

IRRIGAÇÃO LATERALMENTE ALTERNADA EM LIMA ÁCIDA 'TAHITI' NA REGIÃO NORTE DE MINAS GERAIS

MARCELO ROCHA DOS SANTOS¹; SÉRGIO LUIZ RODRIGUES DONATO¹;
EUGÊNIO FERREIRA COELHO²; ALESSANDRO DE MAGALHÃES ARANTES¹ E
MAURÍCIO ANTÔNIO COELHO FILHO²

¹Instituto Federal Baiano - *Campus* Guanambi, Distrito de Ceraíma, Caixa Postal 009, CEP 46.430-000, marrochas@yahoo.com.br, sergiodonatoeaf@yahoo.com.br, arantes2005@yahoo.com.br

²Embrapa Mandioca e Fruticultura, Rua Embrapa s/n, Caixa Postal 007, CEP 44380-000, Cruz das Almas, BA, eugenio.coelho@embrapa.br, mauricio-antonio.coelho@embrapa.br

1 RESUMO

As condições hídricas do solo e clima alteram as condições hídricas e fisiológicas das plantas, que influenciam o desenvolvimento e a produção. Objetivou-se com este estudo avaliar características fisiológicas, estado nutricional e produtividade em lima ácida 'Tahiti' com irrigação lateralmente alternada (partial rootzone drying – PRD). Nove tratamentos foram constituídos por diferentes reposições de lâmina de água aplicada, conforme a demanda evapotranspirométrica da cultura (ETc) e diferentes frequências de alternância no período compreendido entre a floração e a colheita, em dois ciclos produtivos da cultura, dispostos em delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. O sistema de irrigação utilizado foi por gotejamento com duas linhas laterais e doze gotejadores por planta. Dos nutrientes analisados ficaram abaixo da faixa de suficiência apenas o teor de B nas plantas sob PRD a 50% da ETc e frequência de alternância (FA) de 7 dias, e de B e Mn sob PRD a 50% da ETc e FA de 21 dias e PRD a 75% da ETc e FA de 14 dias. Fotossíntese, transpiração, condutância estomática, concentração interna de CO₂, radiação fotossinteticamente ativa e temperatura foliar variaram com a época e o horário de mensuração. Eficiência de carboxilação, eficiência quântica da fotossíntese e eficiência instantânea de uso da água (EUA) são maximizadas nos meses e horas dos dias com menores temperaturas. A PRD altera a concentração interna de CO₂, transpiração, razão de carboxilação, razão de concentração de CO₂ e produtividade. Há manutenção da produtividade com irrigação alternada a cada sete dias e PRD de 50% da ETc em relação à irrigação plena.

Palavras-chave: *Citrus*, manejo da irrigação, déficit hídrico.

SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; ARANTES, A. M.; COELHO
FILHO, M. A.

PARTIAL ROOTZONE DRYING IN ACID LIME 'TAHITI' IN NORTHERN OF
MINAS GERAIS BRAZIL

2 ABSTRACT

The water conditions of the soil and climate change the water and physiological conditions of plants, influencing their development and production. This study aimed to evaluate gas

exchanges, leaf temperature, nutrient levels in leaves and yield in acid lime ‘Tahiti’ under partial rootzone drying (PRD). Nine treatments were used with different percentages of crop evapotranspiration and different frequencies of alternation, from the beginning of flowering to physiological mature fruits in two productive cycles, arranged in a randomized block design with four replicates. The irrigation system was dripped with two lateral lines per row of plants, with twelve emitters per plant. Only the concentration of B was insufficient in plants under PRD with 50% ETc and frequency of alternation (FA) 7 days, PRD with 50% ETc and FA 21 days PRD and 75% ETc and FA 14 days and Mn for PRD 50% of ETc FA and 21 days PRD and 75% of ETc and FA 14 days. Photosynthesis, transpiration, stomatal conductance, internal CO₂ concentration, photosynthetically active radiation and leaf temperature in Tahiti lime parameters are influenced by the period and time of measurement. The carboxylation efficiency, quantum efficiency of photosynthesis and instantaneous water use efficiency is maximized in the months and hours of days with lower temperatures. The PRD causes changes in internal CO₂ concentration, transpiration, rate of carboxylation, ratio of CO₂ concentration and yield. The highest yield occurred for PRD with 50% of ETc alternating irrigation every seven days in relation to full irrigation.

Keyword: *Citrus*, irrigation management, water deficit.

3 INTRODUÇÃO

De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2014), a lima ácida é produzida em todas as regiões do Brasil, com destaque para a região sudeste, a qual representa 86% da produção nacional, sendo, São Paulo (SP) responsável por 88,55% e Minas Gerais (MG) responsável por 8,47% desta produção. Das 88.329 t produzidas em MG em 2012, 58,81% teve origem na região norte do estado, especificamente nos municípios de Matias Cardoso e Jaíba, região do Jaíba, com produção de 24.000 t e 22.500 t, respectivamente, o que representa 89,51% da produção da região norte de Minas (IBGE, 2014).

Em plantas cítricas a produção e a qualidade dos frutos são afetadas pela irrigação nos períodos de floração e “pegamento” de frutos (Fase I) (DOMINGO et al., 1996), bem como no período de crescimento rápido do fruto (Fase II). O suprimento inadequado de água nas diferentes etapas fenológicas dos citros afeta a qualidade dos frutos, reduz a concentração de sólidos solúveis totais, aumenta a acidez total e o brix do suco (PEREIRA; VILLA NOVA, ALFARO, 2009).

O uso de estratégias de manejo da irrigação que vise o uso eficiente da água com maximização da eficiência de uso da água e da irrigação é fundamental para a sustentabilidade produtiva e ambiental, principalmente em regiões semiáridas, onde a disponibilidade dos recursos hídricos não atende a sua demanda (SANTOS et al., 2014). Entre essas estratégias destacam-se a irrigação lateralmente alternada (PRD) e a irrigação com deficit controlado (RDI) (SAMPAIO et al., 2010; SANTOS et al., 2013; SANTOS; MARTINEZ, 2013; SANTOS et al., 2014).

Diversos estudos (DZIKITI; STEPPE; LEMEURE, 2008; SAMPAIO et al., 2010; SHAHABIAN; SAMAR; EMDAD, 2012) foram empreendidos com irrigação lateralmente alternada (PRD) ou secamento parcial do sistema radicular, a qual consiste na alternância da irrigação em dois lados de uma planta à frequência definida (SAMPAIO et al., 2010), sendo as mais utilizadas as de 7, 14 e 21 dias (KANG; ZANG, 2004).

Essas estratégias de irrigação têm sua utilização ainda reduzida no Brasil. Apesar de alguns trabalhos empreendidos (SAMPAIO et al., 2010; SANTOS et al., 2013; 2014; 2015; SANTOS; MARTINEZ, 2013), há carência de informações precisas em condições específicas de solo, clima e cultura, o que reforça a necessidade da realização de estudos com uso da PRD e RDI, principalmente em região semiárida, que apresenta elevado potencial produtivo quando associado à irrigação.

As condições hídricas do solo e de clima alteram as condições hídricas das plantas, as trocas gasosas e temperatura foliar que influenciam o crescimento, o desenvolvimento e a produção (SANTOS et al., 2013). A PRD baseia em respostas bioquímicas das plantas para equilíbrio vegetativo e reprodutivo através do estresse hídrico, com melhoria da produção por unidade de água aplicada (MCCARTHY et al, 2002). O decréscimo da umidade do solo em lados alternados reduz a fotossíntese e a transpiração da planta, sem ocorrência de sintomas de estresse acentuado (FARIA, 2014). A PRD induziu um maior fechamento estomático em mamoeiro comparado com RDI, para as mesmas tensões de água no solo, devido à influência da parte não irrigada da zona radicular, em que o déficit hídrico induz maior produção de ácido abscísico (LIMA et al., 2015).

