

# ESTUDO DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DO SISTEMA RADICULAR DO PORTA-ENXERTO LIMÃO ‘CRAVO’ SOB LIMA ÁCIDA ‘TAHITI’<sup>1</sup>.

Carmello Crisafulli MACHADO<sup>2\*</sup>; Rubens Duarte COELHO<sup>3</sup>

## RESUMO

O conhecimento do sistema radicular das culturas é importante para os projetos de irrigação, no que se refere à profundidade de irrigação e aos cálculos das lâminas brutas e líquidas de irrigação. O trabalho de pesquisa teve dois objetivos básicos: estudar a distribuição espacial pelo método da trincheira e estudar a atividade radicular do porta-enxerto limão ‘Cravo’ em plantas adultas de lima ácida ‘Tahiti’, conduzido em condições de sequeiro, em função da variação de umidade no perfil de solo proveniente de chuva em 100% da área de projeção da copa da planta. Com base nos resultados da distribuição do sistema radicular do limão ‘Tahiti’, determinou-se a profundidade efetiva (Pe) na linha de plantio, cujo valor foi de 0,40 metro. Com a distribuição das raízes na horizontal, verificou-se que a distância efetiva (De) é de 2,0 m do tronco, porém, como as copas apresentam tamanhos diferentes, pode se dizer que a De está entre 50 e 75% do raio da projeção da copa.

**Termos de indexação:** manejo de irrigação, profundidade efetiva, sistema radicular, citros.

---

<sup>1</sup> Parte da Dissertação do primeiro autor.

<sup>2\*</sup> Engenheiro Agrícola, Mestre em Irrigação e Drenagem pela ESALQ/USP, Departamento de Engenharia Rural, Projeto financiado pela FAPESP, Rua Almirante Barroso 290, apt. 282 ed. Paris Bairro dos Alemães, Piracicaba-SP, tel. 0xx (19) 433-0556, email: ccmachad@carpa.ciagri.usp.br

<sup>3</sup> Engenheiro Agrônomo, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Rural da ESALQ/USP.

## SUMMARY

### DISTRIBUTION OF 'RANGPUR' LIME ROOTSTOCK'S ROOT SYSTEM UNDER 'TAHITI' ACID LIME.

The knowledge of crop root system is important to irrigation projects referring to the irrigation depth and to the gross and net water sheets estimate. The research focused on two objectives basically: the study of the spatial distribution toward the trench method, and the study of the root activity of the 'Rangpur' lime rootstock on adult, non-irrigated, 'Tahiti' acid lime plants, according to the rain moisture variation along the soil profile in 100% of the 'Tahiti' acid lime canopy projection area. Based on the results of the distribution of 'Tahiti' acid lime root system, the effective depth on the planting lime (Pe) of 0,4 m was determined. As the horizontal root distribution was measured, the effective distance (De) of 2,0 m from the trunk was verified. However, as the canopy had different sizes, the De is between 50 and 75% of the canopy projection distance.

**Index terms:** irrigation management, effective rooting depth, root's system, citros.

## 1. INTRODUÇÃO

Geralmente o sistema radicular é formado por uma ou duas raízes pivotantes, de onde saem as raízes pioneiras. Das pioneiras, saem as raízes fibrosas e destas, as radículas, que são flexíveis, maleáveis, e juntamente com as fibrosas são as que absorvem água.

O sistema radicular é uma estrutura física, que dá suporte às plantas, funcionando como fundação para que o vegetal possa permanecer sobre o solo. Além disso, desempenha importantes atividades fisiológicas, tanto na síntese de fitohormônios, como na absorção da solução do solo. Tais atividades são moduladas pelos fatores que afetam a respiração, tais como a taxa de difusão do oxigênio e a temperatura do solo, que também atuam como reguladores na disponibilidade de íons, na toxidez e na presença de patógenos no solo. Por outro lado, tanto a temperatura quanto a taxa de difusão de oxigênio e a sua quantidade são influenciadas pela umidade do solo (Magalhães, 1988).

Arruda (1989) define a profundidade efetiva ( $P_e$ ) das raízes como a profundidade do perfil do solo onde se encontram, pelo menos, 80% do total do sistema radicular. Já o conceito da distribuição das raízes na horizontal, ou seja, a determinação da sua distância efetiva ( $D_e$ ), definida como a distância a partir do tronco da planta onde se encontram, pelo menos, 80% do total de raízes, é de uso recente. Esse conceito, de pouco valor antes do advento da irrigação localizada, é muito importante, pois indica a área de onde se deverão retirar amostras de solo para o controle da umidade, ou a melhor área para a colocação de instrumentos, como o tensiômetro, visando o manejo da irrigação. Ainda, em sistemas de irrigação localizada, permite fixar a distância adequada, a partir do tronco, para a aplicação da água. Gomes (1996) foi, praticamente, o primeiro autor a usar o termo distância efetiva: os dados de sua pesquisa para citros irrigados ficaram entre 1,56 e 1,63 m.

Os maiores problemas encontrados nas técnicas de estudo da atividade e da distribuição do sistema radicular são o tempo de amostragem, a destruição do sistema exigida pelos métodos, assim como a acentuada variabilidade espacial encontrada. Tais

inconvenientes têm levado ao desenvolvimento de métodos indiretos, como a variação temporal do conteúdo de água do solo, método que se baseia na hipótese de que a taxa de decréscimo de água no solo se correlaciona com a quantidade de raízes, permitindo inferir sobre a atividade do sistema radicular no perfil do solo (Bohm, 1979). Pearson (1974) avalia que a principal vantagem desse método, além de não ser destrutivo, é que o resultado expressa diretamente a habilidade da planta em retirar água das diferentes camadas do solo. Segundo o autor, algumas condições devem ser assumidas: a) durante o período de medidas, não deve existir fluxo significativo de água no solo de uma camada para outra, admitindo-se perda de água unicamente por transpiração; b) no início do período de medidas, o perfil encontra-se igualmente molhado em profundidade.

