

OBSTRUÇÃO DE GOTEJADORES AUTOCOMPENSANTES ENTERRADOS NA IRRIGAÇÃO DE CITROS CAUSADA POR INTRUSÃO RADICULAR

Rubens Duarte Coelho; Luis Fernando Faria; Ralini Ferreira de Mélo

Departamento de Engenharia Rural, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, rdcoelho@esalq.usp.br

1 RESUMO

Este trabalho teve como objetivo obter informações sobre o desempenho de gotejadores enterrados (irrigação subsuperficial), quanto à susceptibilidade dos modelos autocompensantes a intrusão radicular baseado na variação de vazão para a cultura do Citros. As mudas de Citros foram irrigadas por sete modelos diferentes de gotejadores de fluxo autocompensante, instalados a duas profundidades (15 e 30 cm da superfície do solo) e em dois níveis de depleção de água no solo (tratamentos úmido e seco). O trabalho foi conduzido em vasos e sob ambiente controlado, utilizando mudas de laranjeira Pêra com enxerto de tangerina Cleópatra em estágio inicial de desenvolvimento. Observaram-se até os 120 dias no início do experimento diferenças de desempenho entre os modelos de emissores ensaiados quanto à penetração de raízes e maior instabilidade de vazão, na presença de raízes e partículas de solo, podendo-se agrupar os modelos avaliados em função do grau de redução de vazão observado. Os tratamentos com diferentes níveis de depleção de água no solo (úmido e seco) não diferiram estatisticamente até 120 dias do início do experimento, porém, notou-se que o sistema radicular do Citros foi mais agressivo na profundidade de solo de 30 cm para o tratamento com maior umidade no solo (úmido).

UNITERMOS: gotejamento, variação de vazão, profundidade

COELHO, R. D.; FARIA, L. F.; MELO, R.F. de. OBSTRUCTION OF SELF-COMPENSATED EMITTERS IN SUBSURFACE DRIP CITRUS IRRIGATION (ROOT INTRUSION - SDI)

2 ABSTRACT

This work aimed to quantify dripper performance under subsurface drip irrigation (SDI), regarding flow rate variation due to the intrusion of citrus roots. Potted plants were irrigated by seven different models of self-compensated commercial drippers, at two depths (15 and 30 cm) and two soil water depletion levels (*wet* and *dry* treatments). After 120 days from the beginning of the experiment it was possible to identify different performances among studied models, related to the root penetration. It was possible to classify dripper models in relation to the degree of flow rate reduction; the irrigation level treatments did not present conclusive results until 120 days of the beginning of the experiment; however, considering the whole period of the experiment evidences, it was observed that the root system was more aggressive in the deepest soil layer (30 cm) and for the *wet* treatment.

KEYWORDS: drip irrigation, flow variation, depths

3 INTRODUÇÃO

A uniformidade de emissão de água pelos gotejadores é fator fundamental ao sucesso do empreendimento. Os sistemas de irrigação localizados apresentam como principal vantagem a eficiência de uso e de aplicação da água. Ayars et al. (1999) citam também como vantagem dos sistemas de gotejamento enterrados o melhor aproveitamento da água de irrigação e dos nutrientes aplicados nesta, o que deverá resultar em melhor qualidade dos produtos agrícolas. Zoldoske et al. (1998) afirmam que os sistemas de gotejamento enterrados, tanto para culturas de ciclo curto quanto para as culturas perenes, poderão ter vida útil igual ou superior a 20 anos. Para Suarez-Rey et al. (1999), o fato de, na irrigação enterrada, aplicar água diretamente na zona radicular possibilita a utilização de águas residuais, pois reduz o risco de transmissão de doenças, além de minimizar as perdas de água por evaporação.

Os fatores que afetam a uniformidade de aplicação de água seguem a seguinte ordem: obstruções, coeficiente de variação de fabricação, expoente de descarga do emissor, sensibilidade do emissor à temperatura, variações de pressão, e outros (Solomon, 1985). O entupimento dos emissores na malha hidráulica é um grande desafio para operação e manutenção de um sistema de irrigação por gotejamento, tendo levado muitos irrigantes ao insucesso com essa tecnologia (Ghaemi & Chieng, 1999). As principais fontes causadoras de entupimento em sistemas localizados, identificados por Gilbert & Ford (1986), são: de natureza química, relacionadas à precipitação de elementos como cálcio e ferro; de natureza física, sendo partículas do solo e pequenos animais (formigas, aranhas, ovos de lesmas, etc.) as principais causas; e de natureza biológica, relacionada a algas e mucilagem bacteriana, principalmente.