Sampaio et al. (2010) verificaram que o déficit de 50% e 75% da lâmina aplicada com PRD, em lima ácida 'Tahiti' enxertada em limão 'Cravo', em Itaberaba, BA, não reduziu a produção de frutos e aumentou a eficiência do uso da água. Em mangueira 'Tommy Atkins', Santos et al. (2013) constataram que o déficit hídrico total ou parcial no solo ocasiona redução na taxa fotossintética, na transpiração e na condutância estomática das folhas e o déficit hídrico parcial não induz alterações na concentração interna de CO₂ e na temperatura foliar.

As técnicas de irrigação RDI e PRD aplicam quantidade de água inferior à evapotranspirada num dado período, com aumento da eficiência de aplicação e redução das perdas por percolação. As produtividades poderão ser inferiores às máximas, desde que em níveis aceitáveis, com economia de água e energia, reduções nos custos operacionais da irrigação, menor lixiviação de produtos químicos e aumento na eficiência de uso da água. Contudo, apesar das evidências em diferentes estudos, as respostas das plantas são controversas (LIMA et al., 2015) e apresentam especificidade de local em função das variações nas interações solo-água-genótipo-atmosfera. Sendo assim, objetivou-se com este estudo avaliar características fisiológicas, estado nutricional e produtividade em lima ácida 'Tahiti' irrigada por gotejamento utilizando a técnica de irrigação lateralmente alternada (PRD).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido num pomar de lima ácida 'Tahiti', *Citrus latifolia*, com cinco anos de idade, com plantas espaçadas de 7 x 5 m, na Fazenda Experimental de Mocambinho, na Epamig, Jaíba, MG à latitude 15° 32' S e longitude 43° 46' W.

O solo é um NEOSSOLO QUARTZARÊNICO distrófico (EMBRAPA, 2013), com 90% de areia, 2% de silte e 8% de argila, com umidades médias de 0,152 e 0,074 cm³ cm⁻³ à -10 kPa e à -1500 kPa, respectivamente. A precipitação, temperatura máxima média, temperatura mínima média, evapotranspiração de referência, umidade relativa média do ar e velocidade do vento ocorridos no período de condução do experimento foram de 1.163,8 mm, 32,66 °C, 19,50 °C, 1.839,4 mm, 64,76% e 0,99 m s⁻¹, respectivamente.

As plantas foram irrigadas por gotejamento com duas linhas laterais por fileira de plantas, com doze gotejadores por planta, sendo seis em cada lado.

O delineamento foi em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, nove tratamentos, estratégias baseadas na irrigação lateralmente alternada (PRD), conforme Dzikiti, Steppe e Lemeur (2008), Sampaio et al. (2010) e Santos et al. (2015), sendo para o ano de 2008, primeiro ciclo de avaliação:

- 1) 25% de redução da lâmina de irrigação (LI) estimada pela evapotranspiração da cultura (ETc) e sete dias de frequência de alternância de lado da planta (FA) na fase de floração (F1), crescimento do fruto (F2) e estabilidade (F3);
- 2) 25% de LI e 14 dias de FA de F1 e F3;
- 3) 50% de LI e 7 dias de FA de F1 a F3;
- 4) 50% de LI e 15 dias de FA de F1 a F3;
- 5) 25% de LI em F1 e F2, 50% de LI em F3 e 7 dias de FA;
- 6) 25% de LI em F1 e F2, 50% de LI em F3 e 15 dias de FA;
- 7) 25% de LI em F1 e 50% de LI em F2 e F3 e 7 dias de FA;
- 8) 25% de LI em F1 e 50% de LI em F2 e F3 e 15 dias de FA e 9) Irrigação plena.

No ano de 2009, segundo ciclo de avaliação, não houve alteração das lâminas nas fases, porém, aumentou-se a frequência, sendo:

- 1 - 50% de LI e 7 dias de FA;
- 2 - 50% de LI e 14 dias de FA;
- 3 - 50% de LI e 21 dias de FA;
- 4 - 50% de LI e 28 dias de FA;
- 5 - 25% de LI e 7 dias de FA;
- 6 - 25% de LI e 14 dias de FA;
- 7 - 25% de LI e 21 dias de FA;
- 8 - 25% de LI e 28 dias de FA e
- 9 - Irrigação plena.

A PRD com 50% da ETc foi obtida com a obstrução de seis gotejadores e a PRD com 75% da ETc com o fechamento de três gotejadores, durante todo o período entre floração e colheita dos frutos.

As lâminas brutas acumuladas aplicadas às diferentes estratégias com PRD, no primeiro ciclo foram: 335,30 mm para as estratégias de irrigação 1 e 2; 223,54 mm para as 3 e 4; 315,19 mm para 5 e 6; 243,65 mm para 7 e 8 e 447,07 mm para a estratégia com irrigação plena 9. No segundo ciclo de avaliação foram 315,54 mm para as estratégias de irrigação 1, 2, 3 e 4; 473,31 mm para as irrigações 5, 6, 7 e 8 e 631,09 mm para irrigação plena 9. Devido a ocorrência de maiores precipitações no ano de 2008, as lâminas aplicadas pelas estratégias de irrigação acumuladas foram menores no primeiro ciclo.

No primeiro ciclo de avaliação, foram determinadas a transpiração (E), $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, a condutância estomática (g_s), em $\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e temperatura foliar (T_{leaf}), em $^{\circ}\text{C}$, em duas épocas, correspondente aos meses de agosto e outubro de 2008, com uso do porômetro Delta T às 16:00, em folhas completamente expandidas em ramos em início de frutificação. No período compreendido entre novembro de 2008 à colheita em janeiro de 2009, não realizaram-se mensurações, pois houve ocorrência de precipitação bem distribuída.

No segundo ciclo de avaliação foram determinadas variáveis fisiológicas, teores de nutrientes nas folhas e produção.

As variáveis fisiológicas foram mensuradas com um analisador de gás a infravermelho (IRGA) modelo Lcpro⁺ Portable Photosynthesis System (ADC BioScientific Limited, UK) com temperatura e irradiância ambiente e fluxo de ar de 200 ml min^{-1} . As mensurações foram iniciadas em folhas do terceiro ou quarto par de folhas, a contar do ápice do ramo, em plantas em estágio de início de frutificação, em dois lados da planta, exposto ao sol e à sombra, em

folhas totalmente expandidas. Foram realizadas mensurações em quatro épocas, correspondentes aos meses de agosto, outubro, novembro e dezembro. Em cada mês as mensurações foram realizadas em três horários, 10:00, 13:00 e 16:00 do dia, com três repetições por folha.

As variáveis fisiológicas mensuradas foram: incidência da radiação na folha (Q_{leaf}) expressa em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de fótons, temperatura foliar (T_{leaf}), concentração interna de CO_2 (C_i), $\mu\text{mol mol}^{-1}$, condutância estomática (g_s), $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, Transpiração (E) $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de H_2O , fotossíntese líquida (A) $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de CO_2 , eficiência intrínseca de uso da água (A/g_s), eficiência instantânea de uso da água (A/E), eficiência de carboxilação (A/C_i), eficiência quântica da fotossíntese (A/Q_{leaf}) e razão entre concentração interna (mesófilo foliar) e externa (ambiente) de CO_2 (C_i/C_{ref}).

As amostragens de folhas para determinação dos teores nutrientes foram realizadas no início de agosto de 2009, período do início de frutificação, em folhas recém maduras, retirando uma folha do 3º ou 4º par de folha, de cada quadrante da planta (N, S, L, O), de cada tratamento (MALAVOLTA, 2006). As amostragens coincidiram com o período de início das avaliações fisiológicas.

