

# IRRIGAÇÃO

## ADAPTAÇÃO RADICULAR DO PORTA-ENXERTO LIMÃO 'CRAVO' À IRRIGAÇÃO LOCALIZADA <sup>(1)</sup>

CARMELLO CRISAFULLI MACHADO <sup>(2)</sup>; RUBENS DUARTE COELHO <sup>(3)</sup>

e MAURICIO ANTÔNIO COELHO FILHO <sup>(2)</sup>

### RESUMO

Nos últimos anos, tem-se implantado a irrigação localizada em larga escala, a uma taxa aproximada de 8.000 ha por ano em pomares cítricos adultos no Estado de São Paulo. O presente trabalho tem como objetivo analisar a adaptação fisiológica à irrigação localizada do porta-enxerto limão 'Cravo' (*Citrus limonia* Osbeck) em plantas adultas de lima-ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* Tan), submetidas a diferentes porcentagens de área molhada no solo, visando quantificar o aumento da atividade radicular, à medida que se diminui o volume de solo irrigado, objetivando reduzir o preço de aquisição do sistema de irrigação. Neste trabalho, desenvolveu-se um novo aparelho, denominado "lisímetro poroso", que viabilizou a realização do estudo proposto em pomares adultos. A atividade radicular do porta-enxerto limão 'Cravo' demorou aproximadamente cem dias para aumentar 35% sua capacidade de absorção de água, comparando-se uma planta com 24,2% a outra com 12,2% da projeção da copa irrigada.

**Termos de indexação:** manejo de irrigação, citros, *Citrus limonia* Osbeck, atividade radicular, absorção de água, lima-ácida 'Tahiti', *Citrus latifolia* Tan.

---

<sup>(1)</sup> Parte da Dissertação do primeiro autor apresentada à ESALQ/USP para obtenção do título de Mestre em Irrigação e Drenagem. Projeto financiado pela FAPESP.

<sup>(2)</sup> Departamento de Engenharia Rural, ESALQ/USP, 13418-250 Piracicaba (SP).

<sup>(3)</sup> Departamento de Engenharia Rural, ESALQ/USP.

## SUMMARY

### ROOT ADAPTATION OF 'RANGPUR' LIME ROOTSTOCK TO TRICKLE IRRIGATION

Recently, trickle irrigation use has increased about 8,000 ha per year in adult citrus orchards in São Paulo State, Brazil. The present work evaluated the physiological adaptation of 'Rangpur' lime (*Citrus limonia* Osbeck) rootstock on 'Tahiti' acid lime (*Citrus latifolia* Tan.) adult trees to local irrigation. Trees were submitted to different soil wetting area percentages, in order to quantify the increase of root activity with a decrease on irrigated soil volume, and to address the reduction of the irrigation system cost. It was developed new equipment named "porous lisimeter", which allowed the conduction of the present study. Root activity of 'Rangpur' lime trees, which received irrigation water on a soil wetting area corresponding to 12.2% of its canopy diameter, delayed 100 days to increase 35% of its water uptake capacity as compared to roots of trees irrigated on a 24.2% wetting area basis.

**Index terms:** irrigation of management, citrus, *Citrus Limonia* Osbeck, root activity, water uptake.

## 1. INTRODUÇÃO

A irrigação de pomares, com microaspersor ou gotejador, é uma técnica em expansão em todo o mundo. Essa prática levou a vários experimentos, com diferentes frações de áreas molhadas, notando-se mudanças no desempenho das raízes das árvores monitoradas. A aplicação freqüente de água para uma área de menor superfície molhada correspondeu a uma melhora na eficiência de absorção, com pequeno impacto no crescimento de plantas cítricas (BIELORAI, 1982; MORESHET et al., 1983).

Tais estudos revelam não ser necessário o suprimento de água em todo o sistema radicular para que ocorra um aumento da produtividade, porque as

plantas têm capacidade de se adaptar a mudanças drásticas na fração de área molhada pela irrigação (PONI et al., 1992).

