

Níveis e frequências de irrigação na limeira ‘Tahiti’ no Estado do Piauí

Vamberto Barbosa Braz¹, Márcio Mota Ramos², Aderson Soares de Andrade Júnior³, Carlos Antônio Ferreira de Sousa³, Everardo Chartuni Mantovani²

RESUMO

Trabalhos de manejo de irrigação no Brasil com a limeira ácida ‘Tahiti’ são escassos, especialmente no Estado do Piauí. O objetivo deste estudo foi avaliar a produção e os componentes de produção da limeira ácida ‘Tahiti’ em resposta à aplicação de cinco lâminas (68, 80, 100, 124 e 136% da evapotranspiração da cultura – ETc) e duas frequências de irrigação (um e dois dias). O experimento foi realizado em um pomar comercial, com espaçamento de 6 x 5 m e irrigado por microaspersão, localizado em José de Freitas, PI. Utilizou-se o delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições, e esquema de parcelas subdivididas (frequências – parcelas e lâminas – subparcelas). O manejo diário da irrigação foi realizado pelo balanço de água no solo, com o auxílio do programa computacional Irriplus. O manejo de irrigação com turno de rega diário e reposição de 100% da ETc foi o mais indicado, por proporcionar maiores níveis de produtividade (2.709 kg ha⁻¹), peso médio dos frutos (105,2 g) e máxima EUA (299 g m⁻³).

Palavras-chave: *Citrus latifolia* Tanaka, manejo de irrigação, eficiência no uso da água, limão ‘Tahiti’.

ABSTRACT

Levels and frequencies of irrigation in ‘Tahiti’ lime in the State of Piauí

Works about irrigation management are scarce in Brazil, especially in the State of Piauí. The objective of this study was to evaluate yield and yield components of Tahiti lime in response to application of five irrigation depths (68, 80, 100, 124 and 136% of the crop evapotranspiration – ETc) and two irrigation frequencies (one and two days). The experiment was carried out on a commercial orchard under trickle irrigation, where plants were spaced 6 x 5 m and located in José de Freitas, Piauí State, Brazil. The experiment was arranged in randomized blocks and split-plot design with four replications (irrigation frequencies, in the plot, and irrigation depths, in the subplots). The irrigation was managed daily by soil-water balance, using the Irriplus software. Irrigation management with daily frequency and 100% ETc was the most indicated treatment for providing higher yield (2709 kg ha⁻¹) and mean weight of fruit (105.2 g) as well as maximum water efficiency (299 g m⁻³).

Key words: *Citrus latifolia* Tanaka, irrigation management, water use efficiency, Tahiti lemon.

Recebido para publicação em maio de 2008 e aprovado em julho de 2009

¹ Engenheiro Agrônomo, Mestre. Superintendência Federal de Agricultura, Pecuária e Abastecimento no Piauí, Rua Taumaturgo de Azevedo, 2315, 64001-340, Teresina, PI, Brasil. vamberto.braz@agricultura.gov.br

² Engenheiros Agrônomos, Doutores. Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Av. P. H. Rolfs, s/n, 36570-000, Viçosa, MG, Brasil. mmramos@ufv.br

³ Engenheiros Agrônomos, Doutores. EMBRAPA Meio-Norte, Av. Duque de Caxias, 5650, Buenos Aires, 64.006-220, Teresina-PI, Brasil. aderson@cpamn.embrapa.br

INTRODUÇÃO

A produção de lima ácida ‘Tahiti’ tem ocupado, cada vez mais, posição de destaque na citricultura brasileira. Segundo dados da Organização Mundial para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2007), a produção nacional, direcionada basicamente para o mercado de frutos *in natura*, era de um milhão de toneladas, correspondente a uma área de 54 mil hectares. Esse volume colocou o País na quinta posição entre os principais produtores mundiais do grupo de limões e limas.

Na pauta das exportações brasileiras de frutos frescos do ano de 2007, segundo informações do Instituto Brasileiro de Frutas (IBRAF, 2008), o grupo das limas e limões, o qual inclui a lima ácida ‘Tahiti’, ocupava o sexto lugar em valor comercializado (US\$ 41,7 milhões), em função da demanda crescente de frutos *in natura* e pela melhoria do padrão de qualidade da produção brasileira. No Estado do Piauí, a excelente qualidade dos frutos produzidos tem propiciado a conquista de espaços importantes no mercado externo, especialmente o da União Européia. Apesar da reduzida participação da produção piauiense de ‘Tahiti’ em relação ao total exportado pelo Brasil, esse agronegócio é um dos mais importantes para o Estado e com grande potencial de expansão.

O uso da irrigação em pomares de citros, apesar de ser uma prática pouco utilizada na maioria das áreas cultivadas, vem se expandindo consideravelmente nos últimos anos. A irrigação aumenta a produção de frutos na ordem de 35 a 75% (Vieira, 1988) e, se associada a um manejo controlado, possibilita a antecipação do florescimento, reduzindo a incidência de doenças que coincidem com o período chuvoso. Contribui, também, para a manutenção da produtividade dos pomares formados com porta-enxertos menos tolerantes ao déficit hídrico, como a laranja ‘Caipira’, as tangerineiras ‘Sunki’ e ‘Cleópatra’ e o citrumeleiro ‘Swingle’.

A região centro-norte do Estado do Piauí apresenta índice pluviométrico médio de 1.300 mm ano⁻¹ (Bastos & Andrade Junior, 2000; Andrade Junior *et al.*, 2004), mas a variabilidade interanual e a irregularidade da distribuição anual das precipitações, associadas à baixa capacidade de retenção de água dos solos, propiciam a ocorrência de longos períodos de déficit hídrico e consequente estresse às plantas, o que compromete a produtividade e a qualidade dos frutos. Nesse contexto, a irrigação é indispensável para a produção comercial de espécies cítricas na região. Porém, ressalta-se que o manejo apropriado da água e dos nutrientes na irrigação é pouco difundido e/ou adotado pelos produtores, o que reitera a necessidade da determinação de variáveis de estudo e de estratégias de manejo ajustadas à citricultura irrigada no Piauí.