Para análise estatística dos dados das características avaliadas adotou-se o seguinte:

- 1) primeiro ciclo de avaliação: a) experimento em DBC com um fator, diferentes PRD, realizou-se análise de variância para os dados de temperatura foliar dentro da copa para as diferentes PRD, temperatura foliar, condutância estomática e transpiração em folhas expostas ao sol mensurados em agosto de 2008 às 16:00; - b) arranjo em esquema fatorial 2×5 , num DBC, duas exposições da folha, exposta ao sol e à sombra e cinco PRD com mensurações realizadas nos horários próximos ao meio dia, em folhas de ramos com lançamento do fruto, em agosto de 2008; c) arranjo em esquema fatorial $2 \times 2 \times 6$, num DBC, dois tipos de folhas, novas e expandidas, duas exposições, exposta ao sol e à sombra e seis PRD, com mensurações em outubro de 2008; nesses casos, submeteram-se os dados às análises de variância conforme os respectivos esquemas e compararam-se as médias pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).
- 2) segundo ciclo de avaliação: a) arranjo em esquema fatorial $4 \times 3 \times 9$, num DBC, quatro épocas de avaliação (meses), três horários de leitura em cada época e nove tipos de irrigação PRD; submeteram-se os dados de T_{leaf} , Q_{leaf} , C_i , g_s , E , A , A/g_s , A/E , A/C_i , A/Q_{leaf} e C_i/C_{ref} à análise de variância e procederam-se o desdobramento das interações conforme a sua significância; compararam-se as médias dessas variáveis pelo teste de Tukey ($P < 0,05$) para os fatores épocas e horários de leitura e agruparam-se as médias pelo critério de Scott-Knott para efeito de irrigação PRD; b) experimento em DBC com um fator, diferentes PRD, os dados de teores de nutrientes na folha e de produtividades foram submetidos à análise de variância e as médias foram agrupadas pelo critério de Scott-Knott ($P < 0,05$).

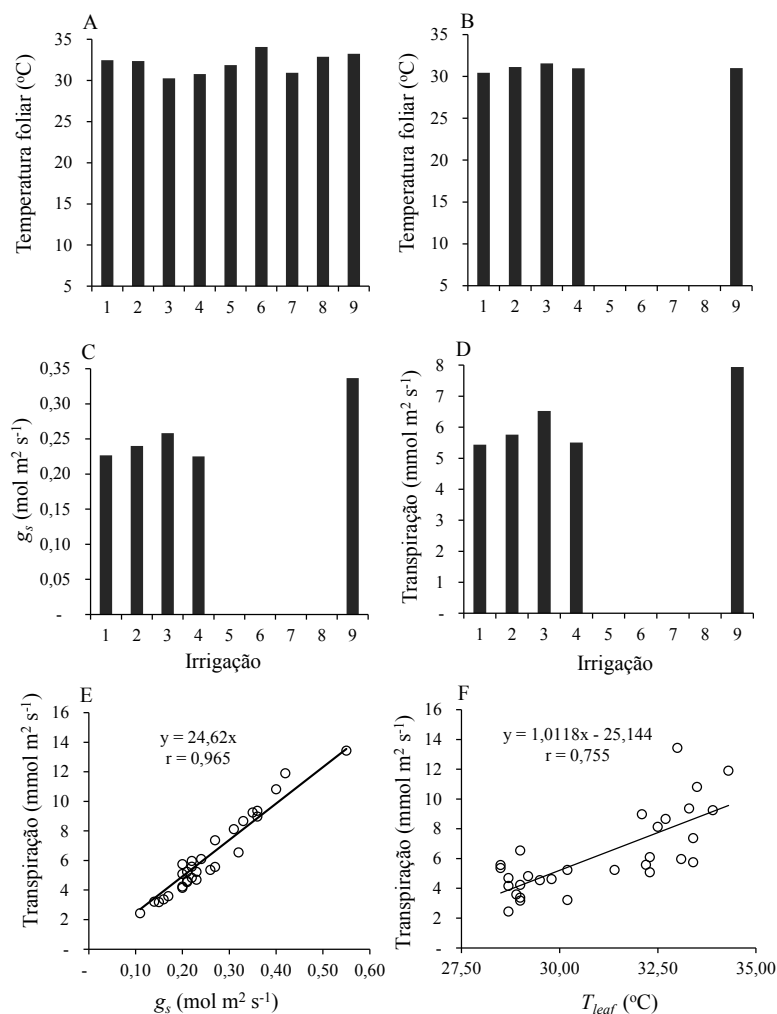
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Primeiro ciclo de avaliação

A redução na irrigação lateralmente alternada (PRD) a 50% da ETc com diferentes frequências de alternância de lado da planta, não influenciou a temperatura foliar (T_{leaf}), a condutância estomática (g_s) e a transpiração (E) em folhas, dentro da copa e exposta ao sol, da lima ácida 'Tahiti' no início da frutificação (Figura 1). Isso pode ser atribuído, possivelmente, pelo fato das mensurações serem realizadas ao final da tarde, horário em que o potencial hídrico foliar volta subir. Aliado a isso, observa-se que a expressão dessas variáveis foi atenuada por

menores temperaturas e radiação, uma vez que elas variam com as condições ambientais, atmosféricas e umidade do solo, no momento em que estão sendo mensuradas, o que pode não refletir com fidelidade o histórico experimentado pela planta (Santos et al., 2013).

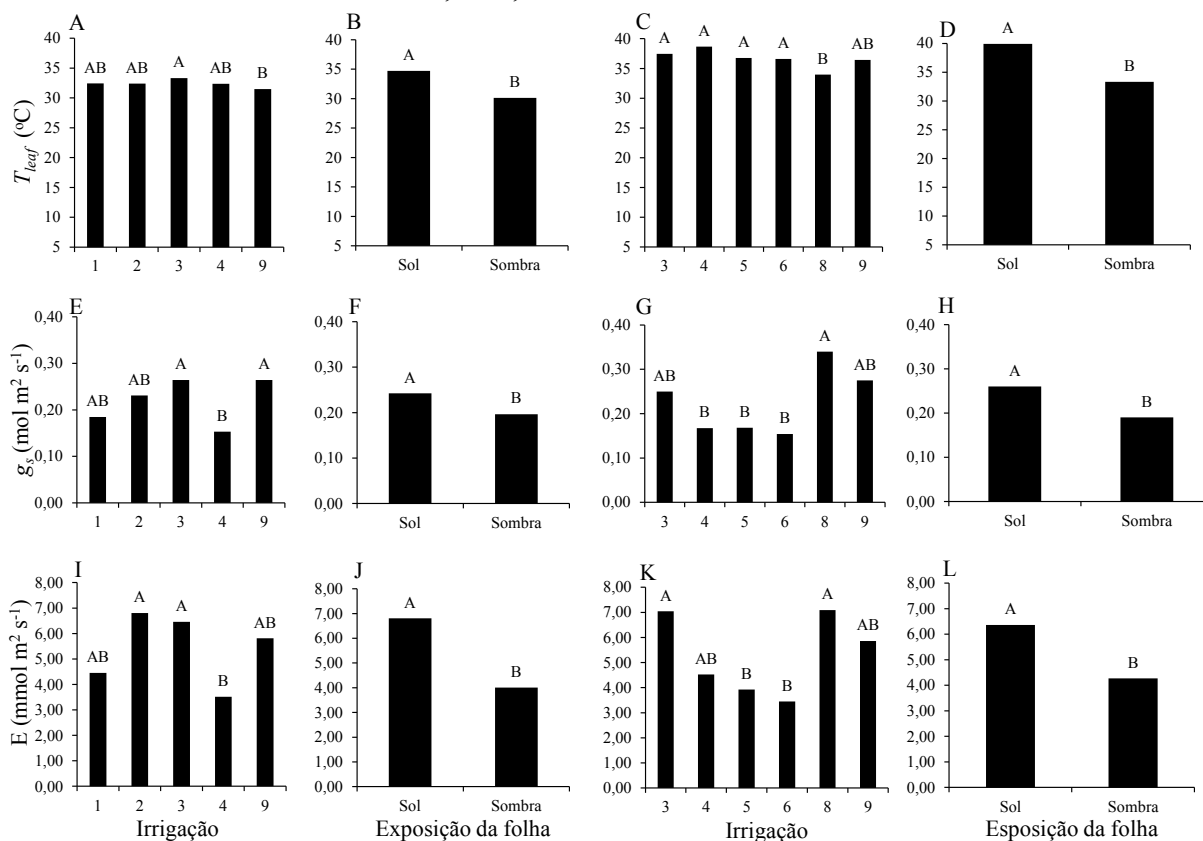
Figura 1. Temperatura foliar (T_{leaf}) dentro da copa (A); Temperatura foliar (T_{leaf}) exposta ao sol (B), condutância estomática, g_s (C); transpiração (D); transpiração em função da g_s (E); e transpiração em função da T_{leaf} (F), em folhas de lima ácida 'Tahiti', Jaíba, MG, 2008.