O presente trabalho teve como objetivo estudar a distribuição do sistema radicular do porta-enxerto limão ‘Cravo’ sob lima ácida ‘Tahiti’, pelo método da trincheira e também pela variação temporal do conteúdo de água do solo.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na área experimental de irrigação do Departamento de Engenharia Rural, na fazenda Areão, pertencente à Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP, no município de Piracicaba, SP, situado nas coordenadas geográficas de 22<sup>o</sup> 42’ de latitude sul e 47<sup>o</sup> 38’ de longitude oeste e altitude de 540 m. O solo da área é classificado como Terra Roxa Estruturada. O pomar de lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* Tanaka) enxertada sobre limão ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck) foi instalado em 1993, no espaçamento de 8 x 7 m. No final do ano de 1995,

instalou-se um sistema de irrigação localizada, utilizando microaspersores DAN 2001, com vazão de 22 L/h e bailarina preta. O sistema de irrigação era operado esporadicamente, com finalidades didáticas, não se conduzindo a irrigação de maneira contínua e nem com fertirrigação, caracterizando o desenvolvimento do pomar em condição de sequeiro e sem a formação de "ranking", que é quando uma planta se encontra com as vizinhas formando uma fileira contínua de planta.

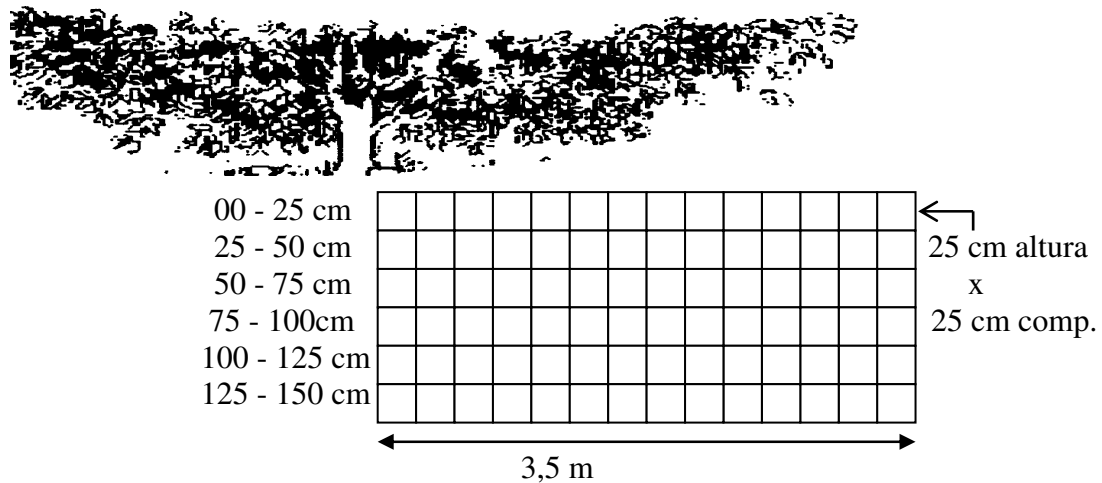
A escolha das plantas baseou-se no trabalho de Coelho Filho (1998), que estudou a variabilidade e a dependência espacial dos componentes granulométricos do solo, a densidade do solo, o potencial mátrico do solo e a retenção de água; além disso mapeou e identificou as zonas com baixa variabilidade, por meio do processo de interpolação por "krigagem", visando a definir um manejo racional da irrigação, de modo a associar as propriedades físicas do solo com o consumo hídrico das plantas do pomar. A subdivisão que melhor expressou o comportamento de consumo no pomar foi a de 4 regiões diferenciadas, com  $K_c$  variando de 0,56 a 1,2. Com isso, escolheram-se duas plantas, com diâmetro de copa de 5,6 m, que pertenciam à mesma zona com baixa variabilidade de consumo para o estudo da distribuição radicular pelo método da variação temporal do conteúdo de água do solo. Outras duas plantas com diâmetro de 5,6 m foram escolhidas para a abertura das trincheiras e aquisição das imagens.

Para o estudo da distribuição do sistema radicular, pelo método da trincheira, uma retroescavadeira abriu uma trincheira com profundidade de 1,80 m, a partir da superfície do solo, e 3,5 m de comprimento a partir do tronco da planta, no sentido da linha de plantio da cultura, distante do tronco 0,5 m. Após a abertura das trincheiras, foram realizados os seguintes passos: a) exposição das raízes, por meio de lavagem do solo com água, de apenas 1 cm de profundidade, de tal forma que a parede da trincheira

permanecesse em nível com a vertical; como a imagem a ser adquirida representa um volume de solo conhecido (25 cm altura x 25 cm comprimento x 1 cm de profundidade), foi possível a aquisição da imagem com a quantidade de raízes presente no volume de solo desejado; b) pintura localizada das raízes com tinta spray de coloração branca, visando a aumentar o contraste em relação ao solo para facilitar a aquisição das imagens (com o auxílio de uma espátula, retirou-se o excedente de tinta do perfil do solo); c) o perfil de solo foi dividido com barbantes pintados de azul anil, para evitar reflexo na hora da filmagem, em quadrados de 25 x 25 cm, (625 cm<sup>2</sup>), para a aquisição das imagens, através de um quadro de 3,5 m de comprimento e 1,5 m de altura, como mostra a Figura 1.