Em cinco anos estudando a produção da laranja 'Valência' e sua resposta à quantidade de água aplicada pelo método de irrigação localizada, KOO e SMAJSTRLA (1984) estimaram as irrigações em 100%, 50% e 25% do valor da evapotranspiração, pelo resultado da evaporação do tanque classe A. Os resultados observados foram os seguintes: com o sistema de irrigação por microaspersão, molhando de 28% a 51% da área abaixo da copa da planta, observou-se um incremento no rendimento de 65%, quando comparado à testemunha não irrigada; com o sistema de irrigação por gotejamento, molhando de 5 a 10% da área abaixo da copa da planta, houve aumento de 44% no rendimento.

O presente trabalho tem como objetivo estudar a adaptação fisiológica à irrigação localizada do porta-enxerto limão 'Cravo' em plantas adultas de lima-ácida 'Tahiti', a diferentes porcentagens de área molhada no solo, quantificando o aumento da atividade radicular à medida que se reduz a porcentagem de área molhada no solo, em condições tropicais, sem o uso de fertirrigação.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no município de Piracicaba, no campo experimental de irrigação do Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP, em solo classificado como terra roxa estruturada (Alfissolo), série Luiz de Queiroz. O pomar de lima-ácida 'Tahiti' sob limão 'Cravo' estava com seis anos de idade. Para que o objetivo pudesse ser alcançado, desenvolveu-se um método de trabalho com base na quantificação da atividade radicular com irrigação localizada em 24,40% e 12,25% da área de projeção da copa, mediante um novo equipamento: o "lisímetro poroso". O método baseia-se em um conjunto de cápsulas de cerâmica interligadas e enterradas na proje-

ção da copa da planta a ser monitorada. A cápsula porosa, atuando como um emissor poroso de água enterrado no solo, em formato cilíndrico (diâmetro, 5 cm; altura, 14 cm e pressão de borbulhamento de 20 Kpa), está conectada a um reservatório de água operando como tubo de Mariotte (carga hidráulica constante independente do nível de água no interior do reservatório). Na Figura 1, observa-se o esquema de funcionamento de uma das cápsulas do lisímetro poroso.

O consumo de água no lisímetro poroso foi quantificado pela variação do nível de água no reservatório de abastecimento das cápsulas porosas enterradas no solo.

As duas plantas utilizadas no experimento foram devidamente isoladas (Figura 2) para garantir que só recebessem água do lisímetro poroso. Foram abertas quatro trincheiras ao redor das plantas e instaladas lonas de polietileno

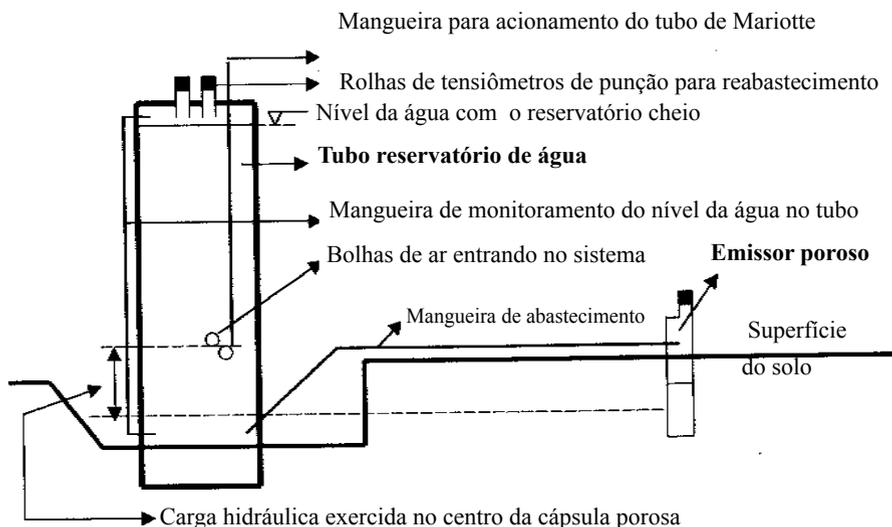


Figura 1. Esquema de funcionamento do lisímetro poroso para medição do consumo de água pela planta