A transpiração em folhas de lima ácida 'Tahiti' apresentou variação linear direta com condutância estomática e ajustou um modelo linear com temperatura foliar no início da frutificação, no período da tarde (Figura 1E e 1F). Para incrementos unitários em mol m² s⁻¹ na g_s a transpiração aumenta 24,62 mmol m² s⁻¹ de H₂O para intervalo de 0,1 a 0,56 mol m² s⁻¹ na condutância estomática. A transpiração tende a ser mais intensa para maiores valores de temperatura foliar (Figura 1B).

T_{leaf} , g_s e E em mensurações realizadas no período de maior demanda evapotranspirométrica do dia, no início da frutificação e após o pegamento dos frutos variaram de forma independente com as estratégias de irrigação e a exposição da folha (Figura 2).

Figura 2. Temperatura foliar (T_{leaf}) para diferentes PRD (A); Temperatura foliar (T_{leaf}) para duas exposições da folha (B) no início da frutificação e para diferentes estratégias de irrigação lateralmente alternada PRD, (C) e duas exposições da folha (D) após o pegamento dos frutos; condutância estomática - g_s , para diferentes PRD (E) e duas exposições da folha (F) no início da frutificação, e para diferentes PRD (G) e duas exposições da folha (H) após o pegamento dos frutos; transpiração - E , para diferentes PRD (I) e duas exposições da folha (J) no início da frutificação, e para diferentes PRD (K) e duas exposições da folha (L) após o pegamento dos frutos, em lima ácida 'Tahiti'. Jaíba, MG, 2008.



Médias seguidas da mesma letra (A e B) maiúscula na barra do gráfico não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores de T_{leaf} , g_s e E em folhas lima ácida 'Tahiti' expostas ao sol foram, respectivamente, 15%, 23% e 70% maiores que em folhas na sombra no início da frutificação. As temperaturas foliares na PRD com redução de 50% da ETC com frequência de alternância de 7, 14, 21 e 28 dias foram 3%, 3%, 5,9% e 2,8%, respectivamente, maiores que na irrigação plena. Entretanto, apenas para PRD com 50% da ETC e alternância de 21 dias, a T_{leaf} foi maior que a temperatura foliar sob irrigação plena (Figura 2A) no início da frutificação. A PRD com 50% da ETC e alternância de 7, 14 e 21 dias não causou redução na g_s , mas, com alternância de 28 dias a g_s foi inferior à irrigação plena (Figura 2E) no início da frutificação.

A transpiração em folhas de lima ácida 'Tahiti' no início da frutificação em horários mais críticos do dia sob PRD foi semelhante à transpiração sob irrigação plena (Figura 2I). Assim como no início da frutificação, as temperaturas foliares, condutância estomática e transpiração em lima ácida 'Tahiti' após pegamento dos frutos foram maiores em folhas expostas ao sol. Os valores de T_{leaf} , g_s e E em folhas expostas ao sol foram 20, 37 e 49% maiores que em folhas sombreadas após o pegamento dos frutos. A temperatura foliar (Figura 2C), g_s (Figura 2G) e E

(Figura 2K) nas plantas sob PRD não diferiram daquelas sob irrigação plena (estratégia de irrigação 9). Ao trabalhar com PRD com 50 e 75% da irrigação plena, Shahabian, Samar e Emdad (2012) encontraram semelhanças na resistência estomática em laranjeira de umbigo adulta em região semiárida no norte do Irã. Já Dzikiti, Steppe e Lemeur (2008) verificaram que, para a mesma cultura no nordeste de Zimbábue, a condutância estomática nos tratamentos com PRD a 100% e 50% da ETc, e RDI com 50% da ETc foi menor que no tratamento com irrigação à 200% da ETc, embora os autores ressaltem que todos os tratamentos foram formados por uma única repetição. Com relação ao tipo de folha, as novas e expandidas apresentam T_{leaf} , g_s e E semelhantes.

5.2 Segundo ciclo de avaliação

Os teores dos macronutrientes fósforo (P), magnésio (Mg) e enxofre (S) formaram diferentes agrupamentos pelo critério de Scott-Knott ($P < 0,05$) (Tabela 1), porém, dentro da faixa de suficiência (MATTOS JUNIOR et al., 2009). Os teores de N e K para as diferentes irrigações expressaram valores acima da faixa de suficiência, enquanto os teores de Ca foliares formaram diferentes agrupamentos com valores abaixo da faixa de suficiência. O baixo teor de Ca na folha pode estar relacionado à pouca disponibilidade deste nutriente em NEOSSOLO QUARTZARÊNICO distrófico (EMBRAPA, 2013). Verifica-se ainda que os teores de N e K são os maiores nas folhas de lima ácida 'Tahiti', o que corrobora com Dias et al. (2013) que constataram maiores conteúdo destes nutrientes nas folhas de laranja 'Pêra'.

Tabela 1. Teores de nutrientes em folhas de Lima ácida 'Tahiti' sob diferentes estratégias de irrigação com PRD. Jaíba, MG, 2009.

Irrigação	N ¹	P ²	K ²	S ²	Ca ²	Mg ²	B ³	Cu ²	Fe ²	Mn ²	Zn ²
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹				
1	27,3B	1,7C	22,4A	2,5C	25,6E	3,7C	47,97D	5,98D	75,54D	39,85E	17,57B
2	29,6A	1,7C	21,9B	2,4D	23,3F	3,6E	61,7B	8,06B	52,82G	44,54B	17,57B
3	26,7C	1,9A	21,9B	2,4D	20,7G	3,3F	40,19E	7,02C	59,77F	30,47F	16,32C
4	27,3B	1,7C	19,7D	2,6B	29,1B	3,7C	69,47A	9,36A	84,79C	51,57A	20,08A
5	27,3B	1,9A	20,2C	2,6B	27,1D	3,7C	54,01C	6,24D	62,55F	38,68E	16,32C
6	26,1D	1,8B	20,2C	2,9A	25,7E	3,8B	36,22F	5,98D	68,11E	28,13G	17,57B
7	26,7C	1,7C	20,2C	2,6B	34,7A	4,0A	59,55B	5,85D	95,91B	43,36C	13,81D
8	27,3B	1,7C	21,9B	2,2E	25,6E	3,4E	59,63B	8,06B	115,37A	42,19C	17,57B
9	26,7C	1,8B	19,7D	2,9A	28,1C	3,7C	54,83C	7,28C	79,23D	41,02D	16,32C
CV (%)	0,20	0,55	0,22	0,63	1,82	0,26	3,57	2,82	5,37	2,59	0,76

¹Digestão sulfúrica – Método Kjeldahl; ²Digestão nítrico-perclórica; ³Digestão via seca dag/kg = (%); mg/kg = (ppm). T1, PRD (irrigação lateralmente alternada) com 50% da ETc e 7 dias de frequência de alternância (FA); T2, 50% da ETc e 14 dias de FA; T3, 50% da ETc e 21 dias de FA; T4, 50% da ETc e 28 dias de FA; T5, 75% da ETc e 7 dias de FA; T6, 75% da ETc e 14 de FA; T7, 25% da ETc e 21 dias de FA; T8, 75% da ETc e 28 dias de FA; e T9 com irrigação plena. Médias seguidas da mesma letra na coluna pertencem ao mesmo agrupamento a 5% de probabilidade pelo critério de Scott-Knott.