A intrusão de raízes no gotejador, o qual se caracteriza como entupimento de natureza física, se constitui em uma fonte adicional de entupimento, sendo diretamente relacionada a sistemas de gotejamento enterrado. Fatores como variedade plantada, manejo da irrigação, características do solo, além de características construtivas do emissor utilizado, podem determinar o potencial de ocorrer a intrusão, bem como seu nível de dano na hidráulica do sistema de irrigação.

Ruskin & Ferguson (2000) relatam quatro maneiras de evitar a intrusão radicular: (1) emissores com barreiras mecânicas; (2) adição do herbicida trifluralina na água de irrigação; (3) incorporação da trifluralina no plástico do emissor; (4) incorporação de trifluralina no filtro de discos.

A frequência de irrigação é fator fundamental à prevenção contra a intrusão radicular. O sistema radicular não invade emissores em solos saturados ou próximos à saturação; portanto, não havendo depleção elevada de água no solo, não ocorrerá intrusão radicular (Mead, 2002).

A utilização de produtos já consagrados contra a intrusão radicular, como emissores impregnados com trifluralina, nem sempre é economicamente viável, pois esses produtos têm custo de aquisição em torno de 100% mais elevados que produtos convencionais comercializados no Brasil (Faria, 2002). Tendo em vista o caráter danoso e irreversível da intrusão radicular em gotejamento enterrado, este trabalho teve o objetivo de verificar as seguintes hipóteses: (1) existem diferenças entre emissores de fluxo autocompensante no aspecto construtivo quanto à susceptibilidade à penetração de raízes (barreiras físicas); (2)

a profundidade de instalação dos emissores pode ter efeito no grau de intrusão radicular, e (3) não havendo déficit nos solo, não haverá intrusão radicular nos emissores.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente ensaio foi realizado em Piracicaba - SP, no Departamento de Engenharia Rural, área de Irrigação e Drenagem da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - ESALQ/USP, em ambiente protegido, entre os meses de abril e dezembro de 2001. A estufa utilizada apresentava dimensões de 17,4 m x 6,4 m, com altura de pé direito de 3,5 m. A ventilação no interior da estufa era efetuada por meio de manejo de cortinas laterais. O sistema de irrigação foi composto por dois reservatórios d’água com capacidade de 1 m³ cada, acoplados em sistema de vasos comunicantes. Na Figura 1, apresenta-se o arranjo espacial dos experimentos no interior da estufa.