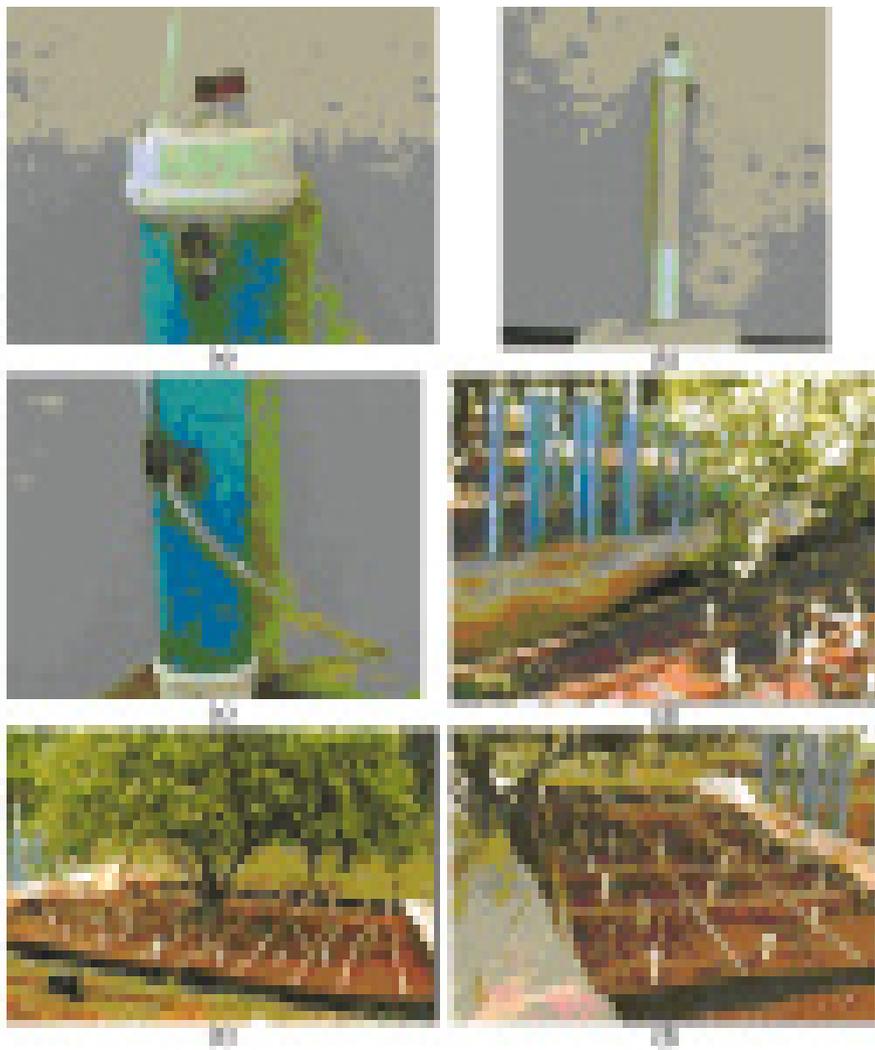


Figura 2. **A:** detalhe do cap superior; **B:** emissor poroso de carga constante; **C:** detalhe saída reservatório; **D:** tubos reservatórios instalados no campo e estrutura de cobertura da planta; **E:** planta 1: 64 emissores porosos de carga constante, e **F:** planta 2: 32 emissores porosos de carga constante.

pretas de 0,9 m, sendo que 0,7 m ficou enterrado e 0,2 m acima do nível do solo, para evitar fluxos horizontais de água na superfície e no perfil do solo. Já na área de projeção da copa da planta, construiu-se uma estrutura de madeira de suporte das lonas de polietileno transparente, para impedir a entrada direta da chuva.

Para o experimento, construíram-se e testaram-se trinta tubos reservatórios e cem emissores de carga constante: estes últimos foram instalados em anéis equidistantes de 0,7 m uns dos outros, ou seja, nas distâncias de 0,7; 1,4; 2,1 e 2,8 m do tronco, e espaçados 0,6 m entre os emissores na linha. Na planta 1, instalaram-se 64 emissores porosos, distribuídos em 100% da área de projeção da copa, segundo o critério preestabelecido e formando uma área molhada de 6,08 m<sup>2</sup>. Já na planta 2, instalaram-se 32 emissores, distribuídos em 50% da área de projeção da copa, formando uma área molhada de 3,02 m<sup>2</sup> (Figura 2).