Os teores de micronutrientes Cu e Fe na folha da lima ácida 'Tahiti' estão na faixa de suficiência (MATTOS JUNIOR et al., 2009). Para as diferentes estratégias de irrigação, os teores de Zn na folha ficaram deficientes. Nota-se que, para os diferentes nutrientes, mesmo ao formar agrupamentos diferentes, apenas a concentração de B e Mn foram influenciadas pela irrigação, o que é justificável por terem transporte solo-raiz preferencialmente por fluxo de massa e difusão, respectivamente, dependentes do conteúdo volumétrico de água no solo (MARSCHNER, 2012). Para a lima ácida 'Tahiti', os teores de B na folha para irrigação 1, 3 e 6 estão insuficientes, portanto, apenas para irrigação 3 parece estar associado à redução da

produção (Figura 3E). A deficiência de B resulta em pobre florescimento e polinização, além de frutos de tamanho reduzido, com folhas pequenas e coriáceas. Poderá ocorrer ainda redução em termos de produção, uma vez que a gema terminal poderá morrer ou então, baixa germinação do grão de pólen e o não desenvolvimento do tubo polínico. O B colabora com o Ca na germinação do grão de pólen, crescimento do tubo polínico e maior pegamento da florada (MARSCHNER, 2012).

A fotossíntese (A), transpiração (E), condutância estomática (g_s), concentração interna de CO_2 (C_i), radiação fotossinteticamente ativa incidente na folha (Q_{leaf}) e temperatura foliar (T_{leaf}) em lima ácida 'Tahiti' foram influenciados pela época e horário de mensuração, independentemente da irrigação (Tabela 2). Para o mês de agosto, às 10:00 A , C_i e g_s , foram maiores comparado às demais épocas e horários. A maior demanda evapotranspirométrica (ETo) neste mês e as temperaturas mais amenas pela manhã (FARIA, 2014) contribuíram para os maiores valores de A , C_i e g_s , enquanto Q_{leaf} e T_{leaf} foram menores.

Tabela 2. Radiação fotossinteticamente ativa incidente na folha – Q_{leaf} , concentração interna de CO_2 – C_i , transpiração – E , condutância estomática – g_s , fotossíntese – A , temperatura foliar – T_{leaf} , eficiência de carboxilação - A/C_i , razão de concentração de CO_2 - C_i/C_{ref} , eficiência quântica da fotossíntese - A/Q_{leaf} e eficiência instantânea de uso da água - A/E em lima ácida 'Tahiti' mensuradas em diferentes épocas (meses) e horários. Jaíba, MG, 2009.

Características	Épocas (meses)	Horários de leitura			CV (%)
		10:00	13:00	16:00	
Q_{leaf} ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de fótons)	Agosto	844,44Cab	1107,89Ba	697,33Bb	38,31
	Outubro	1366,30ABa	1240,59Ba	735,41Bb	
	Novembro	1120,55BCa	1156,37Ba	1091,78Aa	
	Dezembro	1432,96Ab	1721,78Aa	680,81Bc	
C_i ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)	Agosto	265,37Aa	240,00Bb	221,93Bc	11,45
	Outubro	224,15Bb	257,26Aa	237,26Ab	
	Novembro	255,04Aa	257,37Aa	248,52Aa	
	Dezembro	260,74Aa	258,81Aa	248,96Aa	
E ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Agosto	2,70Aa	2,71Ba	2,28Aa	49,95
	Outubro	3,36Aa	3,97ABa	1,82Ab	
	Novembro	3,59Aa	4,18Aa	2,16Ab	
	Dezembro	3,88Aa	3,82ABa	2,16Ab	
g_s ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Agosto	0,221Aa	0,074Ab	0,054Ab	62,46
	Outubro	0,114BCa	0,062Ab	0,037Ab	
	Novembro	0,105Ca	0,082Aab	0,038Ab	
	Dezembro	0,161Ba	0,070Ab	0,043Ab	
A ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de CO_2)	Agosto	9,02Aa	3,92Ab	3,42Ab	51,69
	Outubro	7,01ABa	2,08Ab	1,96Ab	
	Novembro	4,73Ba	2,49Aab	1,56Ab	
	Dezembro	6,26ABa	2,23Ab	1,82Ab	
T_{leaf} ($^{\circ}C$)	Agosto	30,69Db	39,90Ca	30,40Cb	7,51
	Outubro	37,61Cc	46,41Aa	41,32Bb	
	Novembro	39,67Ac	45,09Ba	43,31Ab	
	Dezembro	38,28Bc	45,66Ba	41,55Bb	
A/C_i ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} / \mu\text{mol mol}^{-1}$)	Agosto	0,0345Aa	0,0172Ab	0,0160Ab	53,58
	Outubro	0,0315Aa	0,0084Bb	0,0087Bb	
	Novembro	0,0193Ba	0,0101Bb	0,0065Bb	
	Dezembro	0,0241Ba	0,0089Bb	0,0077Bb	
C_i/C_{ref}	Agosto	0,7085Aa	0,6730Bb	0,6206Cc	11,07
	Outubro	0,6171Bc	0,7333Aa	0,6624Bb	
	Novembro	0,7050Ab	0,7472Aa	0,7087Ab	
	Dezembro	0,7132Aa	0,7415Aa	0,7104Aa	
A/Q_{leaf} ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de CO_2 / $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de fótons)	Agosto	0,0158Aa	0,0055Ab	0,0073Ab	112,00
	Outubro	0,0053Ba	0,0036ABa	0,0050ABa	
	Novembro	0,0046Ba	0,0030ABa	0,0017Ba	
	Dezembro	0,0059Ba	0,0018Bb	0,0071Aa	
A/E ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} / \text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	Agosto	3,38Aa	1,61Ab	1,52Ab	42,94
	Outubro	2,09Ba	0,55Bc	1,14Bb	
	Novembro	1,39Da	0,62Bb	0,75Cb	
	Dezembro	1,72Ca	0,65Bc	0,91BCb	

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna para épocas, e minúsculas na linha para horários, não diferem significativamente a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Ao comparar os valores das características supracitadas nos horários das 10:00 e 13:00, verificou-se que, C_i foi 9,56% menor, g_s 66,52% menor, A 56,54% menor, enquanto a temperatura foliar às 13:00 foi 30% maior que no horário das 10:00 e a transpiração não variou

entre horários (Tabela 2). A elevação da temperatura causou redução na fotossíntese, corroborando Medina et al. (2005) e Machado et al. (2010), mas não causou redução na transpiração como observado por Santos et al. (2015), o que evidencia mais um efeito enzimático que estomático (Donato et al., 2013). Sob concentração de CO₂ ambiental, aumento na temperatura modifica as constantes cinéticas da rubisco e aumenta a taxa de oxigenação, preferencialmente à carboxilação, aumenta a fotorrespiração e decresce fotossíntese líquida. Evidência da mudança da atividade da rubisco de carboxilase para oxigenase com o incremento de temperatura experimentado das 10:00 para as 13:00, está na redução da razão entre fotossíntese e concentração interna de CO₂ (A/C_i) de 50%, 0,0345 para 0,0172. A razão A/C_i é uma medida da eficiência de carboxilação da rubisco e o seu decréscimo expressa uma mudança em direção a atividade oxigenase.