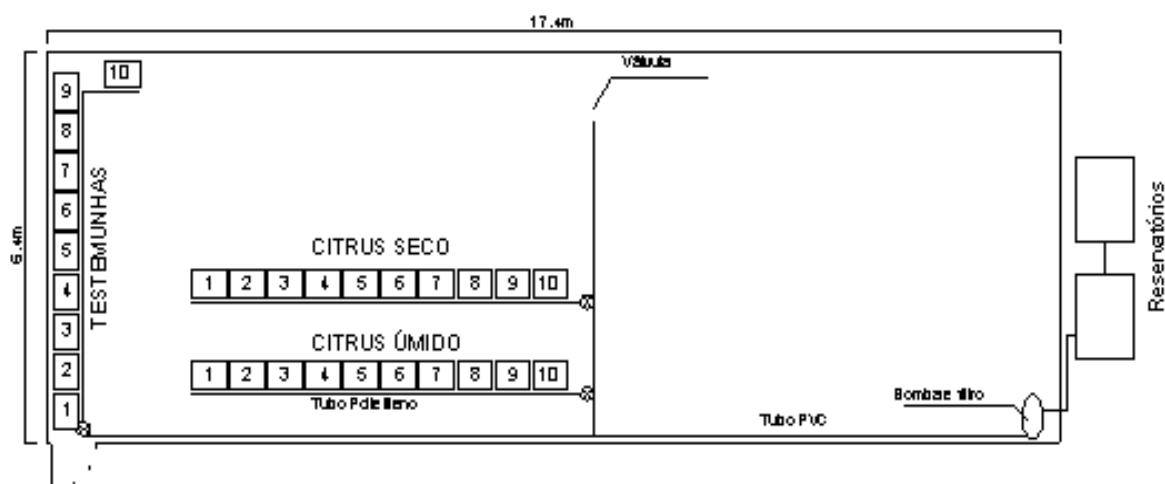


Figura 1. Disposição das caixas com plantas de citros com gotejadores enterrados, (Citrus seco e Citrus úmido), ao lado das caixas testemunhas sem plantas, utilizadas no experimento conduzido em estufa.

A espécie vegetal utilizada foi a laranjeira Pêra com enxerto de tangerina Cleópatra, variedade utilizada pelos produtores que planejam suas lavouras para o sistema de produção irrigado. As mudas, em estágio inicial de desenvolvimento, foram transplantadas para vasos de cimento amianto (0,58 x 0,43 x 0,43 m) com 100 L de capacidade. Foram transplantadas seis mudas de laranjeira para cada vaso.

Escolheram-se sete modelos de gotejadores de fluxo autocompensante, dando prioridade aos recomendados pelos fabricantes em sistemas enterrados e também aos mais comercializados no Brasil. Na Tabela 1, são apresentados os emissores selecionados e as principais características de cada emissor.

Como os emissores ensaiados são produtos comerciais, os dados e análises aqui apresentados foram codificados para evitar qualquer tipo de especulação comercial dos resultados apresentados. As letras utilizadas na codificação dos modelos de emissores (A, B, C, D, E, F, G), não têm nenhuma relação com os nomes comerciais dos produtos e nem com a seqüência de emissores apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Principais características dos tubos gotejadores utilizados

Fabricante	Modelo	Vazão (L.h ⁻¹)	H (kPa)	Fluxo	Emissor
Carborundum	Carbodrip PC	2,20	100	Auto comp.	Cilíndrico
Drip In	Drip In PC	4,00	100	Auto comp.	Cilíndrico
Irrimom	Vip	3,60	100	Auto comp.	Botão
Naan	Naan Tif PC	1,60	100	Auto comp.	Cilíndrico
Netafim	Ram 17L	2,30	100	Auto comp.	Plano
Plastro	Hydro PC	2,20	100	Auto comp.	Cilíndrico
Rain Bird	Drip Line	3,40	100	Auto comp.	Cilíndrico

Fonte: Catálogos dos fabricantes

Os tratamentos avaliados consistiram de sete modelos de gotejador (A, B, C, D, E, F e G), duas profundidades de instalação desses gotejadores (15 e 30 cm a partir do nível do solo) e três níveis de irrigação (úmido, seco e testemunha).

Foram montados 30 vasos e cada um recebeu sete modelos de emissor em cada profundidade de instalação (15 e 30 cm), sendo dez vasos utilizados como testemunha, totalizando 14 emissores por vaso (Figura 2). O tratamento nível de irrigação foi aplicado para 10 dos 20 vasos. Cada tratamento possuía 10 repetições (10 vasos), sendo, portanto, 10 vasos com a cultura do Citros com o tratamento seco (CTS15 e CTS30) e 10 vasos com o tratamento úmido (CTU15 e CTU30). O manejo da irrigação foi realizado com o auxílio de uma bateria de tensiômetros para cada tratamento (cultura x nível de irrigação).