Os emissores porosos de carga constante foram instalados com o centro da cápsula porosa a 12,5 cm de profundidade, ou seja, no centro da camada de solo que apresenta maior eficiência de absorção de água (0-0,25 m), de acordo com os resultados da distribuição espacial do sistema radicular do limão ‘Cravo’ enxertado com lima ácida ‘Tahiti’ (MACHADO e COELHO, 2000).

O equipamento trabalhou com carga hidráulica positiva de 10 cm no primeiro período de operação (25/8/99 a 6/10/99), porém o bulbo molhado formado pelo emissor poroso não apresentou uma forma ou tamanho adequado; com isso, no segundo período, o sistema operou com carga hidráulica positiva de 40 cm (7/10/99 a 2/12/99); dessa forma, o bulbo molhado formado pelo emissor poroso teve um aumento, chegando aos valores de área molhada previstos.

O monitoramento do tamanho do bulbo molhado formado por um emissor poroso foi feito com tensiômetros de punção, instalados da seguinte forma: distância do emissor de carga constante de 10, 20, 30 e 40 cm; para cada distância, instalaram-se em seis profundidades, a saber: 10, 20, 30, 40, 50 e 60 cm.

Estimou-se a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) pelo método de Penman-Monteith utilizando os dados da estação meteorológica automática do Departamento de Física da ESALQ/USP. Para transformar os resultados de evapotranspiração de referência em evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), empregaram-se os coeficientes de cultura propostos por VIEIRA e RIBEIRO (1993). O procedimento utilizado para a correção da ET<sub>c</sub> pelo efeito da localização foi o proposto por Keller, citado por PIZARRO (1996): baseia-se na fração da superfície de projeção da copa da planta pela superfície total disponível para a planta.

$$A = \frac{\text{Área de projeção da copa da planta}}{\text{Área total do espaçamento de plantio}}$$

$$K_r = A + [0,15*(1-A)]$$

O diâmetro médio de copa das plantas do pomar estava em torno de 5,6 m e o espaçamento de plantio era de 8 x 7 m. Aplicando esses valores nas equações acima, encontra-se um K<sub>r</sub> de 0,52. Com isso, tem-se a equação para estimativa da evapotranspiração da cultura:

$$ET_c \text{ (mm/dia)} = ET_o \cdot K_c \cdot K_r$$

Como o sistema de medição do consumo de água pela planta, proposto no trabalho, fornece os dados em litros consumidos diariamente (volume absorvido L/dia), convertemos a ET<sub>c</sub> em volume de água demandado pela planta diariamente ou volume estimado de irrigação, multiplicando a ET<sub>c</sub> pela área de projeção da copa da planta. O resultado foi expresso em L/dia, ou seja, o volume estimado de irrigação (VEI).

$$VEI \text{ (L/dia)} = ET_c \text{ (L/m}^2 \cdot \text{dia)} \cdot \text{Área de projeção da copa da planta (m}^2\text{)}$$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o monitoramento do potencial mátrico no bulbo molhado pela cápsula porosa, verificou-se que aquele se manteve a 10 kPa até 15 cm de distância da cápsula. Analisando o consumo de água diário em cada emissor

poroso instalado, verificou-se que o volume de água fornecido por cada emissor foi semelhante àquele de água fornecido no emissor com monitoramento do potencial mátrico da água no bulbo molhado, podendo-se concluir que os bulbos molhados não foram diferentes uns dos outros. Com isso, calculou-se a área molhada pelo emissor poroso de carga constante monitorado com tensiômetros. Com esse valor, estimou-se a área molhada total nas duas plantas em estudo. Estimada a área molhada por planta, calcula-se a porcentagem de área molhada (PW), em função do espaçamento de plantio do pomar e da área molhada por planta. Já a porcentagem de área molhada em função da área de projeção da copa da planta (P) foi calculada dividindo a área molhada por planta pela área de projeção da sua copa. A área molhada em cada uma das plantas em estudo e seus respectivos valores de PW e P podem ser vistos na Tabela 1.