Castel (1994) estudou a resposta de plantas jovens de tangerina ‘Clementina’ irrigada por gotejamento a 50, 80, 110 e 140% da evapotranspiração da cultura (ETc) e verificou que a irrigação a 50% produziu alto estresse hídrico, reduziu o crescimento da planta e diminuiu o número de frutos por planta. O crescimento ótimo foi obtido com reposição de 110% da ETc. Alves Júnior (2006), avaliando a resposta de plantas de lima ácida ‘Tahiti’, enxertadas sobre ‘Swingle’, a lâminas de irrigação que variaram de 25 a 100% da ETc, não verificou diferença significativa entre os tratamentos no segundo ano de avaliação, cuja produtividade média foi de 12,9 t ha⁻¹.

No Piauí, trabalhos que tratam da resposta da limeira ácida ‘Tahiti’ à irrigação são escassos. O desenvolvimento de estudos que venham fornecer informações relativas às variáveis respostas da planta em condições de irrigação torna-se de grande utilidade prática para melhorar o desempenho técnico e econômico dos sistemas de produção que vêm sendo adotados pelos produtores locais.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a aplicação de cinco lâminas e de duas frequências de irrigação sobre a produção e a eficiência do uso da água da limeira ácida ‘Tahiti’ nas condições de clima e solo da região centro-norte do Estado do Piauí.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em um pomar comercial de limeira ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka), no período de setembro de 2006 a fevereiro de 2007, em propriedade rural (04° 50’ S, 42° 42’ W e 120 m de altitude), situado em José de Freitas – PI, a aproximadamente 60 km da capital Teresina, região centro-norte do Estado. Foram utilizadas plantas do clone ‘Quebra-galho’, com quatro anos de idade, enxertadas sobre citrumeleiro ‘Swingle’ [*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. x *C. paradisi* Macf.], cultivadas no espaçamento 6 x 5 m, constituindo um estande de 333 plantas por hectare.

O solo da região foi classificado como Neossolo Quartzarênico (EMBRAPA, 1986). De acordo com análise granulométrica realizada previamente, o solo da área experimental é de textura arenosa, sendo composto por 80% de areia, 12% de silte e 8% de argila (EMBRAPA, 1988). O clima da região, segundo Köppen, é do tipo A_w (Tropical Chuvoso de Savana), caracterizado pelas seguintes médias históricas (período 1980 – 1999): temperaturas máxima, média e mínima de 34, 28 e 22° C, respectivamente; umidade relativa do ar de 69%; velocidade do vento de 1,6 m s⁻¹; 7,7 horas de sol por dia; e evapotranspiração de referência de 4,6 mm d⁻¹ (Bastos & Andrade Júnior, 2000).

Amostras indeformadas foram coletadas com auxílio de um trado de anéis para a determinação dos teores de água no solo, nos diferentes níveis de tensão, para as profundidades 0 a 0,2 e 0,2 a 0,4 m. Os valores médios da

umidade do solo (% em massa) na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente para a profundidade de 0 a 0,4 m foram, respectivamente, 7,6 e 4,1; correspondentes às tensões 10 e 1500 kPa. A densidade do solo média foi 1.640 kg m⁻³.

Utilizou-se delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições, em um esquema de parcelas subdivididas, com duas frequências de irrigação (F), aplicadas às parcelas, e cinco lâminas de irrigação (L), aplicadas às subparcelas. A unidade experimental foi composta por uma fileira de plantas, sendo utilizadas cinco plantas úteis. As duas frequências de irrigação estudadas foram: uma irrigação a cada dia (F₁) e uma irrigação a cada dois dias (F₂). Os tratamentos referentes às subparcelas constaram de cinco lâminas de irrigação, definidas em função do percentual de reposição da evapotranspiração da cultura - ETc (68, 80, 100, 124 e 136%).

A cultura foi irrigada por um sistema de microaspersão, com um emissor com asa giratória por planta operando na pressão de 150 kPa e vazão variável em função do modelo do microaspersor utilizado. Os microaspersores foram diferenciados entre si pela cor, ou seja, pelo diâmetro dos bocais. Foram utilizados cinco modelos, da marca Naan Dan®, correspondentes à aplicação dos cinco níveis do fator lâmina de irrigação, a saber: preto, verde-claro, branco, marrom e roxo (Tabela 1). O tratamento L₃ (bocal branco) correspondeu à lâmina de 100% de reposição da evapotranspiração da cultura. Os demais modelos de bocais e suas respectivas vazões foram utilizados para calcular as outras lâminas, a partir do tratamento L₃, com base no resultado do manejo. Dessa forma, todos os tratamentos aplicados às subparcelas (lâminas) tiveram o mesmo tempo de aplicação de água por evento de irrigação, distinguindo-se entre si em função da vazão aplicada, característica de cada bocal. Os microaspersores foram instalados a 0,5 m de distância do caule da planta.

Com relação ao fator frequência de irrigação, a diferenciação dos tratamentos F₁ (turno de rega de um dia) e F₂ (turno de rega de dois dias) foi feita no cálculo do manejo da irrigação, considerando a evapotranspiração da cultura acumulada, com base no turno de rega de cada tratamento. No campo, essa diferenciação foi viabilizada pela instalação de válvulas no início das linhas laterais,

que ficavam abertas ou fechadas, de acordo com a necessidade ou não da irrigação, bem como com o tempo de aplicação calculado para cada tratamento.

Os dados meteorológicos utilizados no manejo da irrigação foram obtidos a partir de uma estação meteorológica automática, localizada no Campo Experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI (05°02' S, 42°48' W e 87 m de altitude), situada a aproximadamente 60 km da área experimental.