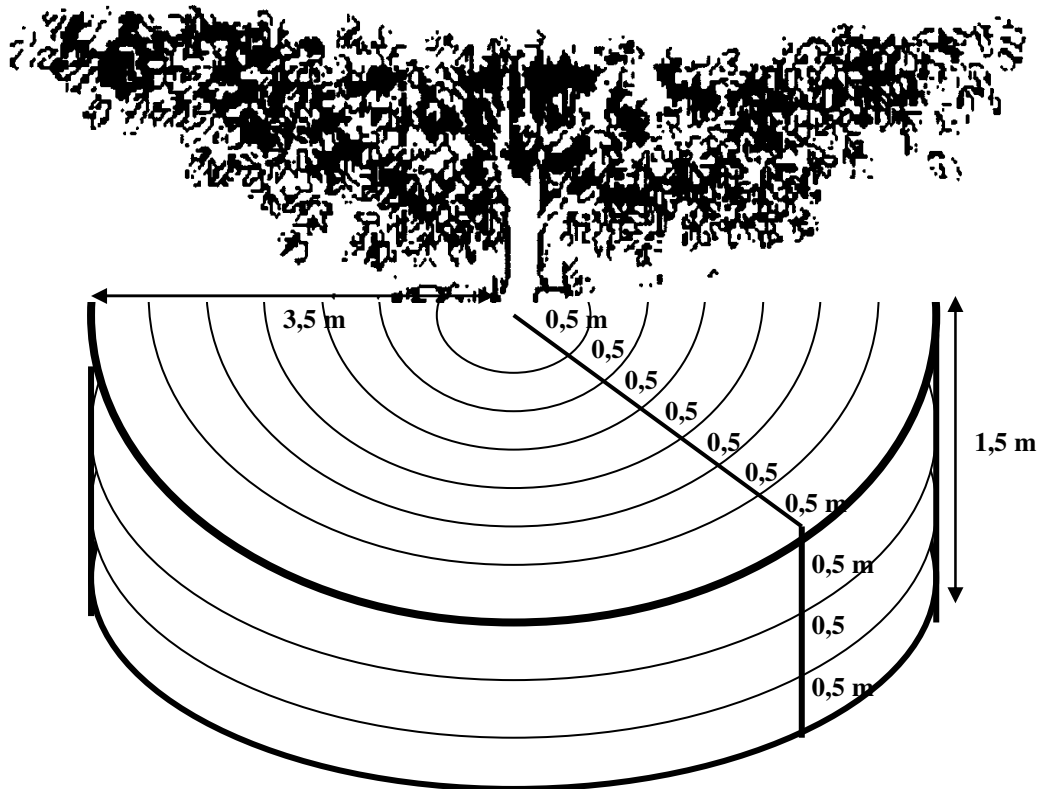
As imagens foram feitas com filmadora de vídeo comum, à distância de um metro do perfil. Digitalizaram-se as imagens obtidas para cada quadrícula, utilizando-se uma placa digitalizadora, com resolução espacial igual a 512 x 512 pixels. Em seguida, tais imagens foram tratadas no programa COREL DRAW, regulando-se contraste e brilho e convertendo-as para 256 cores (8 bits).

Para o processamento das imagens, foi utilizado o “software” SIARCS (Sistema Integrado para Análise de Raízes e Cobertura do Solo), desenvolvido pela EMBRAPA/ CNPDIA – São Carlos/SP (Crestana et al., 1994), que permite avaliar a distribuição do sistema radicular da cultura quanto à porcentagem de área e ao comprimento de raízes. Para os cálculos do comprimento das raízes, as imagens passam pelo processo de esqueletização, que consiste em afiná-las à espessura de uma linha. O resultado final foi expresso em comprimento de raízes, presentes em 625cm<sup>3</sup> de solo.



**Figura 1.** Esquema experimental de amostragem utilizado para a quantificação da distribuição radicular através da filmagem. Disposição da tela e suas dimensões.

A análise da distribuição espacial do sistema radicular da lima ácida ‘Tahiti’ enxertada sobre limão ‘Cravo’ utilizou os resultados obtidos nas trincheiras para a extrapolação dos resultados para todo o volume de solo ocupado pela planta. Como cada imagem obtida na trincheira representava um volume de solo ( $625 \text{ cm}^3$ ), estes resultados foram extrapolados para o volume de solo que cada imagem representa na planta inteira. Um esquema de anéis concêntricos foi utilizado para calcular as áreas e volumes dos respectivos anéis de solo nas diferentes distâncias e profundidades analisadas (Figura 2).



**Figura 2.** Metodologia dos anéis concêntricos, utilizados na quantificação do volume de solo dos respectivos anéis, em função da distância do tronco e das profundidades analisadas para o estudo da distribuição espacial das raízes.

Nas duas plantas referentes ao monitoramento da umidade, foram instaladas 13 baterias de tensiômetros, cobrindo 50% do sistema radicular da planta. Cada bateria é formada por quatro tensiômetros, estando o primeiro a 12,5 cm de profundidade, representando a camada de 0 a 25 cm; o segundo, a 37,5 cm de profundidade, representando a camada de 25 a 50 cm; o terceiro, a 62,5 cm de profundidade, representando a camada de 50 a 75 cm; o quarto, a 87,5 cm de profundidade, representando a camada de 75 a 100 cm. As distâncias em relação ao tronco da planta foram calculadas em função do centro de cada área, com sua respectiva bateria de tensiômetros. Os valores das respectivas distâncias e áreas estão apresentados na Tabela 01.



**Tabela 01:** Distâncias do centro de cada subárea até o tronco da árvore.

Subáreas	Distância do centro da subárea até o tronco da planta	Área das respectivas subáreas (m <sup>2</sup> )
A	0,25 m	0,393
B e C	0,75 m	0,589
D e E	1,25 m	0,982
F, G, H e I	1,75 m	0,687
J, L, K e M	2,25 m	0,884

Para selecionar os tensiômetros utilizados no experimento, analisaram-se 173 cápsulas porosas. Foram realizados os testes de condutância e de pressão de borbulhamento. O primeiro mostra a habilidade da cápsula em conduzir líquidos, ou seja, o tempo de resposta do equipamento; já o segundo diz respeito à capacidade da cápsula em suportar pressões próximas a 100 kPa. Selecionaram-se 120 tensiômetros com o valor da condutância entre  $1,0 \times 10^{-4}$  a  $1,9 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s e que borbulharam com pressão superior a 100 kPa. Logo após, foram cortados e colados novamente nos tamanhos preestabelecidos e novamente testados para verificar a presença de algum tipo de vazamento.

O balanço real da água no solo é a contabilidade de todas as adições e retiradas de água que realmente ocorrem em dada área utilizada na produção agrícola. Esse balanço mostra a situação hídrica pela qual uma cultura realmente passa e fornece critérios para definir quando e quanto irrigar.

Os períodos foram analisados entre precipitações, para garantir o mesmo teor de água no solo em todo o sistema radicular da planta; verificou-se que, no período analisado, não houve entrada de água (por precipitação ou por irrigação).

Para o cálculo da capacidade de retenção, foram determinadas, com o auxílio do extrator de placas de Richards, as curvas características da água no solo para as quatro camadas. Amostras deformadas também foram coletadas nas quatro

profundidades em estudo, para se determinar a composição granulométrica do solo, (0-25, 25-50, 50-75 e 75-100 cm).