O volume de água absorvido pela planta no sistema proposto e o volume estimado de irrigação constituem a Figura 3. A primeira parte dos resultados mostra o sistema trabalhando com uma carga hidráulica de 10 cm de coluna de água (c.a.) no centro da cápsula porosa ( $H_1$ ), de 26 de agosto a 6 de outubro (1.º período), enquanto a segunda parte do gráfico indica os resultados com o sistema trabalhando com carga hidráulica de 40 cm c.a. ( $H_2$ ), em 7 de outubro-3 de dezembro (2.º período). Verifica-se que os resultados seguem a mesma tendência do volume estimado de irrigação, ou seja, quando a demanda atmosférica aumenta ou diminui, o sistema responde da mesma forma.

Tabela 1. Valores de PW e P e a área molhada pelo sistema proposto

	PW	P	Área molhada
	%	%	m <sup>2</sup>
Planta 1.....	10,80	24,40	6,08
Planta 2.....	5,38	12,25	3,02

Pela Figura 3, verifica-se ainda que o sistema de fornecimento de água às plantas não correspondeu exatamente ao volume estimado de irrigação. Isso pode ser visualizado nos resultados de volume absorvido acumulado nos períodos analisados para as plantas 1 e 2, e o volume de irrigação estimado acumulado (Tabela 2). Esses resultados mostram que a planta 1, no primeiro período, teve 99,25% de sua necessidade hídrica suprida, e, a planta 2, apenas 45,85%. No segundo período, a planta 1 teve um suprimento de 81,99% e a 2, apenas 50,66% do volume total de irrigação estimado.

Considerando o volume estimado de irrigação como 100%, ou seja, o volume de irrigação ideal para a máxima produção, a Figura 4 mostra a percentagem de água absorvida pelas duas plantas, para o 1.º período e para o 2.º período respectivamente. Analisando tais resultados, observa-se que, nos dias com precipitações naturais e/ou umidade relativa alta, o volume estimado de irrigação diminui significativamente. Como, porém, estavam em condições de

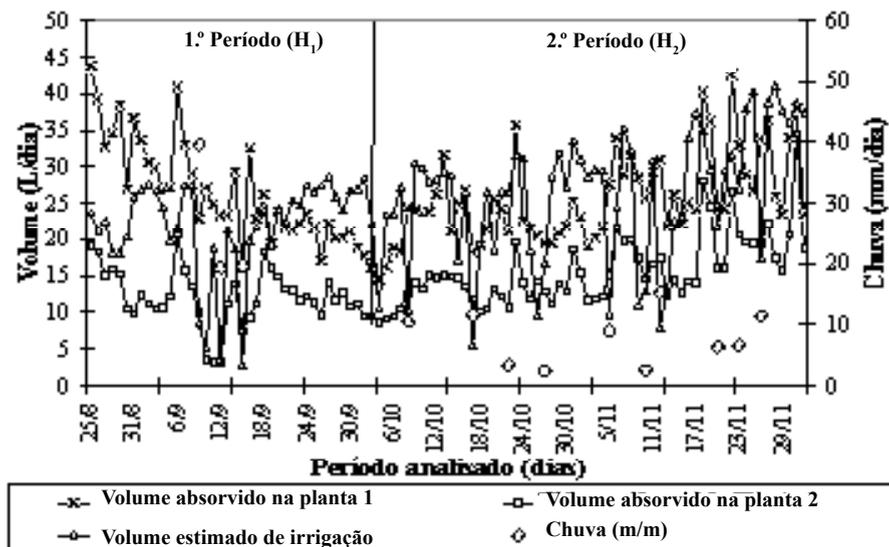


Figura 3. Volume de água absorvido pelas plantas 1 e 2 (emissor poroso de carga constante) e volume estimado de irrigação em L/dia

Tabela 2. Volumes acumulados da água absorvida pelas plantas 1 e 2 e o volume estimado de irrigação acumulados

Período	Volume absorvido		Volume estimado de irrigação
	Planta 1	Planta 2	
	L		
26/8 a 6/10.....	1.108,13	511,98	1.116,48
7/10 a 2/12.....	1.492,08	922,07	1.819,85

estresse hídrico - Tabela 2 - as plantas mantinham um ritmo alto de absorção de água; por isso, nos dias com baixa demanda evapotranspiratória, o consumo das plantas foi maior que os estimados pelo cálculo do volume de irrigação. Observa-se - Figura 4 - que, nos dias chuvosos, o sistema de irrigação proposto forneceu de 300 a 400% do volume estimado de irrigação.