As condições hídricas e térmicas da planta como resposta às condições ambientais alteram as expressões das trocas gasosas e temperatura foliar quando associados aos períodos e horários, como comprovado. Machado et al. (2010) ressaltam que os maiores valores no curso diário de A , g_s e E em laranjeira 'Valência', ocorrem na parte da manhã, decaindo com o decorrer do dia. Tonello & Teixeira Filho (2013) verificaram que, em plantas de eucalipto os maiores valores de E e g_s ocorrem no início da manhã, com declínio no decorrer do dia, podendo, em alguns casos, se elevar ao final do período de brilho solar, o que corrobora com os resultados deste trabalho. Sob condições ideais de temperatura e déficit de pressão de vapor (DPV), Machado et al. (2005) encontraram taxa máxima de fotossíntese de 12,8 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para a lima ácida 'Tahiti'. Nota-se que os valores de taxas de fotossíntese encontrados neste trabalho são menores, o que indica que as condições de déficit hídrico associadas a elementos do tempo em condições não ideais afetam as trocas gasosas.

Plantas C₃, como os citros sob condições naturais expressam respostas ótimas da fotossíntese à temperaturas entre 25 e 30 oC. A temperatura varia durante o decorrer de um dia, portanto, as plantas ficam submetidas à temperaturas favoráveis e desfavoráveis no transcurso diário. A temperatura afeta o comportamento estomático, a entrada de CO₂, e as reações bioquímicas da fotossíntese. Valores acima de 30 oC, como registrados no presente trabalho causam queda na fotossíntese, pois as reações da fotossíntese tem um coeficiente de temperatura (Q₁₀) de aproximadamente 2 entre 12 e 30 oC (MEDINA et al., 2005).

A eficiência de carboxilação, eficiência quântica da fotossíntese e eficiência instantânea de uso da água são maximizadas no mês de maior demanda evapotranspirométrica e horas do dia com menores temperaturas, por outro lado, nos meses com menor demanda evapotranspirométrica e horário do meio dia há redução nestas relações, independentemente da irrigação. Conforme Machado et al. (2005), a temperatura foliar afeta a taxa de assimilação de CO₂ por efeitos causados na condutância estomática e na eficiência de carboxilação em citros, também comprovado em bananeira, outra planta C₃ (DONATO et al., 2013).

A PRD com 50% da ETc associada à alternância do lado irrigado de 7 e 14 dias e PRD com 75% da ETc com alternância de 7 dias, ao meio dia resulta em maior T_{leaf} . Já a PRD com 50% da ETc e alternância de 7 dias no horário das 10:00 contribuiu para menor T_{leaf} , o que, possivelmente, resultou em maior eficiência quântica da fotossíntese (Tabela 3).

Tabela 3. Radiação fotossinteticamente ativa – Q_{leaf} , temperatura foliar – T_{leaf} e eficiência quântica da fotossíntese - A/Q_{leaf} , mensuradas em diferentes horários em lima ácida 'Tahiti' submetidas a diferentes irrigações PRD. Jaíba, MG, 2009.

Características	Irrigação - PRD	Horário de leitura			CV (%)
		10:00	13:00	16:00	
Q_{leaf} ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1} \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de fótons)	PRD, 50%ETc, 7 dias FA	1058,25Aa	1220,83 Aa	867,91Aba	38,31
	PRD, 50%ETc, 14 dias FA	1349,58Aa	2376,16Aa	513,75ABb	
	PRD, 50%ETc, 21 dias FA	1366,33Aa	1341,91Aa	479,91Bb	
	PRD, 50%ETc, 28 dias FA	1095,91Aab	1491,91Aa	883,66ABb	
	PRD, 75%ETc, 7 dias FA	1285,00Aab	1471,91Aa	1025,58Ab	
	PRD, 75%ETc, 14 dias FA	1029,66Aab	1251,16Aa	769,66ABb	
	PRD, 75%ETc, 21 dias FA	1076,91Aa	1180,25Aa	782,25Aba	
	PRD, 75%ETc, 28 dias FA	1181,50Aa	1148,00Aa	963,00Aba	
	Irrigação plena	1276,91Aa	1277,75Aa	926,25Aba	
	Tl (°C)	PRD, 50%ETc, 7 dias FA	34,57Cb	43,79ABa	
PRD, 50%ETc, 14 dias FA		38,85ABb	45,56ABa	40,41Ab	
PRD, 50%ETc, 21 dias FA		39,29Ab	45,38ABa	40,27Ab	
PRD, 50%ETc, 28 dias FA		35,23BCb	43,51ABa	41,62Aa	
PRD, 75%ETc, 7 dias FA		36,41ABCc	46,13Aa	43,04Ab	
PRD, 75%ETc, 14 dias FA		35,65ABCb	43,45ABa	40,88Aa	
PRD, 75%ETc, 21 dias FA		36,86ABCb	43,98ABa	41,25Aa	
PRD, 75%ETc, 28 dias FA		35,67ABCb	42,21Ba	41,01Aa	
Irrigação plena		36,57ABCb	44,36ABa	42,09Aa	
A/Q_{leaf} ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de CO_2 / $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de fótons)	PRD, 50%ETc, 7 dias FA	0,0132Aa	0,0035Ab	0,005ABb	112,00
	PRD, 50%ETc, 14 dias FA	0,061ABab	0,003Ab	0,0105Aa	
	PRD, 50%ETc, 21 dias FA	0,0053Ba	0,0024Aa	0,0072Aba	
	PRD, 50%ETc, 28 dias FA	0,0101ABa	0,0018Ab	0,0028Bb	
	PRD, 75%ETc, 7 dias FA	0,0045Ba	0,0019Aa	0,0027Ba	
	PRD, 75%ETc, 14 dias FA	0,0101ABa	0,0021Ab	0,0054ABab	
	PRD, 75%ETc, 21 dias FA	0,0084ABa	0,0057Aa	0,0037Aba	
	PRD, 75%ETc, 28 dias FA	0,007ABa	0,0067Aa	0,0057Aba	
	Irrigação plena	0,0066ABa	0,0042Aa	0,0044Aba	

ETc, evapotranspiração da cultura; FA, frequência de alternância, dias.

Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna para estratégias de irrigação, pertencem a um mesmo agrupamento pelo critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade, e por letras iguais, minúsculas na linha para horários de leitura, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A eficiência quântica da fotossíntese (A/Q_{leaf}) (Tabela 3) para a irrigação com PRD a 50% da ETc com alternância de 7 dias para o mês de maior demanda evapotranspirométrica foi 175% maior que sob irrigação plena sem alternância. Fica evidente que em lima ácida 'Tahiti', nestas condições não há comprometimento do aparato fotossintético.

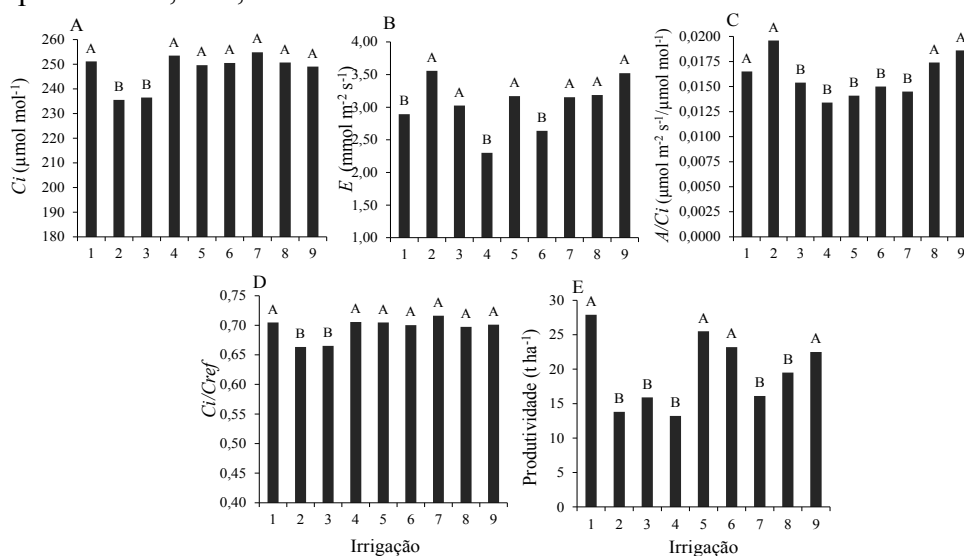
Tabela 4. Eficiência quântica da fotossíntese - A/Q_{leaf} ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de CO_2 / $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de fótons) em lima ácida 'Tahiti' para as diferentes irrigações PRD e época (meses) de avaliação. Jaíba, MG, 2009.