As leituras do potencial matricial da água no solo foram realizadas nos tensiômetros a cada 24 horas, durante o período da manhã. A leitura no tensiômetro digital de punção é fornecida em milibar (mbar); por isso deve ser transformada em centímetros de coluna de água, para se estimar a umidade atual do solo por subáreas e por camadas de estudo, através da metodologia proposta por van Genuchten (1980). O cálculo da variação de armazenamento foi feito em períodos entre precipitações, para a manutenção do mesmo teor de água no solo em todo o sistema radicular da planta. A variação foi calculada com os dados de umidade para cada camada e cada distância em relação ao tronco, utilizando-se a equação (1).

$$\Delta AL = (\theta_f - \theta_i) \cdot z \quad (1)$$

onde  $\Delta AL$  é a variação do armazenamento de água na camada correspondente,  $\theta_f$  e  $\theta_i$  são umidade final e inicial do respectivo tempo de análise ( $\text{cm}^3$  de água/  $\text{cm}^3$  de solo) e  $z$  é a espessura da camada, em milímetros.

A estimativa da atividade radicular (EAR) foi calculada através da razão entre a evapotranspiração da camada ( $ET_{\text{camada}}$ ) e o somatório das evapotranspirações de todas as camadas ( $\sum ET_{\text{das camadas}}$ ) consideradas no estudo, equação (2).

$$EAR(\%) = \frac{ET_{\text{camada}}}{\sum ET_{\text{das camadas}}} \cdot 100 \quad (2)$$

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontram-se os resultados da composição granulométrica e da densidade aparente por camadas de solo. Observa-se que a classe textural, nas 4

profundidades analisadas, foi "argilosa" e a densidade média do solo, próxima de 1,46 gr/cm<sup>3</sup>, o que indica um ligeiro grau de compactação do terreno.

**Tabela 2.** Composição granulométrica e densidade aparente da área experimental.

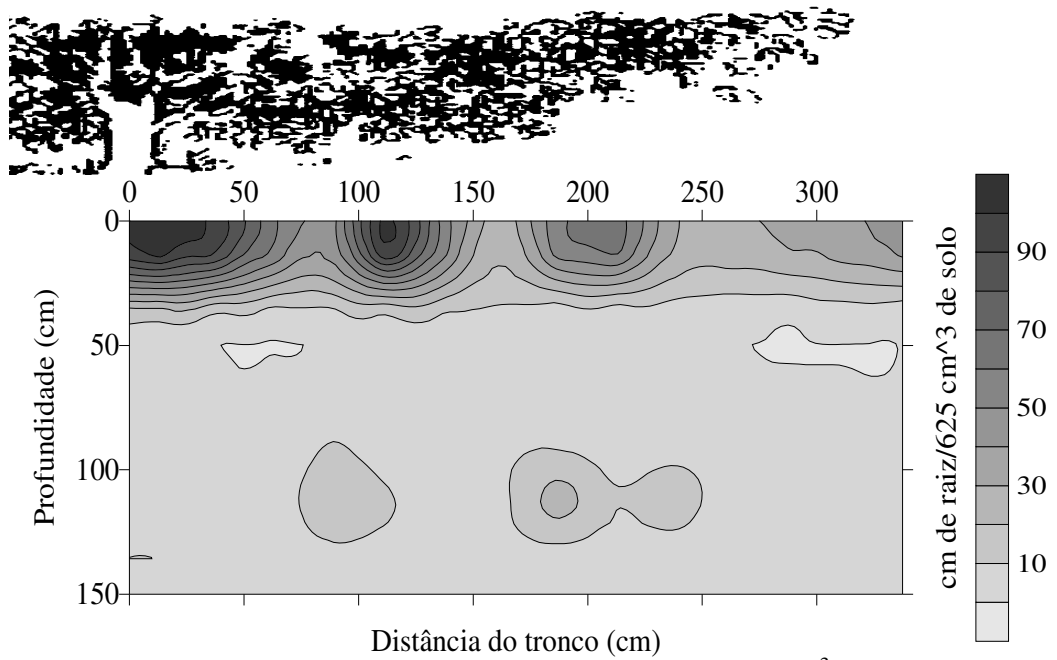
Profundidades cm	Argila %	Silte %	Areia %	Densidade gr/cm <sup>3</sup>
0-25	47,60	20,59	31,81	1,44
25-50	58,14	2,85	39,01	1,46
50-75	61,62	15,01	23,37	1,41
75-100	63,64	11,80	24,57	1,37

Com os resultados obtidos no laboratório, ajustou-se a equação de van Genuchten (1980) para cada amostra, através do programa SWRC (Dourado Neto, 1996).

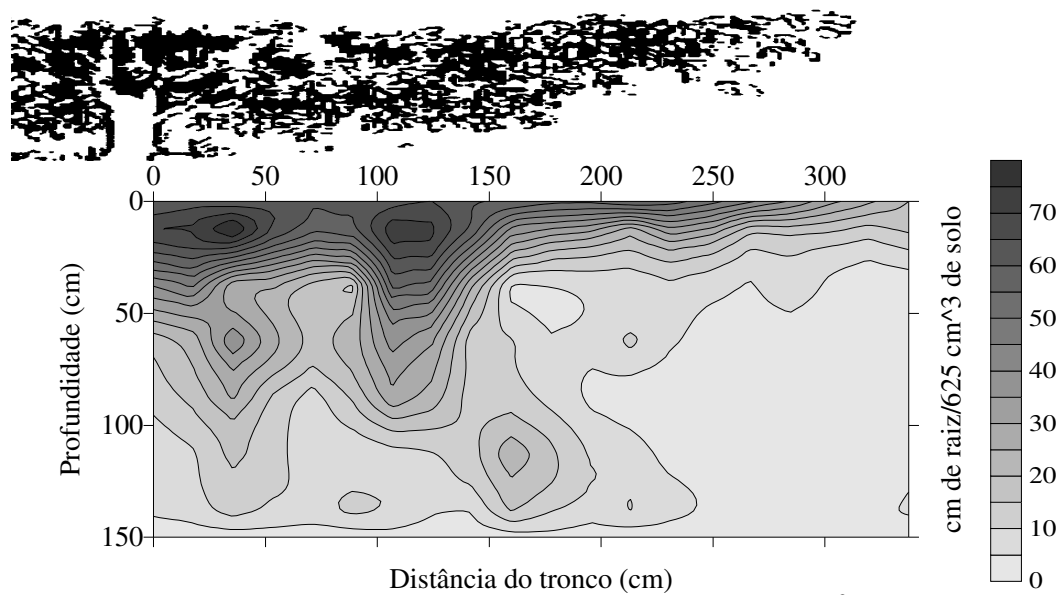
No método da trincheira, utilizaram-se apenas os resultados de comprimento de raízes e não os de área, pois, de acordo com Weller (1971), a representação da quantidade de raízes, através do comprimento, expressa uma idéia melhor, levando em consideração a ocorrência das raízes finas, mais importantes na absorção de água e de nutrientes. Os resultados, obtidos nas imagens digitais, são mostrados na forma de gráficos de contorno, onde o tronco da árvore está localizado sempre na coordenada (0,0). Os resultados, obtidos com as análises do comprimento de raiz (cm de raiz / 625 cm<sup>3</sup> de solo) nas duas plantas amostradas, são apresentados nas Figuras 4 e 5.