Os valores médios diários registrados pelos sensores da estação para as variáveis meteorológicas (temperaturas máxima e mínima do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e irradiância solar global) foram utilizados para a determinação da ETo diária e da lâmina de irrigação. A estação encontra-se conectada a um sistema de aquisição e armazenamento de dados "datalogger", programado para armazenar registros a cada 15 minutos, sendo posteriormente convertidos em médias diárias. Para a coleta dos dados de precipitação, foi instalado um pluviômetro na área experimental.

O manejo da irrigação foi realizado com auxílio do programa computacional Irriplus, com base no monitoramento diário de variáveis meteorológicas, associado à determinação periódica da umidade do solo, pelo método-padrão de estufa, para aferição do programa. A lâmina de irrigação correspondente à reposição de 100% da evapotranspiração da cultura (tratamento L₃) foi estimada de acordo com a equação $Li = [(ETo \times Kc \times Ks \times Kl) - Pe]/Ea$, em que Li é a lâmina total de irrigação, mm; ETo é a evapotranspiração de referência, mm; Kc é o coeficiente da cultura; Ks é o coeficiente de estresse hídrico; Kl é o coeficiente de localização, Ea é a eficiência de aplicação, decimal; e Pe é a precipitação efetiva, mm.

O componente ETo da equação foi estimado pela equação de Penman-Monteith parametrizada pela FAO (Allen *et al.*, 1998). Médias diárias de temperaturas máxima e mínima do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento e irradiância solar global foram obtidas a partir de uma estação meteorológica automática, localizada no Campo Experimental da Embrapa Meio-Norte, em Teresina, PI (05°02' S, 42°48' W e 87 m de altitude). Para a coleta dos dados de precipitação, foi instalado um pluviômetro na área experimental. Utilizou-se Kc igual a 0,85, segundo recomenda-

Tabela 1. Características dos microaspersores utilizados no experimento e valores percentuais dos tratamentos de lâminas de irrigação

Tratamento	ETc(%)	Bocal		Diâmetro molhado (m)	Vazão(L h ⁻¹)
		Cor	Diâmetro (mm)		
L ₁	68	Preto	0,80	5,20	34
L ₂	80	Verde-claro	1,00	6,20	40
L ₃	100	Branco	1,14	7,60	50
L ₄	124	Marrom	1,30	8,40	62
L ₅	136	Roxo	1,40	8,20	68

ção de Doorenbos & Pruitt (1977). Adotou-se o modelo logarítmico (Allen *et al.*, 1998) e aquele proposto por Fereres (1981) para estimar o Ks e o KI, respectivamente. Foram realizados testes de uniformidade para a determinação do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), segundo metodologia apresentada por Keller & Karmeli (1975). Os valores obtidos referentes ao CUC do sistema foram de 93 e 91% no início e no final do período de condução do experimento, respectivamente.

A colheita foi realizada, segundo recomendações de Gayet & Salvo Filho (2003), quando os frutos atingiram, em média, 50 mm de diâmetro. Para tanto, foram realizadas duas colheitas (18/12/2006 e 14/02/2007), utilizando um aro de metal (calibrador) de mesmo diâmetro. As variáveis de estudo avaliadas foram: número total de frutos por planta (NTFP), obtido da quantidade total de frutos colhidos na unidade experimental, dividido por cinco (número de plantas úteis); peso médio dos frutos (PMF), obtido pela relação entre o peso e o número total de frutos colhidos, a partir da pesagem em balança analítica digital, com precisão de 0,1 g; e produtividade (PROD), obtida pela relação entre o peso total de frutos colhidos na unidade experimental e a área representada pela unidade experimental (150 m²), expressa em kg por hectare. A eficiência de uso da água (EUA), em g m⁻³, foi determinada pela relação entre a produtividade de frutos (g ha⁻¹) e a lâmina total de água aplicada (irrigação + precipitação efetiva), em m³ ha⁻¹.

Os dados obtidos a partir das características avaliadas foram submetidos à análise de variância pelo teste F, a 5% de probabilidade, e à análise de regressão, em função da lâmina de irrigação. As equações foram escolhidas com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste “t” de Student, a 5% de probabilidade, nos coeficientes de determinação (R²) e na capacidade para explicar o fenômeno com base na variável resposta estudada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação dos dados climáticos ao longo do período experimental, referentes à temperatura do ar (máxima, média e mínima), precipitação efetiva e evapotranspiração de referência, é apresentada nas Figuras 1 e 2.

Como pode ser observado na Figura 1, o regime térmico durante o período experimental apresentou valores médios variando entre 23,3 °C, para temperatura mínima, e 36,0 °C, para temperatura máxima. Segundo Medina & Silva (2003), esses valores são compatíveis com as exigências climáticas dos citros e adequados para o desenvolvimento da cultura no campo. A média dos valores de temperatura média do ar registrados no período (29,0 °C) situa-se na faixa de temperatura para a exploração comercial dos citros.

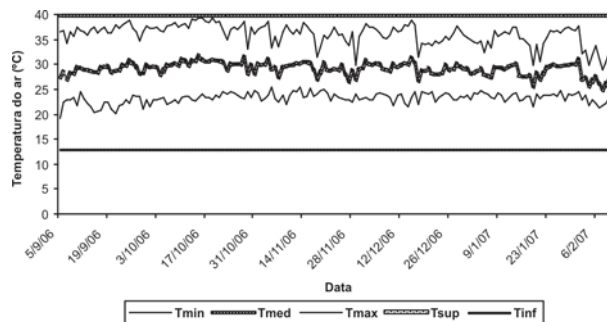


Figura 1. Valores médios diários de temperatura máxima (Tmax), média (Tmed) e mínima (Tmin) do ar e temperaturas superior e inferior da cultura, em °C, durante o período experimental.

