-1</sup> e a melhor eficiência no uso da água 3,53 kg m<sup>-3</sup>.
- A irrigação com (PRD e lâmina de 50% da ETc, apresentaram eficiência produtiva 67% maior que as plantas irrigadas com 100% da ETc em uma linha de irrigação.
- Não é interessante irrigar grandes volumes de água com limitada distribuição no solo, pois uma maior distribuição da lâmina em um maior volume de solo, pode proporcionar produtividades até 52% superiores, considerando as condições de cultivo em neossolo quartzarênico.

## LITERATURA CITADA

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration – guidelines for computing crop water requirements. FAO – Rome. 208p. 1998. (Irrigation and Drainage paper, 56).
- ANGELOCCI, L. R. Água na planta e trocas gasosas/energéticas com a atmosfera: Introdução ao tratamento biofísico. Piracicaba, SP: O autor, 268p. 2002.
- CASTEL, JR. Response of young Clementine citrus trees to drip irrigation. I – Irrigation amount and number of drippers. *Journal of Horticultural Science*, v.69, p.481-489. 1994.
- COELHO FILHO, M. A.; ANGELOCCI, L. R.; VILLA NOVA, N. A.; COELHO, E. F. Avaliação de métodos diretos e indiretos na estimativa de área foliar em árvores de lima ácida ‘Tahiti’. (Compact disc). In: Congresso nacional de irrigação e drenagem, 13, 2003, Juazeiro. Anais. Juazeiro, BA: ABID, 2003. (CD-Rom).
- COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; OLIVEIRA, V. V. M.; VELAME, L. M.; SANTANA, J. A. V. Manejo de irrigação com déficit (prd) em pomar de manga ‘kent’ no semi-árido baiano. Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 2009, Belo Horizonte - MG.
- CRUZ, A. C. R.; LIBARDI, P. L.; ROCHA, G. C. R.; CARVALHO, L. A.; Evapotranspiração real de uma cultura de laranja em produção num latossolo vermelho-amarelo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.29, p.659-668, 2005.
- DAVIES, W. J.; WILKINSON, S.; LOVEYS, B. Stomatal control by chemical signalling and the exploitation of this mechanism to increase water use efficiency in agriculture. *New Phytologist*, v.153, p.449-460, 2002.
- DONATO, S. L. R.; PEREIRA, C. S.; BARROS, Z. J.; SIQUEIRA, D. L.; SALOMÃO, L. C. C. Respostas de combinações de variedades copa e porta-enxerto de citros à deficiência hídrica. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, v.42, n.10, p.1507-1510, out. 2007.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Crop water requirement. Rome: FAO, 144p. 1977. (Irrigation and Drainage, 24).
- DRY, P. R.; LOVEYS, B. R. Factors influencing grapevine vigour and the potential for control with partial rootzone drying. *Australian Journal of Grape and Wine Research*. v.4, p.140-148, 1998.



- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306p. 2006.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, nov./dez. 2011.
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. Sprinkle and trickle irrigation. New York: Avibook, 649p, 1990.
- KRAMER, P. J. Water relations of plants. New York: Academic Press, 489p. 1983.
- MACHADO, E. C.; QUAGGIO, J. A.; LAGOA, A. M. M. A.; TICELLI, M.; FURLANI, P. R. Trocas gasosas e relações hídricas em laranjeiras com clorose variegada dos citros. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, Campinas, v.6, n.1, p.53-57, 1994.
- POMPEU JÚNIOR, J. Porta-enxertos. In: RODRIGUES, O.; VIEGAS, F. C.; POMPEU JÚNIOR, J.; AMARO, A. A. (Ed.). *Citricultura Brasileira*. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, v.1, p.265-280. 1991.
- RAIJ, B. V.; SILVA, N. M.; BATAGLIA, O. C. Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo, 107p. 1992. (Boletim Técnico).
- RAVEH, E. Partial Root-Zone Drying as a Possible Replacement for 'Verdelli' Practice In Lemon Production. *Acta Horticulturae: V International Symposium on Irrigation of Horticultural Crops*. Ed. I. Goodwin. Cidade Mildura, Australia, 30 June 2008.
- SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; DANIEL, R. Indicadores fisiológicos da lima ácida 'Tahiti' submetida à irrigação deficitária com secamento parcial de raiz. *Irriga*, Botucatu. v.19, n.2, p.292-301, 2014.
- SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; DANIEL, R.; MACHADO, V. V.; CARVALHO, G. C.; SANTANA JUNIOR, E. B. Déficit hídrico e secamento parcial do sistema radicular em pomar de lima ácida. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. v.45, n.10, p.1141-1148, 2010.
- SILVA, C. R. Evapotranspiração e desenvolvimento de limeira ácida 'Tahiti' na ausência e presença de estresse hídrico. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba. 85p. 2005.
- SIMÕES, W. L. Influência de diferentes disposições de microaspersores na extração de água do solo e nas características morfofisiológicas do *citrus latifolia* tanaka sobre o porta-enxerto *citrus limonia* osbeck. Viçosa, MG, 114p. 2007. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3. Ed. Porto Alegre: Artmed, 719p. 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia Vegetal. Redwood City: Benjamin/Cummings. 565p. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Plant physiology. Sunderland: Sinauer Associates, 798p. 2002.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista a tendência de diminuição da água de boa qualidade, e sabendo-se que este é um insumo indispensável para o desenvolvimento da agricultura, é necessário fazer uso de forma cada vez mais consciente, por isso a economia de uso da água é fator primordial e precisa de contínua discussão tanto no meio acadêmico quanto no setor de produção agrícola. O domínio das informações edafoclimáticas e uso de alternativas agronômicas para a melhor eficiência do uso da água como a técnica do secamento parcial de raiz (PRD), aliado aos diversos sistemas de irrigação, podem tornar a agricultura cada vez menos degradante ao meio ambiente e mais viável economicamente, trazendo benefícios ambientais e financeiros a todos os que dependem da agricultura e dos recursos hídricos como meio de sobrevivência.

Como foi possível observar através dos resultados desse trabalho, o uso da técnica do secamento parcial de raiz mostrou-se viável e com resultados satisfatórios nas regiões semiáridas do Brasil, pela sua economia no uso da água, visível através dos valores de eficiência no uso da água, na maior parte das vezes com valores superiores se comparados a outros trabalhos e principalmente quando comparado com resultados obtidos para plantas de limeira ácida 'Tahiti'.

Destaca-se que eficiência no uso da água de  $14,64 \text{ kg m}^{-3}$ , observada em plantas submetidas à irrigação deficitária em 50%, usando a técnica PRD, foi o maior valor dentre todos os manejos de irrigação nos 30 meses de avaliação com plantas adultas de 6 a 7 anos de idade no semiárido da Bahia. E a eficiência no uso da água de  $3,53 \text{ kg m}^{-3}$ , observada em plantas submetidas à irrigação deficitária em 50%, usando a técnica PRD, foi o maior valor dentre todos os manejos de irrigação nos 3 anos iniciais de desenvolvimento de limeira ácida no semiárido de Minas Gerais.