Os resultados obtidos com a extrapolação dos resultados da trincheira para todo o volume de solo ocupado pela planta, estão sendo mostrados nas Figuras 6 e 7.

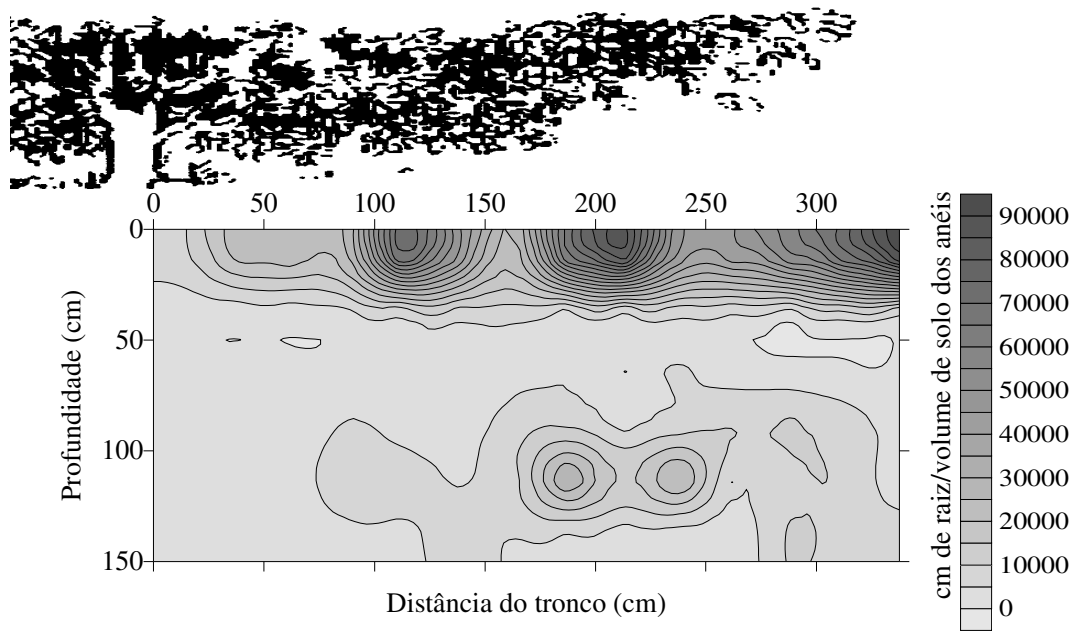
Observar-se nos resultados das trincheiras que uma maior concentração de raízes se encontra próximo ao tronco da árvore. Porém, ao se extrapolarem os resultados obtidos na trincheira para todo o volume de solo explorado pelas raízes da planta (Figura 6 e 7), verificou-se que, de 100 a 250 cm de distância do tronco, acontece a maior concentração de raízes.



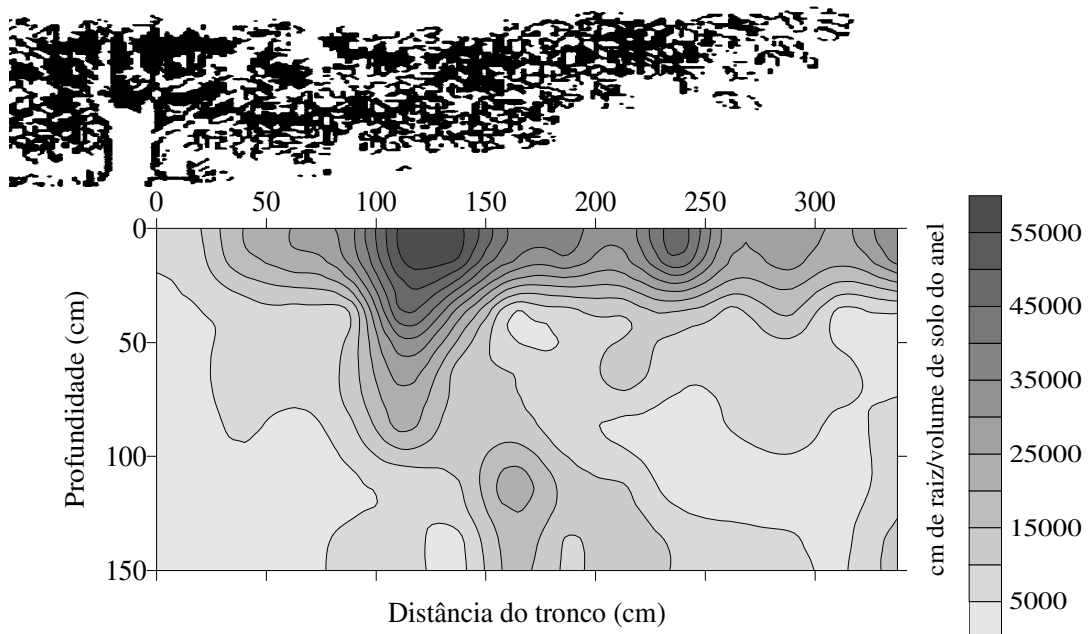
**Figura 4.** Isolinhas de comprimento de raiz em cm de raiz / 625 cm<sup>3</sup> de solo, obtidas com o método da trincheira na planta 1.



**Figura 5.** Isolinhas de comprimento de raiz em cm de raiz / 625 cm<sup>3</sup> de solo, obtidas com o método da trincheira na planta 2.