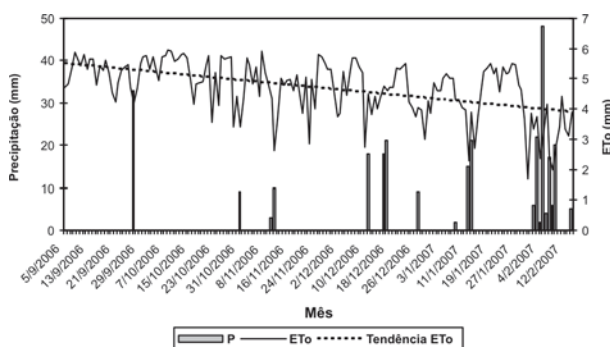


Figura 2. Valores diários de precipitação efetiva registrada, estimativa e tendência da evapotranspiração de referência (ETo), em mm, durante o período experimental

O período seco da região Centro-norte do Piauí, caracterizado pelos meses do ano em que chove menos de 10% do total anual de chuvas, ocorre de maio a dezembro, segundo Bastos & Andrade Júnior (2000). De acordo com os dados pluviométricos verificados durante o experimento, esse período foi estendido até o mês de janeiro de 2007. Nesse período, as médias diárias de evapotranspiração de referência (ETo) variaram em torno de 4,7 mm dia⁻¹, alcançando a maior demanda evapotranspirométrica média diária em outubro de 2006 (5,2 mm dia⁻¹).

Em fevereiro de 2007, apesar das precipitações terem se intensificado, resultando em uma lâmina parcial mensal superior a 100 mm, houve necessidade de efetuar irrigações, devido à distribuição irregular das chuvas. A precipitação total ocorrida no período de condução do experimento foi de 289 mm.

Os valores de produtividade, número total de frutos por planta, peso médio dos frutos e lâmina total de água aplicada, em função das lâminas e frequências de irrigação aplicadas, durante o período experimental, compreendido entre 05/09/2006 e 14/02/2007, são apresentados na Tabela 2.

As análises de variância das características produtivas (PROD), número total de frutos por planta (NTFP) e peso médio dos frutos (PMF), assim como os coeficientes de variação (%) das parcelas e das subparcelas e as respectivas médias das variáveis, são apresentadas na Tabela 3.

Tabela 2. Produtividade (PROD), número total de frutos por planta (NTFP), peso médio dos frutos (PMF) e lâmina total (lâmina de irrigação – Li e Precipitação efetiva – Pe), em função da lâmina de irrigação aplicada e da frequência de irrigação

Variáveis	Frequência de irrigação (F)	Lâminas de irrigação - L (% ETc)				
		L ₁ (68%)	L ₂ (80%)	L ₃ (100%)	L ₄ (124%)	L ₅ (136%)
PROD	F ₁	1658,6	2215,1	2715,3	2034,1	1360,5
	F ₂	1534,6	2125,2	2313,2	1770,6	1315,4
NTFP	F ₁	54	78,4	79,6	63,2	47,9
	F ₂	55	70,4	62,2	57,7	42,3
PMF	F ₁	91,71	83,83	98,39	99,01	85,62
	F ₂	80,6	90,92	112,04	91,71	93,34
Lâmina total (Li + PE)	F ₁	702	774	926	1061	1133
	F ₂	658	727	844	983	1053

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis produtividade (PROD), número total de frutos por planta (NTFP) e peso médio dos frutos (PMF) da limeira ácida ‘Tahiti’, em função da frequência de irrigação e da lâmina de irrigação aplicada

F.V.	GL.	Quadrados médios		
		PROD	NTFP	PMF
Bloco	3	605165,9	336,5504	313,0146
F	1	341874,3 ^{ns}	505,5207 ^{ns}	40,5232 ^{ns}
Resíduo (a)	3	1419691,0	1214,4010	50,5363
L	4	1716306,0 ^{ns}	1143,2390 ^{ns}	490,4603*
F x L	4	42812,79 ^{ns}	88,1335 ^{ns}	226,3119 ^{ns}
Resíduo (b)	24	1057120,0	1006,1570	114,9713
C.V. (a) (%)	-	62,57	57,09	7,67
C.V. (b) (%)	-	53,99	51,96	11,57
Média	-	1904,3	61,05	92,72

NS – não-significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

* significativo, a 5% de probabilidade pelo teste F.

F – frequência de irrigação; e L – lâmina de irrigação.

Com exceção do fator L (lâmina de irrigação), os fatores estudados isoladamente (frequência e lâmina) não foram significativos, a 5% de probabilidade, pelo teste F, para nenhuma das variáveis de estudo utilizadas para avaliar quantitativamente a produção. Analisando a interação entre os fatores, verificou-se que não houve efeito significativo em relação às características avaliadas, indicando uma resposta independente entre a aplicação das lâminas de irrigação e a adoção dos intervalos de irrigação estudados neste trabalho.

Os coeficientes de variação (CV) foram considerados elevados para as variáveis produtividade e número total de frutos por planta. Trabalhos anteriores envolvendo a lima ácida ‘Tahiti’ também relatam a obtenção de altos valores de CV para essas variáveis de estudo (Souza, 2001; Alves Júnior, 2006). Com isso, as diferenças observadas entre os valores médios das características avaliadas, em termos absolutos, não refletiram diferenças significativas em termos estatísticos. Em experimentos posteriores, seria conveniente a adoção de um número maior de repetições (blocos), visando reduzir o valor dos coeficientes de variação.

Equações de regressão (2º grau) foram ajustadas para expressar a variação da produtividade e do NTFP em cada uma das frequências de irrigação estudadas e do PMF em relação às lâminas totais aplicadas durante o período experimental (Figuras 3 e 4).

O ponto de máxima produtividade física com irrigação diária foi de 2.709 kg ha⁻¹, obtido com a lâmina de 643 mm, correspondente a 97% da reposição da evapotranspiração da cultura (Figura 3A). Em F₂, a lâmina de 575 mm foi a que proporcionou a máxima produtividade física (2.323 kg ha⁻¹), referente a 99% da ETc (Figura 4A).