Irrigação – PRD	Épocas de avaliação (meses)			
	Agosto	Outubro	Novembro	Dezembro
PRD, 50%ETc, 7 dias FA	0,0187Aa	0,0042Ab	0,0034Ab	0,0026Ab
PRD, 50%ETc, 14 dias FA	0,0065Ba	0,0075Aa	0,0048Aa	0,0073Aa
PRD, 50%ETc, 21 dias FA	0,0057Ba	0,0040Aa	0,0038Aa	0,0064Aa
PRD, 50%ETc, 28 dias FA	0,0118ABa	0,0029Aa	0,0022Aa	0,0027Aa
PRD, 75%ETc, 7 dias FA	0,0047Ba	0,0025Aa	0,0025Aa	0,0024Aa
PRD, 75%ETc, 14 dias FA	0,0089Ba	0,0048Aa	0,0034Aa	0,0063Aa
PRD, 75%ETc, 21 dias FA	0,0134ABa	0,0029Ab	0,0024Ab	0,0050Ab
PRD, 75%ETc, 28 dias FA	0,0094Ba	0,0085Aa	0,0024Aa	0,0055Aa
Irrigação plena	0,0068Ba	0,0041Aa	0,0031Aa	0,0062Aa

PRD, irrigação lateralmente alternada; ETc, evapotranspiração da cultura; FA, frequência de alternância, dias. Médias seguidas por letras iguais, maiúsculas na coluna para estratégias de irrigação, pertencem a um mesmo agrupamento pelo critério de Scott-Knott a 5% de probabilidade, e por letras iguais, minúsculas na linha para épocas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Considerando o efeito de irrigação, houve formação de diferentes agrupamentos pelo critério de Scott-Knott ($P < 0,05$) para C_i , E , A/C_i e C_i/C_{ref} na folha da lima ácida 'Tahiti' (Figura 3). A C_i para PRD com 50% da ETc e alternância de 14 e 21 dias formou agrupamento com menores valores de C_i . Possivelmente, as menores C_i para estas irrigações se deve ao fato de expressarem altas taxas de transpiração (Figura 3B). A razão de concentração de CO_2 apresentou mesmo comportamento de agrupamento da C_i (Figura 3D) o que era de se esperar uma vez que a variação no carbono referência é desprezível entre as irrigações.

Figura 3. Concentração interna de CO_2 - C_i (A), Transpiração - E (B), relação A/C_i (C), relação C_i/C_{ref} (D) e produtividade (E) em função de diferentes estratégias de irrigação lateralmente alternadas PRD (1, PRD com 50% da ETc e 7 dias de frequência de alternância (FA); 2, 50% da ETc e 14 dias de FA; 3, 50% da ETc e 21 dias de FA; 4, 50% da ETc e 28 dias de FA; 5, 75% da ETc e 7 dias de FA; 6, 75% da ETc e 14 de FA; 7, 25% da ETc e 21 dias de FA; 8, 75% da ETc e 28 dias de FA; e 9, irrigação plena. Jaíba, MG, 2009.



Médias seguidas por letras iguais na barra do gráfico pertencem ao mesmo agrupamento a 5% de probabilidade pelo critério de Scott-Knott.

A transpiração nas plantas de lima ácida 'Tahiti' na PRD com 50% da ETc e alternância de 7 e 28 dias e PRD com 75% da ETc e alternância de sete dias agruparam com menores valores de transpiração. Magalhães Filho et al. (2008) verificaram em laranjeiras sobre dois porta-enxertos que após o início da interrupção da irrigação os valores de *A*, de *E* e de *gs* diminuíram em função do número de dias sem irrigação.

A eficiência de carboxilação (Figura 3C) foi maior para a PRD com 50% da ETc com alternância de 7 e 14 dias, PRD com 75% da ETc com alternância de 28 dias formando mesmo grupo com a A/Ci da irrigação plena sem alternância do lado irrigado. Magalhães Filho et al. (2008) verificaram que os máximos valores de eficiência instantânea de carboxilação, em laranjeiras sobre dois porta-enxertos ocorreram antes do início da suspensão da irrigação e diminuíram progressivamente em função da deficiência hídrica. Contudo, os resultados do presente trabalho sugerem que sob PRD a lima ácida 'Tahiti' pode ajustar algum mecanismo que mantém a eficiência enzimática de carboxilação, com economia hídrica. Davies, Wilkinson e Loveys (2002) informam que quando parte das raízes de plantas de milho, mesmo sendo uma monocotiledônea, são submetidas à desidratação, os estômatos fecham parcialmente e o potencial hídrico da folha aumenta. Esses autores argumentam que além do ácido abscísico outros sinais como o pH e a redistribuição iônica inorgânica parecem desempenhar papel na sinalização de longa distância raiz parte aérea.

Pelo critério de Scott-Knott ($P < 0,05$) houve formação de agrupamento entre médias de produtividade (Figura 3E) para as PRD com 50% da ETc e FA de 14, 21 e 28 dias e com 75% da ETc com FA de 21 e 28 dias e outro grupo para as médias de produtividade com irrigação plena, PRD com 75% da ETc e FA de 7 e 14 dias e PRD com 50% da ETc com FA de 7 dias. A irrigação plena ficou como separador das PRDs que ocasiona maior estresse no solo, isto é, com redução de 50% da lâmina (I2, I3 e I4) e maior tempo sob irrigação em um só lado da planta (I2-14 dias, I3 e I7-21 dias, I4 e I8-28 dias). Mesmo com redução de 25% da lâmina aplicada, mas com alternâncias de 21 e 28 dias, a produtividade foi menor em relação à irrigação plena - I9, I6, I5 e I1.

Em 2009, o rendimento médio da produção de limão em Minas Gerais foi de 17,12 t ha⁻¹ (IBGE, 2014). As produtividades obtidas nas irrigações 1, 5, 6 e 9 foram 62,97%, 48,95%, 35,51% e 31,43%, respectivamente, maiores que a produtividade média do estado de Minas Gerais e, dentro do padrão de produtividade em São Paulo que, para plantas com 6 anos de idade, com o espaçamento de 7 x 5m é de aproximadamente 19,40 a 40,20 t ha⁻¹.

Os resultados do presente trabalho concordam com Sampaio et al. (2010), que em condições semiáridas, encontraram melhores resultados para PRD com redução de 25% da lâmina de irrigação. Contudo, Lima et al. (2015) verificaram pouco ou nenhum benefício da técnica de PRD em mamoeiro e recomendam o uso da técnica de RDI com déficit hídrico de até 30%, sem redução da produção. Zegbe-Domínguez et al. (2003) verificaram que maior intervalo entre alternância associado a maior redução da lâmina de água resultaram em maiores e longos estresses hídricos do solo, afetando mais o desempenho das plantas.