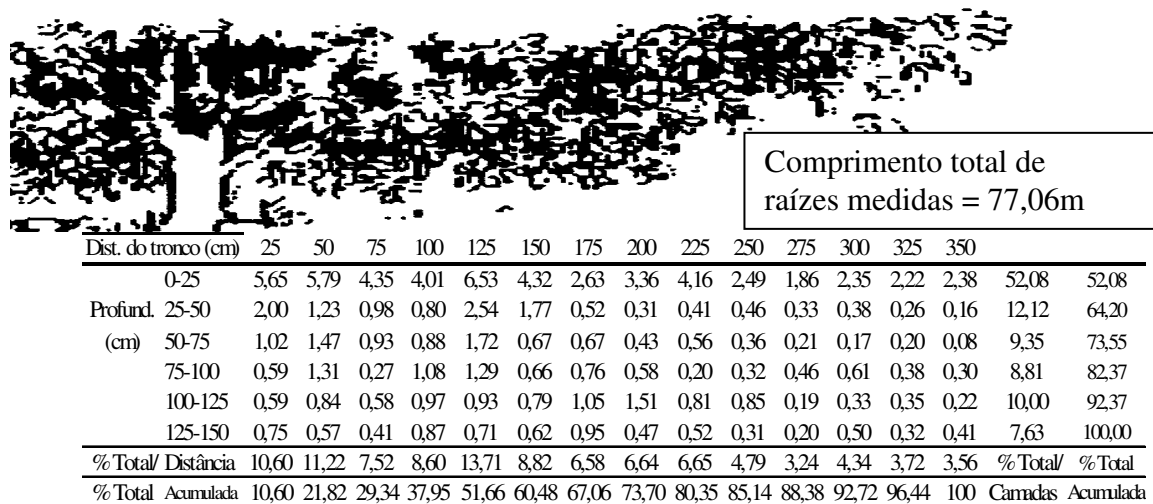
**Figura 6.** Isolinhas do comprimento medido de raízes da planta 1, extrapoladas para todo o volume de solo da planta (cm de raiz/ volume de solo do anel correspondente).



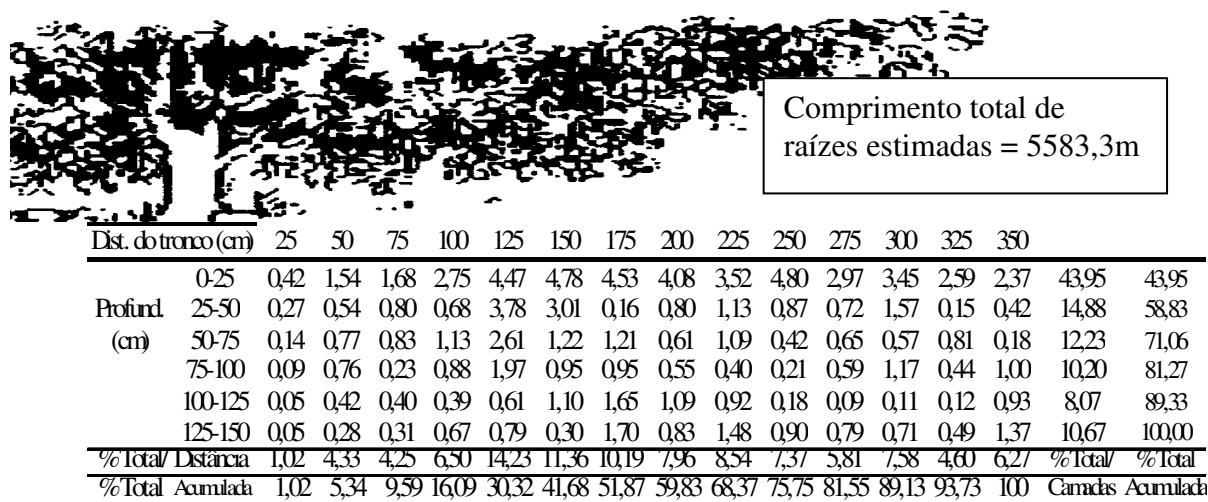
**Figura 7.** Isolinhas do comprimento medido de raízes da planta 2, extrapoladas para todo o volume de solo da planta (cm de raiz/ volume de solo do anel correspondente).

Para a construção do perfil de distribuição percentual das raízes, utilizou-se a média das duas plantas amostradas; dessa forma, construíram-se o perfil de distribuição percentual das raízes, sem a extrapolação (Figura 8), e o perfil de distribuição percentual das raízes, estimadas no volume de solo da planta, com a extrapolação para

tudo o volume de solo (Figura 9). Analisando os resultados, observou-se que aproximadamente 75% do comprimento medido, encontram-se em profundidade de até 75 cm.



**Figura 8.** Perfil de distribuição percentual das raízes medidas no perfil de solo, valor médio das duas plantas amostradas, sem a extrapolação.



**Figura 9.** Perfil de distribuição percentual das raízes estimadas no volume de solo da planta, valor médio das duas plantas amostradas, com a extrapolação para todo o volume de solo.

A análise da atividade espacial do sistema radicular do porta-enxerto limão ‘Cravo’, por meio da variação do conteúdo de água no solo, foi realizada para três períodos diferentes, sendo o primeiro de 26/02 a 08/03, o segundo de 13/03 a 21/03 e o

terceiro de 17/04 a 02/05. Os resultados da evapotranspiração e coeficientes de cultura determinados para os períodos analisados estão na Tabela 3.

**Tabela 3.** Resultados da Evapotranspiração da cultura (mm/dia) e coeficientes de cultura determinados para os períodos em análise.

	ET (mm/dia)			Coef. Cultura (Kc)		
	1ºciclo	2ºciclo	3ºciclo	1ºciclo	2ºciclo	3ºciclo
<b>Planta nº1</b>	1,86	2,44	1,88	0,58	0,60	0,60
<b>Planta nº2</b>	1,78	2,49	1,48	0,56	0,61	0,47

Calculou-se a evapotranspiração da cultura pela variação do armazenamento de água no solo (eq. 1). A estimativa do perfil percentual da atividade radicular foi calculada através da razão da evapotranspiração da subárea pelo somatório de todas as evapotranspirações das camadas consideradas. A área total, representada pelas 13 baterias de tensiômetros instaladas em cada planta, foi de 50% da projeção da copa.

Para a construção do perfil de distribuição percentual da atividade radicular, utilizaram-se os resultados da evapotranspiração da cultura. Os perfis estão mostrados nas Figuras 10 e 11.