Bertonha *et al.* (2004), estudando o efeito da irrigação em laranja ‘Pêra’ enxertada sobre limoeiro ‘Cravo’, em Maringá (PR), com taxas diárias de irrigação de 10, 15, 20 e 25 mm, encontraram efeito significativo, mencionando a existência de uma relação quadrática da produtividade conforme o incremento dos níveis de irrigação.

Nos dois tratamentos, os maiores valores de produtividade foram alcançados com manejo baseado em uma reposição da ETc próxima de 100%, apontando para a importância do correto manejo da irrigação.

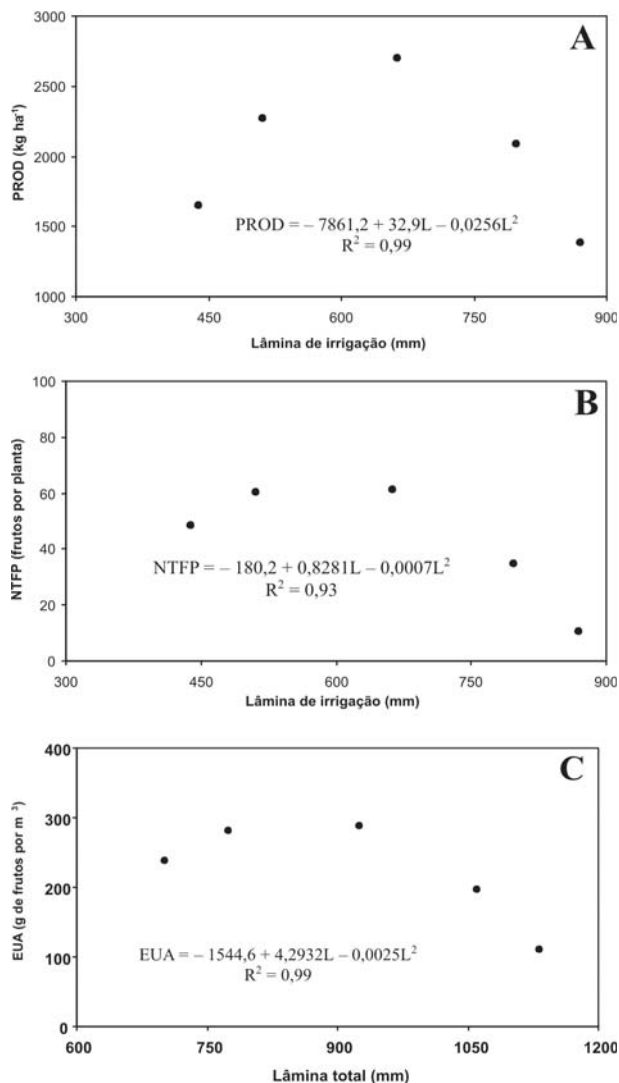


Figura 3. Valores estimados de produtividade (PROD) (A), número total de frutos por planta (NTFP) (B) e eficiência de uso da água (EUA) (C) da limeira ácida ‘Tahiti’, em função da lâmina de água aplicada, com frequência de irrigação de um dia (F₁).

A aplicação de água em excesso provocou queda na produtividade. Os principais aspectos negativos associados à aplicação em excesso de água são o maior custo com energia, a erosão causada pela perda de água por escoamento superficial e percolação profunda, a lixiviação de nutrientes e a manutenção de um ambiente saturado de água, que dificulta o desenvolvimento radicular.

As lâminas L₁ (68% ETc) e L₂ (80% ETc) produziram 1.648 e 2.266 kg ha⁻¹, com irrigação diária, e 1.588 e 2.043 kg ha⁻¹, com uma irrigação a cada dois dias, respectivamente. Nos tratamentos L₄ (124% ETc) e L₅ (136% ETc), as produtividades médias foram de 2.091 e 1.385 kg ha⁻¹, com irrigação diária, e 1.845 e 1.272 kg ha⁻¹, com uma irrigação a cada dois dias, respectivamente. Vale salientar que esses valores se referem apenas a duas colheitas, realizadas em 18/12/06 e 14/02/07. Nesse caso, seria interessante que nos próximos trabalhos envolvendo irrigação de ‘Tahiti’

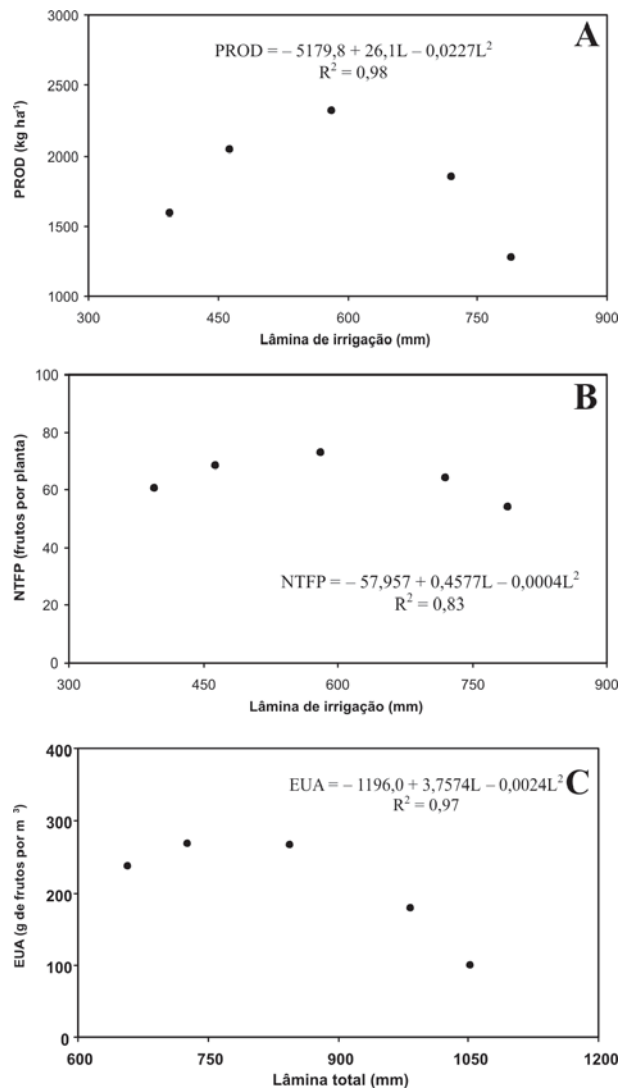


Figura 4. Valores estimados de produtividade (PROD) (A), número total de frutos por planta (NTFP) (B) e eficiência de uso da água (EUA) (C) da limeira ácida ‘Tahiti’, em função da lâmina de água aplicada, com frequência de irrigação de dois dias (F₂).