Para melhor interpretação dos resultados, deve-se analisar somente os períodos não chuvosos. Na Figura 5, em três períodos analisados, sem precipitações naturais, é possível verificar um comportamento bastante consistente dos dados coletados.

Comparou-se diretamente o consumo da planta 1 (referência, 100%) e o consumo da planta 2. Considerando que, na planta 1, havia 64 emissores porosos de carga constante e, na 2, apenas 32, o volume de água absorvido por esta deveria ser a metade do referente à planta 1. Os resultados, porém, tiveram uma tendência ao aumento, ou seja, o volume absorvido pela planta 2 foi de 58 a 60% do requerido pela 1. Essa tendência de aumento com o passar do tempo indica que o sistema radicular está-se adaptando gradativamente à irrigação localizada, embora não tão rapidamente quanto esperado. Isso pode ser visto na Figura 6, que considera o volume absorvido na planta 1 como 100% e a porcentagem requerida pela planta 2 em relação àquela.

Na estimativa da evapotranspiração da cultura, consideraram-se a evapotranspiração de referência, estimada pelo método de Penman-Monteith,

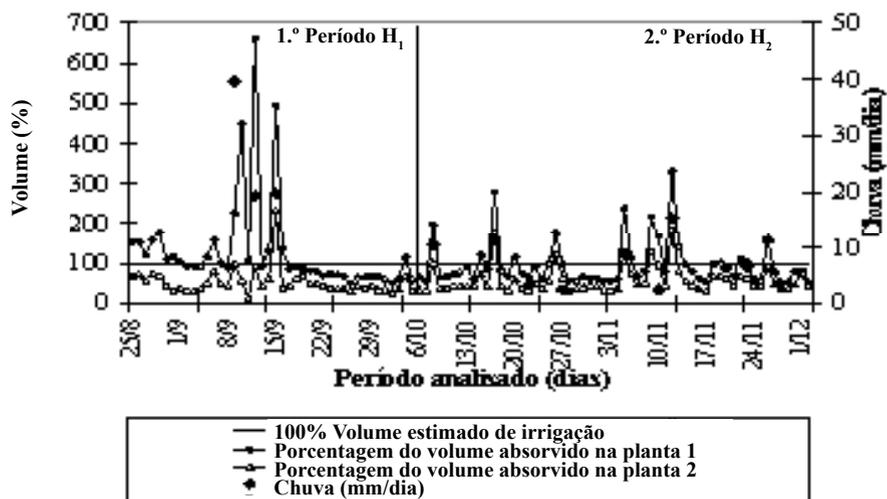


Figura 4. Análise comparativa entre a porcentagem ideal de irrigação (vol. estimado) e os volumes percentuais absorvidos pelas plantas 1 e 2 nos períodos analisados

o coeficiente de cultura ( $K_c$ ), proposto por VIEIRA e RIBEIRO (1993), e o coeficiente de correção pelo efeito da localização ( $K_r$ ); outro coeficiente, porém, deve ser utilizado para corrigir o efeito da redução da área molhada por planta: o coeficiente de adaptação radicular ( $K_{ad.r.}$ ), pois, pela Figura 5, observa-se que caso o coeficiente  $K_{ad.r.}$  fosse desconsiderado nos cálculos da evapotranspiração da cultura, estaríamos aplicando um volume excessivo de 30% em relação à capacidade de absorção da planta 1, e de 40% em relação à capacidade de absorção da planta 2.

Analisando as leituras de potencial mátrico nos tensiômetros instalados para monitoramento do bulbo molhado pelo emissor, verificou-se que elas se mantinham constantes e em níveis muito baixos (-70 Kpa), na parte inferior do bulbo (40 a 50 cm); isso permite concluir que a água fornecida pelo sistema não estava sendo lixiviada para as camadas inferiores.