Analisando os resultados obtidos pelo método da trincheira, observa-se que, aproximadamente, entre 44 e 52% do comprimento total de raízes do porta-enxerto limão 'Cravo', em condição de sequeiro, encontram-se na camada de 0 a 25cm da superfície do solo, e que, aproximadamente, entre 21 e 27% do comprimento total de raízes do porta-enxerto limão 'Cravo', em condição de sequeiro, encontram-se na camada de 25 a 75cm da superfície do solo.



	Profund.	Distância do tronco (cm)												%Total/ Camadas	%Total Acumulada	
		25	75	75	125	125	175	175	175	175	225	225	225			225
1º Ciclo 26/02 a 8/03	0-25	6,74	5,89	6,72	3,39	6,32	5,97	5,46	5,59	5,04	3,30	4,95	4,62	6,54	70,53	70,53
	25-50	1,77	1,74	1,88	1,26	2,32	1,03	1,53	1,24	1,58	0,90	0,23	0,61	1,42	17,48	88,01
	50-75	1,53	0,46	0,64	0,63	0,85	0,93	0,83	0,81	0,52	0,29	0,25	0,59	0,65	8,98	96,98
	75-100	0,80	0,31	0,14	0,22	0,16	0,27	0,26	0,16	0,13	0,09	0,07	0,13	0,27	3,02	100,00
%Total/Distância		10,84	8,40	9,38	5,49	9,64	8,19	8,07	7,80	7,27	4,58	5,49	5,96	8,88		
2º Ciclo 13/03 a 21/03	0-25	5,49	4,90	5,32	5,36	5,47	5,25	5,38	5,44	5,10	5,10	5,52	5,70	5,48	69,49	69,49
	25-50	2,08	2,12	1,95	1,10	1,92	0,94	1,79	0,79	1,32	0,94	0,66	0,65	1,27	17,52	87,01
	50-75	1,51	0,15	0,89	1,05	0,80	0,88	1,23	1,07	0,56	0,10	0,42	0,75	0,05	9,47	96,48
	75-100	0,68	0,41	0,13	0,31	0,19	0,34	0,35	0,11	0,17	0,07	0,25	0,18	0,34	3,52	100,00
%Total/Distância		9,76	7,58	8,29	7,82	8,38	7,41	8,74	7,40	7,15	6,21	6,85	7,27	7,13		
3º Ciclo 17/04 a 02/05	0-25	5,23	4,93	5,09	4,31	5,93	5,28	4,97	5,31	4,96	4,44	4,66	4,67	4,86	64,65	64,65
	25-50	1,99	1,72	0,21	1,23	2,47	1,60	2,23	1,57	1,35	0,87	1,36	1,39	1,77	19,75	84,40
	50-75	1,60	0,47	1,25	1,70	0,84	1,37	0,62	1,21	0,62	0,02	0,41	0,20	1,96	12,28	96,68
	75-100	0,92	0,09	0,10	0,01	0,06	0,33	0,45	0,21	0,10	0,01	0,39	0,17	0,48	3,32	100,00
%Total/Distância		9,75	7,21	6,64	7,25	9,30	8,58	8,27	8,30	7,03	5,34	6,83	6,42	9,07		

**Figura 10.** Perfil de distribuição percentual da atividade radicular, em função da ETc da planta 1.



	Profund.	Distância do tronco (cm)												%Total/ Camadas	%Total Acumulada	
		25	75	75	125	125	175	175	175	175	225	225	225			225
1º Ciclo 26/02 a 8/03	0-25	6,95	6,50	4,47	2,37	5,86	6,27	6,31	5,01	5,83	5,32	5,62	6,59	6,30	73,40	73,40
	25-50	2,32	2,20	1,86	1,43	1,23	0,65	0,79	1,03	1,17	3,17	1,14	0,98	0,38	18,34	91,74
	50-75	1,09	0,35	0,32	0,39	0,34	0,23	0,22	0,42	0,71	0,26	0,67	0,61	0,37	5,97	97,71
	75-100	0,54	0,39	0,18	0,11	0,06	0,05	0,18	0,14	0,07	0,16	0,19	0,10	0,11	2,29	100,00
%Total/Distância		10,90	9,43	6,83	4,30	7,49	7,20	7,50	6,60	7,79	8,91	7,61	8,27	7,16		
2º Ciclo 13/03 a 21/03	0-25	5,32	4,76	4,57	5,09	5,09	5,40	5,63	5,37	4,84	4,97	4,95	5,63	5,67	67,28	67,28
	25-50	2,59	2,12	2,39	2,23	1,88	1,40	1,54	1,02	1,90	2,29	0,83	1,46	0,74	22,39	89,67
	50-75	1,22	0,47	0,78	0,67	0,63	0,53	0,45	0,19	0,27	0,28	0,65	0,72	0,50	7,35	97,02
	75-100	0,59	0,36	0,13	0,28	0,05	0,05	0,21	0,25	0,22	0,42	0,15	0,01	0,25	2,98	100,00
%Total/Distância		9,73	7,71	7,88	8,28	7,64	7,37	7,83	6,82	7,24	7,96	6,59	7,81	7,16		
3º Ciclo 17/04 a 02/05	0-25	6,20	6,07	2,87	5,74	5,71	5,86	5,53	6,49	6,21	5,75	5,49	4,97	5,99	72,87	72,87
	25-50	2,93	2,95	0,30	1,42	0,43	0,13	0,07	2,40	1,17	2,43	2,17	0,05	1,20	17,64	90,51
	50-75	2,02	1,22	0,47	0,98	0,06	0,10	0,04	0,03	0,14	0,01	0,20	0,49	0,54	6,31	96,83
	75-100	0,88	0,10	0,12	0,27	0,24	0,16	0,25	0,07	0,30	0,22	0,26	0,06	0,24	3,17	100,00
%Total/Distância		12,03	10,34	3,75	8,41	6,44	6,25	5,89	9,00	7,82	8,41	8,11	5,57	7,98		

**Figura 11.** Perfil de distribuição percentual da atividade radicular, em função da ETc da planta 2.



De acordo com Aruda (1989), a profundidade efetiva do sistema radicular foi definida como 0,6 m. Tal resultado está de acordo com os obtidos por Gomes (1996) e por Oliveira et al. (1998). Já o conceito da distribuição das raízes na horizontal, ou seja, a determinação da sua distância efetiva (De), definida como a distância a partir do tronco da planta onde se encontram, pelo menos, 80% do total de raízes, o valor encontrado foi de 2,25 m do tronco da planta.