no Centro-norte do Piauí as avaliações fossem feitas por um período mais extenso, de preferência acompanhando a produção durante todo o ano, tendo em vista a característica de produção contínua da cultura na região. Além disso, aproximadamente 60% da produção anual de lima ácida ‘Tahiti’ na região concentra-se no primeiro semestre do ano. De junho a novembro, as produções mensais respondem por 5 a 7% do total produzido no ano, de acordo com as médias de produção da fazenda na qual este trabalho foi realizado, entre os anos de 2001 e 2004.

Apesar de não se dispor de informações de pesquisas relacionadas à fisiologia de produção da cultura na região, provavelmente esse aspecto está atrelado às condições climáticas características da região na segunda metade do ano. Essa época é a mais quente na região, especialmente entre os meses de agosto e novembro, em que são registradas temperaturas máximas de 34 a 38 °C

(Andrade Júnior *et al.*, 2004), o que pode contribuir para restringir o crescimento das plantas, o vingamento das flores e o desenvolvimento dos frutos, refletindo diretamente no rendimento da cultura. Segundo Medina & Silva (2003), a faixa ideal de temperatura para as plantas cítricas, em geral, é de 22 a 30 °C. Segundo estes autores, temperaturas superiores a 30 °C, tanto diurna como noturna, acarretam em redução do tamanho dos frutos e aumento da taxa de abscisão de frutos jovens.

A produtividade média no Brasil situa-se em torno de 22 t ha⁻¹ (IBGE, 2006), valor esse muito aquém daquele ao qual Luchetti *et al.* (2003) faz referência, considerando pomares com alto nível tecnológico, que é de 40 toneladas por hectare. Já as médias históricas de produção da fazenda Frutan revelam produtividade média anual de 20,5 t ha⁻¹.

Alves Júnior (2006), avaliando a resposta de plantas de lima ácida 'Tahiti', enxertadas sobre 'Swingle', a lâminas de irrigação que variaram de 25 a 100% da ETc, não verificaram diferença significativa entre os tratamentos no segundo ano de avaliação, cuja produtividade média foi de 12,9 t ha⁻¹.

Os valores de produtividade com o tratamento F₁ (turno de rega de um dia) foram superiores àqueles do tratamento F₂ (turno de rega de dois dias) em todas as lâminas testadas, o que já poderia ser esperado, uma vez que a redução da frequência de aplicação de água tende a aumentar a intensidade do estresse por expor a cultura a um período maior de déficit de água no solo. Esse aspecto é ainda mais evidenciado pelas características climáticas da região onde foi realizado o estudo, haja vista as elevadas taxas diárias de ET_o, associado à textura arenosa do solo da área experimental (aproximadamente 80% de areia), o que reduz a faixa disponível de umidade no solo que se pode trabalhar sem que haja redução da produtividade da cultura. Assim, mesmo mantendo-se uma frequência de irrigação relativamente elevada como F₂, foi verificada diminuição no rendimento da cultura. Com a lâmina L₃ (100% da ETc), essa diferença entre F₁ e F₂ foi de 16,2%, equivalente a 377 kg ha⁻¹.

A deficiência hídrica é o fator que mais afeta o crescimento e a produtividade das culturas. A falta de água causa queda das taxas de fotossíntese nas plantas de citros, primariamente por induzir a redução no potencial da água e a perda de turgescência foliar, causando o fechamento estomático e dificultando o acesso de CO₂ ao mesófilo (Medina & Machado, 1998). O fechamento dos estômatos e, conseqüentemente, a diminuição da perda de água por transpiração são considerados mecanismos de escape à deficiência hídrica nos citros (Medina *et al.*, 2005).

À medida que a lâmina de irrigação se distanciou daquela correspondente à reposição de 100% da ETc (L₃),

tanto em condições de déficit quanto sob excesso de água no solo, o efeito da frequência de irrigação foi atenuado (Figuras 3A e 4A), sendo que nas lâminas 68% (L₁) e 136% (L₅) as diferenças em termos de produtividade entre F₁ e F₂ foram de apenas 3,8 e 8,9%, respectivamente.

Os valores estimados indicam que a cultura mostrou-se sensível ao déficit de água no solo proporcionado pelas lâminas L₁ e L₂. Por outro lado, a cultura apresentou-se, também, sensível ao volume de água aplicado acima da capacidade de armazenamento do solo, proporcionado pelos tratamentos L₄ e L₅ (Figura 3A, para F₁; e da Figura 4A, para F₂). Esses valores são diferentes daqueles encontrados por Coelho *et al.* (2001), em trabalho conduzido no semiárido baiano, cujos resultados mostraram que, mesmo em valores absolutos, as lâminas superiores àquela referente à lâmina de 100% da ETc não foram capazes de afetar a produtividade.

Segundo Medina *et al.* (2005), a presença de água além da capacidade de campo reduz a fotossíntese e inibe o crescimento das copas e a respiração das raízes. Vu & Yelenosky (1991) verificaram que o excesso de água reduziu a fotossíntese, a condutância estomática e a atividade da clorofila em laranja 'Hamlin'.

O maior número de frutos por planta (64) foi obtido com irrigação diária e aplicação da lâmina de 621 mm de água (94% ETc) (Fig. 3B). Com uma irrigação a cada dois dias, a lâmina de 523 mm (90% ETc) foi a que proporcionou o maior número de frutos por planta (72) (Fig. 4B). Diferentemente do ocorrido com a produtividade, a maior diferença no número de frutos por planta verificada entre F₁ e F₂ foi no tratamento correspondente à lâmina de 136% da ETc.