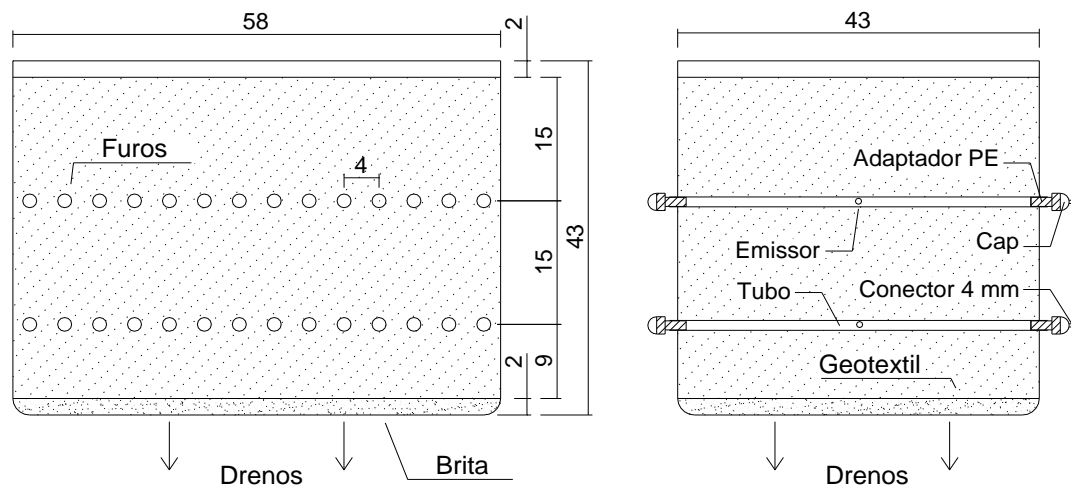


Figura 2. Disposição das caixas com plantas de Citros com gotejadores enterrados, (Citros seco e Citros úmido), ao lado das caixas testemunhas sem plantas, utilizadas no experimento conduzido em estufa.

As leituras tensiométricas foram realizadas sempre no início da manhã. No tratamento úmido, determinou-se como limite de tensão de água no solo o valor de -30 kPa para o tensiômetro superficial à 7,5 cm de profundidade para dar início à irrigação. Já para o tratamento seco, esperou-se que as plantas apresentassem sintomas de estresse hídrico pela manhã (murcha das folhas) para iniciar a irrigação (Figura 3). Nesse tratamento, procurou-se não promover a saturação do solo nem tampouco elevar a umidade do solo à capacidade de campo, promovendo continuamente déficit hídrico moderado de água no

solo, de modo que a planta não viesse a morrer. Foram montados 10 vasos sem cultivo como testemunha (TT15 e TT30); assim, o total de vasos utilizados no experimento foi 30, sendo 20 com cultivo e 10 sem cultivo.

A água era pressurizada por um conjunto eletrobomba com potência de 1cv (0,735 kW). O sistema de filtragem foi composto por um filtro de discos com filtragem de 86 micra. Após a filtragem, a água era conduzida até cavaletes, por meio de tubulação em PVC subterrânea. Seqüencialmente, após os cavaletes, existiam duas linhas de distribuição em tubos de polietileno, as quais alimentavam os microtubos conectados aos segmentos dos tubos gotejadores. Para a coleta de dados ou determinação da vazão individual de cada gotejador, criou-se uma rede hidráulica que conduzia a água a apenas um gotejador por vez, por meio de mangueira conectada após o sistema de filtragem, retornando a vazão excedente aos reservatórios.



Figura 3. Sintomas de déficit hídrico da planta de citros no tratamento seco.

Para a determinação da vazão individual dos gotejadores utilizou-se de medidor magnético indutivo, capaz de medir vazões na faixa de 0 a 10 L h⁻¹, com precisão de 0,3%. Como cada gotejador era abastecido isoladamente, foi possível determinar a vazão individual de cada emissor, desconectando o microtubo de abastecimento de cada gotejador da rede de PVC e conectando-o ao medidor de vazão (Figura 4).

As datas de início de cada leitura foram nos dias: 01 de julho, 01 de setembro, 01 de outubro, 01 de novembro e 01 de dezembro do ano de 2001. As determinações de vazões foram realizadas mensalmente, porém o intervalo entre a primeira e a segunda leitura ocorreu, com o intuito de permitir a manifestação do tratamento de manejo da irrigação nos resultados.

Foi realizada entre os dias 28 e 31 de janeiro de 2002 a abertura de dois vasos, através da destruição destes, sendo um vaso para cada tratamento (citros seco e citros úmido). A intenção da abertura desses vasos foi verificar se o crescimento do sistema radicular havia sido uniforme dentro do vaso, e inspecionar intrusão radicular nos

emissores. Não foram abertos todos os vasos, pois o experimento continuou a ser conduzido.