É necessário um monitoramento preciso do aprofundamento do bulbo molhado no solo, na irrigação localizada, principalmente na fase de adaptação

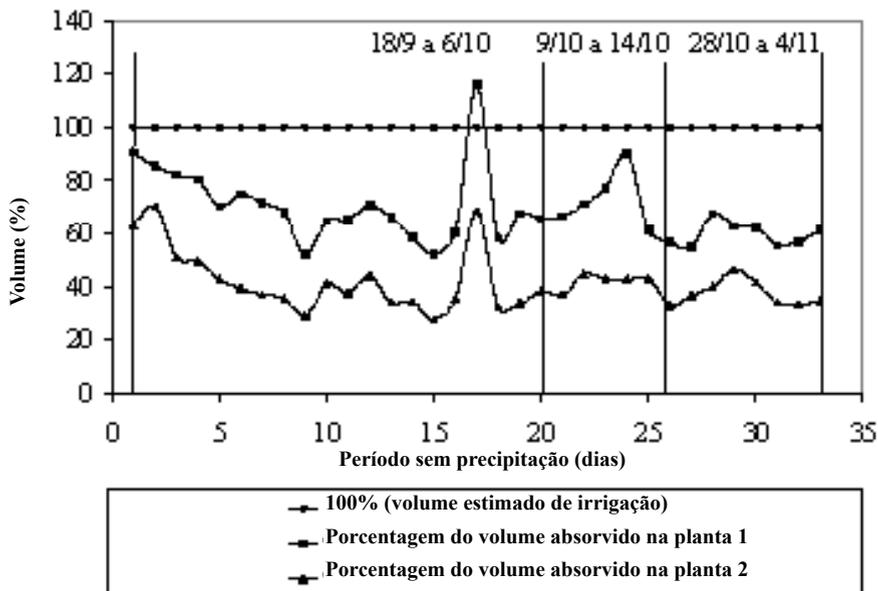


Figura 5. Análise comparativa entre a porcentagem ideal de irrigação (vol. estimado) e os volumes percentuais absorvidos pelas plantas 1 e 2 nos três períodos sem precipitações naturais.

do sistema radicular, uma vez que o excesso de água poderá causar deficiência de aeração dentro do bulbo molhado e, por decorrência, promover a lixiviação de adubos no perfil do solo.

Os resultados mostram uma mudança no desempenho das raízes das árvores monitoradas e, ainda, uma melhora aproximadamente de 30% na eficiência de absorção de água, confirmando os resultados de BIELORAI (1982) e MORESHET et al. (1983).

De acordo com PONI (1992), as plantas têm a capacidade de se adaptar a mudanças drásticas na fração de área molhada pela irrigação. Os resultados, porém, mostraram que a adaptação não é rápida, e que as plantas podem passar por deficiência hídrica no início do período de adaptação à irrigação localizada. Tais fatos podem fazer com que o aumento na produtividade seja retardado por um ou dois anos até que seja significativo, como os rendimentos obtidos por KOO e SMAJSTRLA (1984).

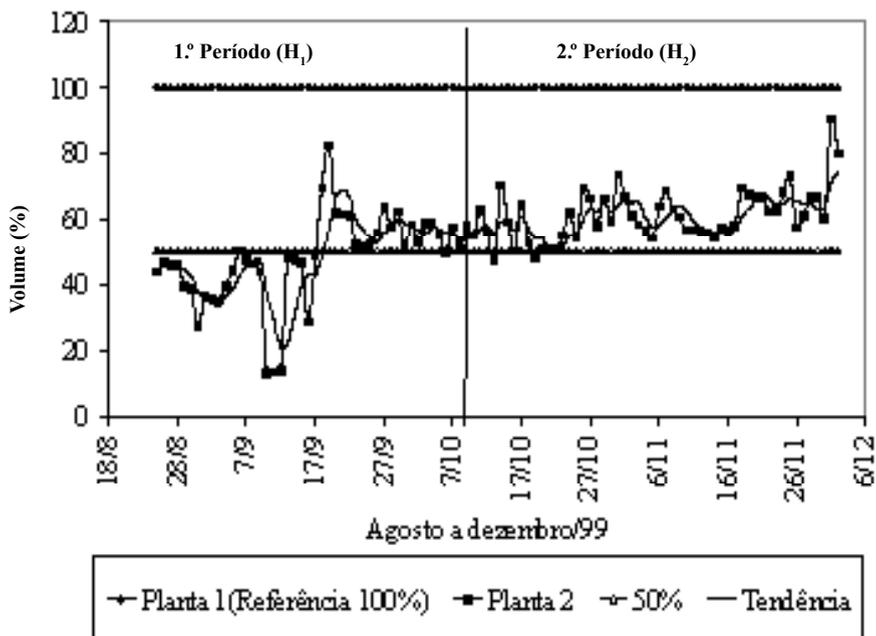


Figura 6. Volume requerido na planta 1 como 100% e porcentagem requerida pela planta 2 em relação àquela.