Com o tratamento F₂ obtiveram-se os melhores resultados para todas as lâminas de irrigação estudadas. De acordo com Silva (2005), não houve diferença significativa entre tratamentos com manejo de irrigação diferenciado em relação ao estágio fenológico da cultura, tendo-se verificado média de 300 frutos por planta no tratamento com irrigação diária baseada na reposição de 100% da evapotranspiração da cultura.

Plantas submetidas a condições sem estresse de umidade no solo, na região da Zona da Mata mineira, produziram 1.220 frutos por árvore durante um ano, não diferindo dos resultados alcançados com tratamentos com diferentes níveis de estresse (Souza, 2001).

O número de frutos, como variável de estudo da avaliação quantitativa da produção, segue raciocínio similar àquele descrito quanto à produtividade total para explicar os baixos valores obtidos neste trabalho. Sabe-se que o peso total da colheita por árvore está direta e proporcionalmente relacionado com o número de frutos por árvore, sendo essa relação geral para todas as variedades e espécies cítricas (Guardiola, 1992).

Na aplicação dos tratamentos 68% (L_1) e 136% (L_5) foram verificadas as menores médias (54 e 32 frutos por planta, respectivamente). Tais resultados podem ser explicados, provavelmente, pela redução da fixação de frutos e/ou pelo aumento do abortamento floral em condições mais acentuadas tanto de déficit quanto de excesso de água no solo.

A resposta da cultura da lima ácida ‘Tahiti’ aos distintos regimes de irrigação estudados neste trabalho, em relação ao peso médio dos frutos (PMF), revelou diferença significativa a 5% de probabilidade, pelo teste F, apenas para o fator lâmina de irrigação (Tabela 3), corroborando com resultados apresentados por Bertonha *et al.* (2004).

Os frutos tiveram peso médio de 72,7 g, estando dentro da faixa de peso característica da cultura (70–100 g), conforme Luchetti *et al.* (2003). Na amplitude de peso obtida neste trabalho, a lima ácida ‘Tahiti’ possui boa aceitação no mercado consumidor, atendendo plenamente aos padrões internacionais quanto às dimensões dos frutos, segundo classificação citada por Gayet & Salvo Filho (2003).

Segundo a equação de regressão ajustada (Figura 5), a lâmina que proporcionou o maior peso médio do fruto foi a de 566 mm (84 g), correspondente a 91% da ETc. Entre os tratamentos, aquele que forneceu o maior peso foi o referente à lâmina de 100% da ETc (82,5 g), acompanhando os resultados obtidos relativos à produtividade e ao número de frutos por planta, o que evidencia a eficiência superior da reposição total da ETc frente aos demais tratamentos com reposição parcial em todas as variáveis de estudo utilizadas para avaliar quantitativamente a produção da cultura. O valor estimado é superior àquele obtido por Souza (2001) no tratamento com manejo de irrigação sem estresse hídrico, e ao do peso verificado por Alves Júnior (2006), no segundo ano de avaliação (82,7 g), após a aplicação da lâmina de 100% da evapotranspiração da cultura (ETc). Valores ainda menores foram obtidos em trabalho conduzido por Silva (2005), cujo peso médio foi de 69,3 g, trabalhando com reposição de 100% da ETc.

Constata-se, então, que os baixos valores de produção total de frutos obtidos foram atribuídos ao baixo número de frutos por planta, haja vista o elevado peso individual dos frutos neste experimento. Possivelmente, as condições climáticas, com elevadas temperaturas diurnas e noturnas observadas durante o período experimental, colaboraram para a ocorrência deste baixo número de frutos por planta, devido à possibilidade de maior abortamento de flores e abscisão de frutos jovens em altas temperaturas.

De modo geral, o número total de frutos por árvore e seu peso individual são as variáveis de estudo básicas na determinação da produtividade. Ao final do período de queda fisiológica, os frutos são pequenos e necessitam

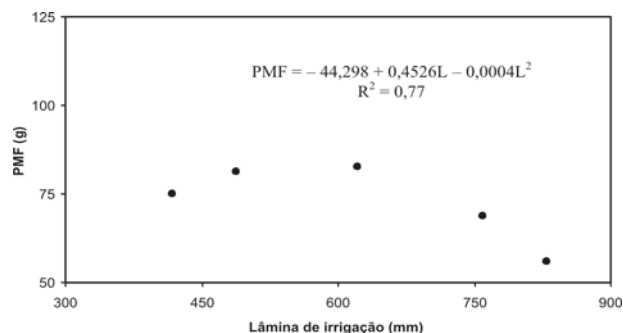


Figura 5. Valores médios de peso médio dos frutos (PMF) da limeira ácida ‘Tahiti’, em função da lâmina de água aplicada.

de grande quantidade de carboidratos para o crescimento. A competição entre eles por fotoassimilados resulta em correlação negativa entre o número de frutos por planta e o seu tamanho na colheita (Medina *et al.*, 2005).

Ajustou-se uma equação de regressão (2º grau) para estimar a eficiência de uso da água, em função das lâminas de água, com irrigação diária (F_1) (Figura 3C). A eficiência cresceu a partir da lâmina de 702 mm, contabilizada pela soma da irrigação referente à reposição de 68% da ETc com a precipitação efetiva até a lâmina de 859 mm (ponto de máxima estimado), correspondente à reposição de 93% da ETc, em que resultou na maior eficiência de uso da água (299 g de frutos por m^3). A partir deste ponto, a eficiência decresceu com o incremento da lâmina, chegando ao valor mínimo (110 g de frutos por m^3), no intervalo estudado, com a lâmina de 1.133 mm (136% da ETc).