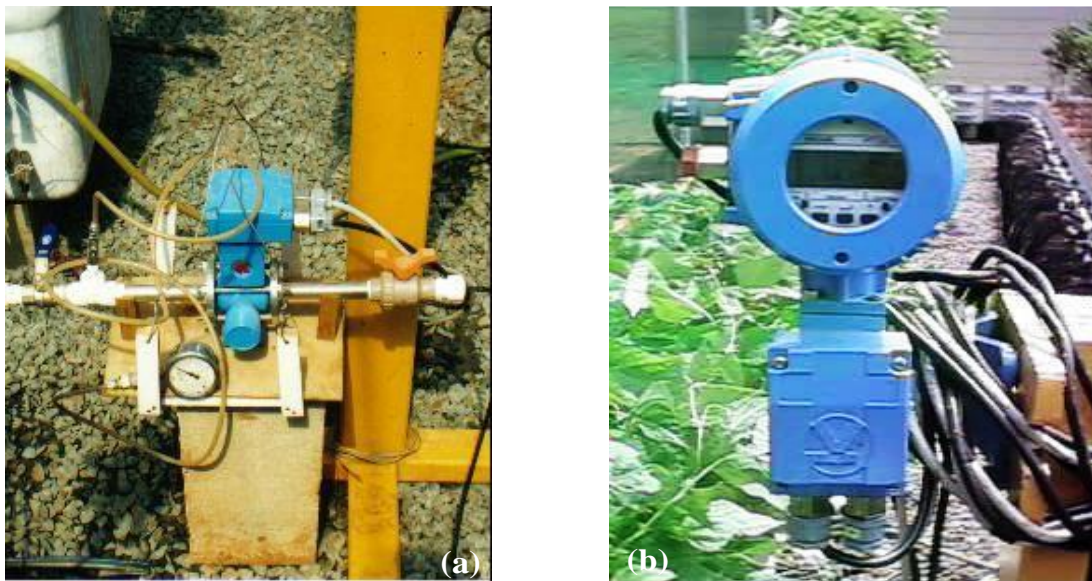


Figura 4. Detalhes do medidor de vazão: (a) sensor magnético e (b) leitor digital.

A Figura 5 apresenta o desenvolvimento radicular para a laranjeira, visualização após abertura das caixas.

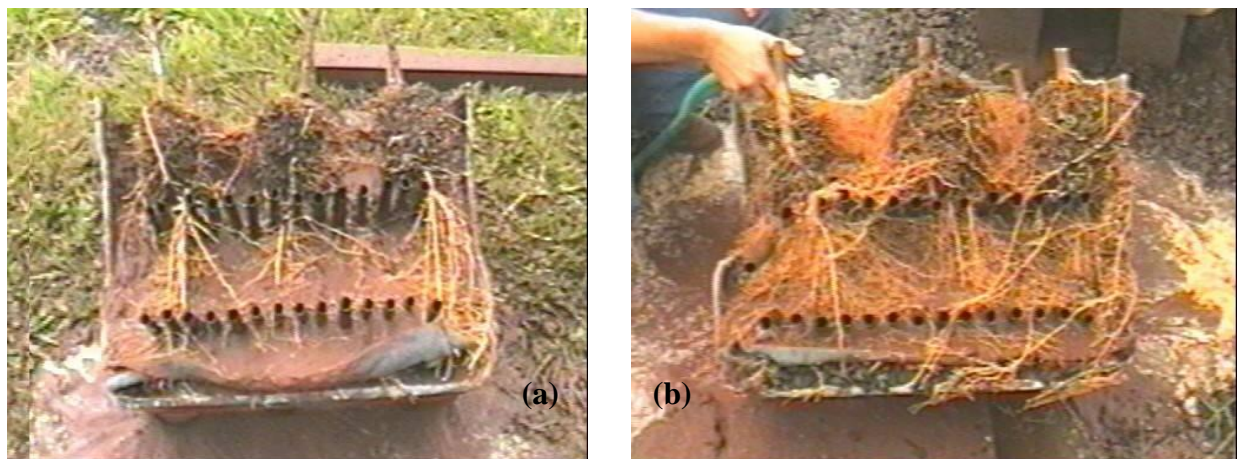


Figura 5. Desenvolvimento radicular: (a) desenvolvimento radicular da laranjeira no tratamento seco; e (b) desenvolvimento radicular da laranjeira no tratamento úmido.