Analisando os resultados obtidos verifica-se que a área de onde se deverão retirar amostras de solo para o controle da umidade, ou a melhor área para a colocação de instrumentos, como o tensiômetro, visando ao manejo da irrigação está entre 50 e 75 % do raio da projeção da copa.

Oliveira et al. (1998) mostram que as raízes cítricas se distribuem, praticamente, na mesma proporção em todas as direções; com isso, pode-se concluir que o método da trincheira é adequado para a realização do estudo do sistema radicular das plantas cítricas, sem a formação de "ranking".

Os resultados obtidos pelo método da variação do conteúdo de água no solo confirmam os valores de Pe e De determinados pelo método da trincheira. Isto confirma as opiniões de Pearson (1974) e Bohm (1979), que avaliam que a principal vantagem desse método, além de não ser destrutivo, é que o resultado expressa diretamente a habilidade da planta em retirar água das diferentes camadas do solo, permitindo inferir sobre a atividade do sistema radicular no perfil do solo.

A extrapolação do comprimento total de raízes medidas na parede da trincheira (77,06 metros), para um volume tridimensional (anéis concêntricos), altera significativamente o valor total (5.583,30 metros) e a distribuição percentual do comprimento de raízes, em relação à distância do tronco da planta. Tal extrapolação, a

princípio, é válida somente para plantas isoladas no pomar, sem a formação de "ranking".

A extrapolação do comprimento total de raízes medidas, para o volume tridimensional, evidencia que a maior quantidade de radículas se encontra do meio para o final da projeção da copa da planta, em condição de sequeiro, indicando que qualquer descuido por parte do citricultor, no controle das ervas daninhas, induzirá uma forte competição por água e por nutrientes, com provável redução de produtividade do pomar.

#### **4. CONCLUSÕES**

Com base nos resultados da distribuição do sistema radicular do limão 'Cravo' sob lima ácida 'Tahiti', a profundidade efetiva ( $P_e$ ) na linha de plantio, foi de 0,40 m pelo método da variação do conteúdo de água no solo e 0,6 m pelo método da trincheira, como o primeiro método mostra a habilidade da planta em absorver água, definiremos 0,4 m como a  $P_e$  da cultura analisada. Com relação a distribuição das raízes na horizontal, verificou-se que a distância efetiva ( $D_e$ ) é de 2,25 m do tronco, porém, como as copas apresentam tamanhos diferentes, pode se dizer que a  $D_e$  está entre 50 e 75% do raio da projeção da copa.

Para fins de manejo da irrigação localizada, na lima ácida 'Tahiti', o posicionamento ideal dos tensiômetros deverá ficar entre 50 e 75% do raio da projeção da copa, a partir do tronco da planta, amostrando as camadas 0-20, 20-40 e 40-60 cm de profundidade. As duas primeiras camadas são utilizadas como indicadoras do momento de iniciar a irrigação (-0,3 a -0,4 bar), enquanto a terceira, para a verificação da profundidade da frente de molhamento do bulbo no solo.

A extrapolação do comprimento total de raízes medidas na parede da trincheira (77,06 metros), para um volume tridimensional (anéis concêntricos), altera significativamente o valor total (5.583,30 metros) e a distribuição percentual do comprimento de raízes, em relação à distância do tronco da planta. Tal extrapolação, a princípio, é válida somente para plantas isoladas no pomar, sem a formação de "ranking".

A atividade de absorção de água do porta-enxerto limão 'Cravo', em condição de sequeiro, na camada de 0 - 25cm de profundidade, foi responsável pela taxa de 68 a 74% do volume de solução absorvida, valor superior, em aproximadamente 24%, ao do comprimento total de raízes nessa camada (44 a 52%), evidenciando que as raízes mais rasas apresentam maior capacidade de absorção e de condutividade hidráulica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, F. B. Necessidade de água nas culturas - elementos de projeto. In: CURSO PRÁTICO INTERNACIONAL DE AGROMETEOROLOGIA PARA A OTIMIZAÇÃO DA IRRIGAÇÃO, 3. Campinas, 1989. **Anais...** 35p.
- BOHM, T.A . **Methods of studyng root systems**. Berlin: Spring Verlag, 1979. 330p.
- COELHO FILHO, M. A. Variabilidade espacial aplicada ao manejo da irrigação por microaspersão em lima ácida 'Tahiti' (*Citrus latifolia* TANAKA). Piracicaba, 1998, 152p., Dissertação (**Mestrado**), Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CRESTANA, S.; GUIMARÃES, M. F.; JORGE, L. A. C.; RALISCH, R.; TOZZI, C. L.; TORRE, A.; VAZ, C. M. P. Avaliação da distribuição de raízes no solo

- auxiliada por processamento de imagens digitais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, n.3, p. 365-371, set./dez. 1994.
- DOURADO NETO, D.; NIELSEN, D.R.; HOPMANS, J.W.; PARLANGE, M.B. **Curva de retenção: SWRC v.2.0** 86p. Piracicaba: FAPESP/BRASIL, 1996.
- GOMES, E. M. Estudo comparativo do sistema radicular de citros sob três tipos de irrigação. Campinas: UNICAMP, 1996. 116p. Dissertação (**Mestrado**), FEC - UNICAMP.
- MAGALHÃES, A. C. Considerações sobre a fisiologia do sistema radicular: o caso das plantas cítricas. **Laranja**, Cordeirópolis v.2, n.9, p.401-404, 1988.
- OLIVEIRA, L.F.C.; VIEIRA, D.B.; SOUZA, I.S. Estudo do sistema radicular da tangerineira 'Cleópatra' com copa de laranjeira 'Pêra'. **Laranja**, Cordeirópolis v.19, n. 1, p. 117-131, 1998.
- PEARSON, W. R. Significance of rooting pattern to crop production and some problems of root research. In: CARSON, E. W., ed. **The plant root and its environment**. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974. 247-270 p.
- van GENÜCHTEN, M. T. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. **Soil Science**. Baltimore, V. 41, p.892-898, 1980.
- WELLER, F. A method for studying the distribution of absorbing roots of fruit trees. **Experimental Agriculture**, Cambridge. V. 7, p. 351-361, 1971.