Para o tratamento em que se aplicou uma irrigação a cada dois dias (F_2), ajustou-se uma equação (Figura 4C) que expressa como a eficiência de uso da água variou em função das lâminas de água aplicada, considerando irrigação mais precipitação efetiva. Verifica-se que a eficiência em F_2 aumentou com o incremento da lâmina de água aplicada até alcançar “o ponto de máximo” valor com reposição de lâmina de irrigação equivalente a 93% da ETc. Com o aumento da lâmina, a partir desse ponto, a eficiência foi reduzida, atingindo o valor mínimo (99 g de frutos por m^3) com a lâmina de 1.053 mm (136% da ETc).

Com exceção do valor estimado na menor lâmina aplicada, devido ao maior déficit de água no solo imposto à cultura, a eficiência de uso da água em F_1 esteve sempre acima dos níveis obtidos com irrigação a cada dois dias (F_2), indicando melhor conversão de água em massa de frutos com adoção de turno de rega diário.

CONCLUSÃO

O manejo de irrigação com turno de rega diário e reposição de 100% da ETc é o mais indicado para proporcionar maiores níveis de produtividade, peso médio dos frutos e máxima eficiência do uso de água.

AGRADECIMENTOS

À Fazenda FRUTAN, pela cessão de parte do pomar e pelo apoio técnico e operacional na condução do experimento e à CAPES, pela concessão da bolsa de estudos ao primeiro autor.

REFERÊNCIAS

- Allen RG, Pereira LS, Raes D & Smith M (1998) Guidelines for computing crop water requirements. Roma, FAO. 308p.
- Alves Júnior J (2006) 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.
- Andrade Junior AS, Bastos EA, Barros, AH, Figueiredo Júnior, LG, Oliveira C, Gomes AA & Peixoto LO (2004) Atlas Climatológico do Estado do Piauí. Teresina, Embrapa Meio-Norte. 151p.
- Bastos EA & Andrade Júnior AS (2000) Dados agrometeorológicos para o município de Teresina, PI (1980-1999). Teresina, Embrapa Meio-Norte. 25p.
- Bertonha A, Gonçalves ACA, Freitas PSL & Rezende R (2004) Resposta da laranjeira 'Pêra' a níveis de irrigação. *Acta Scientiarum*, 26:185-191.
- Castel, JR (1994) Response of young Clementine citrus trees to drip irrigation. I – Irrigation amount and number of drippers. *Journal of Horticultural Science*, 69:481-489
- Coelho EF, Caldas, RC, Takashi R & Lordelo CM (2001) Resposta do limão Tahiti sob diferentes lâminas de água e frequências de irrigação em condições semi-áridas. In: XI Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, Fortaleza. Anais, Associação Brasileira de Irrigação e Drenagem. p.299-302.
- Doorenbos J & Pruitt JO (1977) Guidelines for predicting crop water requirements. Roma, FAO. 179p.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1986) Solos do Nordeste: Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado do Piauí. Recife, Embrapa. Disponível em: <<http://www.cpamn.embrapa.br>>. Acessado em: 14 de fevereiro 2007.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1988) Critérios para distinção de classes de solos e de fases de unidades de mapeamento: normas em uso pelo SNLCS. Rio de Janeiro, Embrapa. 67p.
- FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations (2007) FAOSTAT statistical database. Disponível em: <<http://www.fao.org.com>>. Acessado em: 13 fevereiro 2007.
- Fereres E (1981) Papel de la fisiología vegetal en la microirrigación. Recomendaciones para el manejo mejorado. In: IV Seminario Latinoamericano de Microirrigación, Barquisimeto. Anais, IICA. p.1-23.
- Gayet JP & Salvo Filho A (2003) Colheita e beneficiamento. In: Mattos Junior D, De Negri JD & Figueiredo JO (Eds.). Lima Ácida Tahiti. Campinas, Instituto Agronômico. p.147-162.
- Guardiola JL (1992) Fruit set and growth. In: International Seminar on Citrus, Bebedouro. Anais, Proceedings International Society of Citriculture. p.139-158.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2006) Produção Agrícola Municipal 2006: culturas temporárias e permanentes. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2006/default.shtm>>. Acessado em: 27 fevereiro 2008.
- IBRAF - Instituto Brasileiro de Frutas (2008) Comparativo das exportações brasileiras de frutas frescas. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/Exportacao/Comparativo_das_Exportacoes_Brasileiras_de_Frutas_frescas_2007-2006.pdf>. Acessado em: 27 fevereiro 2008.
- Keller J & Karmeli D (1975) Trickle irrigation design. Glendora, Rain Bird Sprinkler. 133p.
- Luchetti MA, Mattos Júnior D, De Negri JD & Figueiredo JO (2003) Aspectos gerais e distribuição de cultivo. In: Mattos Junior D, De Negri JD & Figueiredo JO (Eds.). Lima Ácida Tahiti. Campinas, Instituto Agronômico. p.1-12.
- Medina CL & Machado EC (1998) Trocas gasosas e relações hídricas em laranjeira 'Valência' enxertada sobre limoeiro 'Cravo' e 'Trifoliata' e submetida à deficiência hídrica. *Bragantia*, 57:15-22.
- Medina CL, Gomes MMA, Machado EC, Machado MA & Lagoa AMMA (2005) Fisiologia dos citros. In: Mattos Júnior D. (Eds.) Citros. Campinas, Instituto Agronômico. p.147-196.
- Medina CL & Silva JAA (2003) Implantação do pomar e tratamentos culturais. In: Mattos Júnior D, De Negri JD & Figueiredo JO (Eds.) Lima Ácida Tahiti. Campinas, Instituto Agronômico. p.47-66.
- Silva CR (2005) 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.
- Souza MJH (2001) Análises do manejo de água, graus-dia, radiação interceptada e produtividade na lima ácida Tahiti. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 94p.
- Vieira DB (1988) Fertilização e manejo de irrigação em citros. *Laranja*, 2:369-376.
- Vu JCV & Yelenoski G (1991) Photosynthetic responses of citrus trees to soil flooding. *Physiologia Plantarum*, 81:7-14.