Shahabian, Samar e Emdad (2012) ao trabalharem com PRD e RDI em laranja numa região semiárida no norte do Irã, verificaram que a PRD com 50% e 75% da irrigação plena com alternância do lado a cada evento de irrigação não causou redução na produtividade e não influenciou a qualidade do fruto. Por outro lado, Alves Júnior et al. (2011), verificaram que o número de frutos de lima ácida à 25% da ETc não diferiu da produtividade com 100% da ETc, houve apenas redução na ausência de irrigação em dois ciclos de avaliação. Os autores ressaltam que os resultados indicam a necessidade de programação das irrigações, pois a produtividade não aumentou de forma proporcional aos níveis de irrigação, e, irrigar com 25%

e 100% de ETc resultaram em rendimentos 86% e 122% maior que as árvores não irrigadas, respectivamente.

Trabalho realizado por Silva et al. (2006) com suspensão da irrigação de limeira ácida 'Tahiti', a partir da brotação, em diferentes períodos fenológicos em Piracicaba, SP, promoveu um acréscimo no potencial de água da folha das plantas não irrigadas; entretanto, não houve efeitos negativos na produção e qualidade dos frutos formados com a obtenção de produção média de 19,8 kg planta⁻¹ no terceiro ciclo produtivo. Vale ressaltar que, na região do experimento conduzido por Silva et al. (2006), a temperatura média anual é de 21,4°C, bem mais amena que a do presente trabalho e, o total anual médio de chuva, de 1.257 mm.

6 CONCLUSÕES

A irrigação lateralmente alternada causa insuficiência de B, nas condições de 50% da ETc com alternância de 7 e 21 dias e 75% da ETc, e insuficiência de Mn com 50% da ETc com alternância de 21 dias e 75% da ETc com alternância de 14 dias.

A eficiência de carboxilação, eficiência quântica da fotossíntese e eficiência instantânea de uso da água são maximizadas nos meses e horas dos dias com menores temperaturas.

A PRD com 50% da ETc com alternância do lado irrigado a cada sete dias mantém a produtividade da lima ácida 'Tahiti' em relação à irrigação plena.

7 REFERÊNCIAS

ALVES JÚNIOR, J. A.; FOLEGATTI, M. V.; SILVA, C. R.; SILVA, T. J. A.; EVANGELISTA, A. W. P. Response of young 'Tahiti' lime trees to different irrigation levels. **Engenharia Agrícola**, Botucatu, v. 31, p. 303-304, 2011.

DAVIES, W. J.; WILKINSON, S.; LOVEYS, B. Stomatal control by chemical signaling and the exploitation of this mechanism to increase water-use efficiency in agriculture. **New Phytology**, Lancaster, UK, v. 153, p. 449-460, 2002.

DIAS, J. R. M.; WADT, P. G. S.; TUCCI, C. A. F.; SANTOS, J. Z. L.; SILVA, S. V. Normas DRIS multivariadas para avaliação do estado nutricional de laranjeira 'Pera' no estado do Amazonas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, p. 251-259, 2013.

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

DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F.; MARQUES, P. R. R.; ARANTES, A. M.; SANTOS, M. R.; OLIVEIRA, P. M. Ecofisiologia e eficiência de uso da água em bananeira. REUNIÃO INTERNACIONAL DA ASSOCIAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO INTEGRAL DAS MUSÁCEAS (Bananas e Plátanos), 20., 2013. Cruz das Almas. **Anais...** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. p. 58-72.

DZIKITI, S.; STEPPE, K.; LEMEURE, R. Partial rootzone drying of drip irrigated 'Navel' orange trees [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck] under semi-arid tropical conditions. **Acta Horticulturae**, Leuven, v. 792, p. 249-256, 2008.

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

FARIA, L. N. **Manejo da irrigação na indução floral e na fase produtiva da mangueira 'Tommy Atkins' em condições semiáridas**. 2014. 90 f. Tese (Doutorado em Irrigação) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

IBGE-SIDRA. **Produção agrícola municipal**. 2014. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 25 mar. 2014.

KANG, S. Z.; ZHANG, J. Controlled alternate partial root-zone irrigation: its physiological consequences and impact on water use efficiency. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 10, p. 1-10, 2004.

LIMA, R. S. N.; FIGUEIREDO, F. A. M. M.; MARTINS, A. O.; DEUS, B. C. S.; FERRAZ, T. M.; GOMES, M. M. A.; SOUSA, E. F.; GLENN, D. M.; CAMPOSTRINI, E. Partial rootzone drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) effects on stomatal conductance, growth, photosynthetic capacity, and water-use efficiency of papaya. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 183, p. 13-22, 2015.

MACHADO, D. F. S. P.; MACHADO, E. C.; MACHADO, R. S.; RIBEIRO, R. V. Efeito da baixa temperatura noturna e do porta-enxerto na variação diurna das trocas gasosas e na atividade fotoquímica de laranjeira 'Valência'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, p. 351-359, 2010.

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

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

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres. 2006. 638 p.

MARSCHNER, P. **Marschner's mineral nutrition of higher plants**. 3. ed. London: Elsevier, 2012. 651 p.

MATTOS JUNIOR, D.; QUAGGIO, J. A.; CANTARELLA, H.; BOARETTO, R. M. Citrus: manejo da fertilidade do solo para alta produtividade. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 128, p. 5-12, 2009.

McCARTHY, M.G.; LOVEYS, B.R.; DRY, P.R.; STOLL, M. **Regulated deficit irrigation and partial root zone drying as irrigation management techniques for grape vines**. In: FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Deficit Irrigation Practices. Roma: FAO, 2002. p. 79-87. (Water Reports 22)

MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C.; RENA, A. B.; SIQUEIRA, D. L. de. Fisiologia dos citros. In: MATTOS JÚNIOR, D.; DE NEGRI, J. D.; PIO, R. M.; POMPEU JÚNIOR, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: IAC, 2005. p. 147-195.

PEREIRA, A. B.; VILLA NOVA, N. A.; ALFARO, A. T. Necessidades hídricas de citros e macieiras a partir da área foliar e da energia solar. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, p. 671-679, 2009.

SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; DANIEL, R.; OLIVEIRA, V. V. M.; 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, p. 1141-1148, 2010.

SANTOS, M. R.; MARTINEZ, M. A. Soil water distribution and extraction by 'Tommy Atkins' mango (*Mangifera indica* L.) trees under different irrigation regimes. **Idesia**, Arica, Chile, v. 31, p. 7-16, 2013.

SANTOS, M. R.; MARTINEZ, M. A.; DONATO, S. L. R. Gas exchanges of 'Tommy Atkins' mango trees under different irrigation treatments. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 29, p.1141-1153, 2013.

SANTOS, M. R.; MARTINEZ, M. A.; DONATO, S. L. R.; COELHO, E. F. Fruit yield and root system distribution of Tommy Atkins mango under different irrigation regimes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, p. 362-369, 2014.

SANTOS, M. R.; NEVES, B. R.; SILVA, B. L.; DONATO, S. L. R. Yield, water use efficiency and physiological characteristic of "Tommy Atkins" mango under partial rootzone drying irrigation system. **Journal of Water Resource and Protection**, Wuhan, v. 7, p. 1029-1037, 2015.

SHAHABIAN, M.; SAMAR, S. M.; EMDAD, M. R. Response of orange trees to deficit irrigation strategies in the north of Iran. **Archives of Agronomy and Soil Science**, Berlin, v. 58, p. 267-276, 2012.

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

TONELLO, K. C.; TEIXEIRA FILHO, J. Transpiração e condutância estomática de *Eucalyptus sp* em resposta à radiação global e diferentes condições hídricas. **Irriga**, Botucatu, v. 18, p. 607-623, 2013.

ZEGBE-DOMÍNGUEZ, J. A.; BEHBOUDIAN, M. H.; LANG, A.; CLOTHIER B. E. Deficit irrigation and partial rootzone drying maintain fruit dry mass and enhance fruit quality in 'Petopride' processing tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 98, p. 505-510, 2003.