Outra questão a analisar é que a adaptação radicular à irrigação localizada se apresenta mais eficiente com o uso da fertirrigação. Volumes de solo reduzidos, recebendo o aporte de quantidade significativa de adubos, apresentarão, a médio e a longo prazos, um aumento do potencial osmótico da solução do solo e, simultaneamente, uma diminuição no seu poder-tampão, sobretudo no que se refere aos efeitos de acidificação dos adubos na solução do bulbo molhado. O uso de adubos adequados (baixo índice salino, alta solubilidade, neutralidade e pureza), na citricultura fertirrigada poderá solucionar esse problema técnico, caso seja economicamente viável utilizar tais adubos para atender à demanda de nutrientes dos pomares cítricos fertirrigados paulistas. Tais fatos indicam que, quanto mais se reduz a área molhada sobre a projeção da copa, maior deverá ser a sofisticação do irrigante no manejo da irrigação e da fertirrigação. Com efeito, insucessos poderão surgir no futuro

na irrigação localizada, em pomares cítricos no Estado de São Paulo, não pela incapacidade fisiológica da planta cítrica em se adaptar à irrigação localizada, mas, sim, pela falta de recursos humanos, em nível de campo, para a operação tecnicizada do sistema.

Não se recomenda, nessa fase de adaptação do sistema radicular, o monitoramento da irrigação unicamente por métodos climatológicos, uma vez que não se conhece, com precisão, o valor do coeficiente de adaptação radicular (Kad.r.) da cultura.

Recomenda-se a aplicação de hipoclorito de sódio e de ácido fosfórico continuamente na água de abastecimento do emissor poroso de carga constante, para evitar eventual entupimento da cápsula porosa, pela formação de uma mucilagem de alga e bactéria no seu interior.

O método proposto do lisímetro poroso apresenta um potencial promissor na substituição de lisímetros, na estimativa da evapotranspiração real das culturas. Especial atenção deverá ser dada à densidade de cápsulas porosas instaladas no campo, uma vez que o diâmetro do bulbo umedecido varia de solo para solo.

#### 4. CONCLUSÃO

A adaptação do porta-enxerto limão ‘Cravo’, de uma planta adulta, à irrigação localizada, sem o uso de fertirrigação e nas condições climáticas paulistas, demorou aproximadamente cem dias, para aumentar entre 35% a sua capacidade de absorção de água, se comparada uma planta com 24,2% a outra com 12,2% da área molhada em relação à projeção da copa da planta.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

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

MACHADO, C. C.; COELHO, R. D. Estudo da distribuição espacial do sistema radicular do limão 'Cravo' enxertado com lima ácida 'Tahiti'. **Laranja**, v.21, n.2, p.359-380, 2000.

MORESHET, S.; COHEN Y; FUCHS, M. Response of mature "Shamouti" orange trees to irrigation of different soil volumes and similar levels of available water. **Irrigation Science**, v.3, p.223-236, 1983.

PIZARRO, F. **Riegos localizados de alta frecuencia**. 3. ed. Madrid: Ed. Mundi Prensa, 1996. 471p.

PONI, S. T.; SCUDELLARI, D.N.; TOSELLI, M. Influence of root pruning and water stress on growth and physiological factors of potted apple, grape, peach and pear trees. **Science Horticultural**, v.52, p.223-236, 1992.

VIEIRA, D. B.; RIBEIRO T. A. Estudos de parâmetros básicos de irrigação do limão 'Tahiti' (*Citrus limonia* Osbeck) sob micro-aspersão. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22., 1993. Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: SBEA/CEPLAC, 1993. v.4, p.232-239.