Foram avaliados os seguintes parâmetros: Coeficiente de variação de vazão (CVQ) para todos os modelos de emissores utilizados no ensaio, em todos os tratamentos [eq.(1)]. Esse coeficiente foi utilizado com o nome de coeficiente de variação de vazão, uma vez que o coeficiente de variação de fabricação (CVF) só poderia ser empregado em amostra de emissores novos.

$$CVQ = \frac{S}{q_m} \times 100 \quad (1)$$

em que,

CVQ - coeficiente de variação de vazão, %;

S - desvio-padrão da amostra, e

q_m - vazão média da amostra, L h⁻¹.

Vazão relativa (QR) índice que se refere às vazões iniciais de cada modelo no instante da realização da primeira leitura. Foi obtido dividindo-se a vazão em qualquer instante pela vazão inicial do emissor [eq.(2)].

$$QR = \frac{q_a}{q_i} \times 100 \quad (2)$$

em que,

QR - vazão relativa, %;

q_a - vazão atual, L h⁻¹, e

q_i - vazão inicial, L h⁻¹.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na abertura das caixas que, para as duas situações apresentadas (CTS e CTU), houve um desenvolvimento radicular que transpassou tanto a primeira linha de emissores quanto a segunda linha. O desenvolvimento radicular foi mais denso no tratamento úmido. Nota-se no tratamento seco que houve um desenvolvimento mais intenso do sistema radicular em profundidade no vaso, sendo que na camada superior mais exposta ao déficit hídrico, o crescimento radicular foi mais discreto, o que contrasta com as testemunhas (TT15 e TT30) (Figura 5).

Foram utilizados os índices vazão relativa (QR) e coeficiente de variação de vazão (CVQ) para avaliar a redução de vazão por influência do sistema radicular nos emissores. A vazão relativa foi obtida a partir da média de dez emissores em cada leitura do tratamento. Os valores das médias em cada leitura foram divididos pelo valor da média da primeira leitura. Assim, os valores obtidos para todas as leituras são percentuais da vazão média da leitura inicial, indicando aumento de vazão para valores acima de um e redução de vazão para valores abaixo de um. Já o coeficiente de variação de vazão foi também calculado para cada leitura, a partir de uma amostra de 10 emissores, utilizando-se a mesma equação empregada no cálculo do coeficiente de variação de fabricação (CVF). A diferença entre estes dois índices deve-se ao fato de o CVF ser empregado apenas para amostras de emissores novos e o CVQ terem sido utilizados para os dados de emissores novos e para os demais dados das leituras subsequentes.

Apesar de ter havido planejamento para a realização da tradicional análise de variância (delineamento estatístico), optou-se por explorar de maneira mais qualitativa a discussão dos resultados enfocando principalmente os valores extremos observados, que são mais sensíveis à influência do sistema radicular através do coeficiente de variação de vazão (CVQ).

5.1 Emissor modelo A

Na Figura 6 são apresentados os gráficos de QR e CVQ para o emissor modelo A, para as cinco determinações de vazões. Nos gráficos as colunas indicam a vazão relativa (QR%) e as linhas o coeficiente de variação de vazão (CVQ%). As Figuras de 6 a 12 seguem o mesmo esquema anteriormente apresentado.

Esse modelo de emissor não apresentou uniformidade do CVQ para leitura inicial, como pode ser observado analisando-se a Figura 6. O CVQ inicial geral para todos os emissores presentes em todos os tratamentos foi de 12,2%.

A testemunha apresentou pior desempenho no tratamento a 15 cm, comparado ao tratamento de 30 cm.

O fato de ter sido observado um desempenho ruim quanto aos parâmetros analisados, pode ser explicado pelo fato desse emissor ser autocompensante. Entretanto, o aumento de vazão poderia impossibilitar a pressurização das parcelas em campo, mesmo para o sistema novo, desequilibrando a hidráulica do projeto.

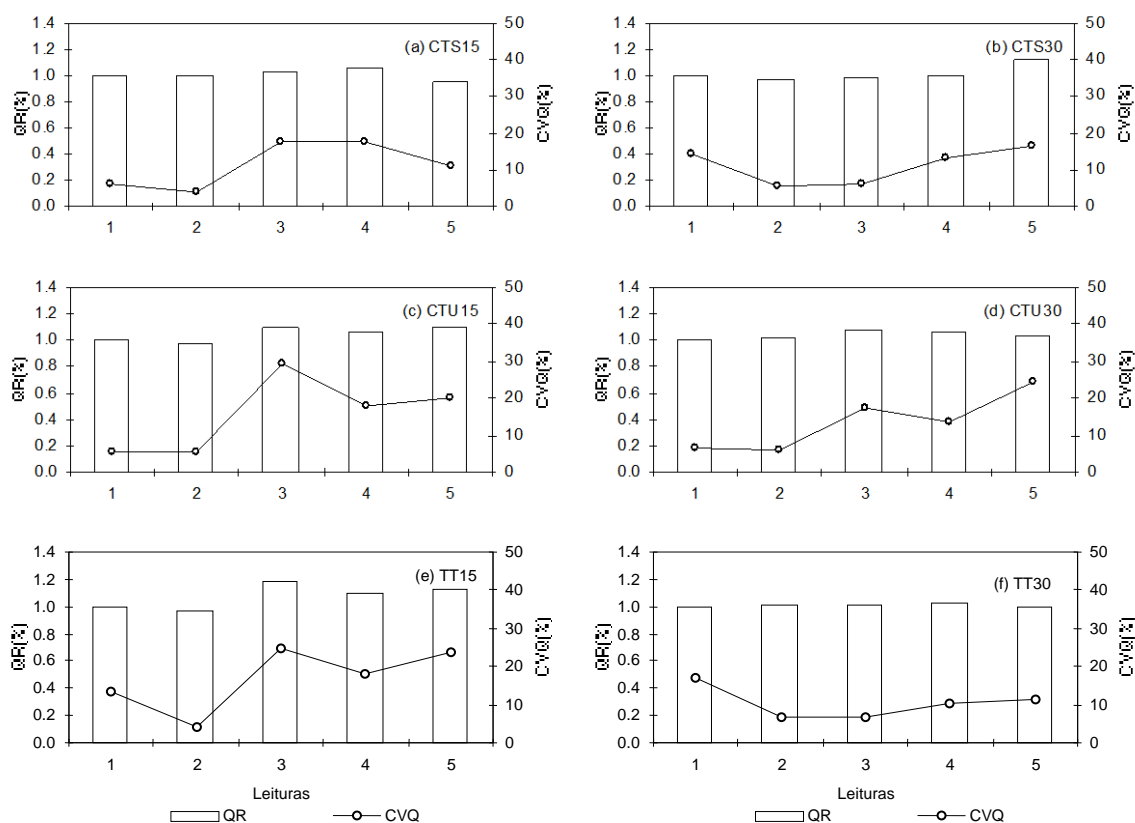


Figura 6. QR e CVQ para o emissor modelo A: (a) citros seco 15 cm; (b) citros seco 30 cm; (c) citros úmido 15 cm; (d) citros úmido 30 cm; (e) testemunha 15 cm; (f) testemunha 30 cm.

5.2 Emissor modelo B

O coeficiente de variação de vazão inicial médio para esse modelo de emissor foi em torno de 16,4%. O CVQ inicial para os tratamentos mostrou-se elevado e desuniforme. Não se observou efeito dos tratamentos para esse modelo de emissor, pois comparando-se os tratamentos entre si e também com as testemunhas não ocorreu discrepância.

O desempenho das testemunhas às duas profundidades mostrou-se normal quanto aos parâmetros analisados.

O alto valor de CVQ deveu-se à desuniformidade dos emissores novos, gerando vazões excessivamente altas, fora da faixa de leitura do medidor magnético de vazão. Por ser um emissor que possui mecanismo de autocompensação; entretanto, esse fato não apresentou efeito quanto à desuniformidade de vazão para a maior parte dos emissores.

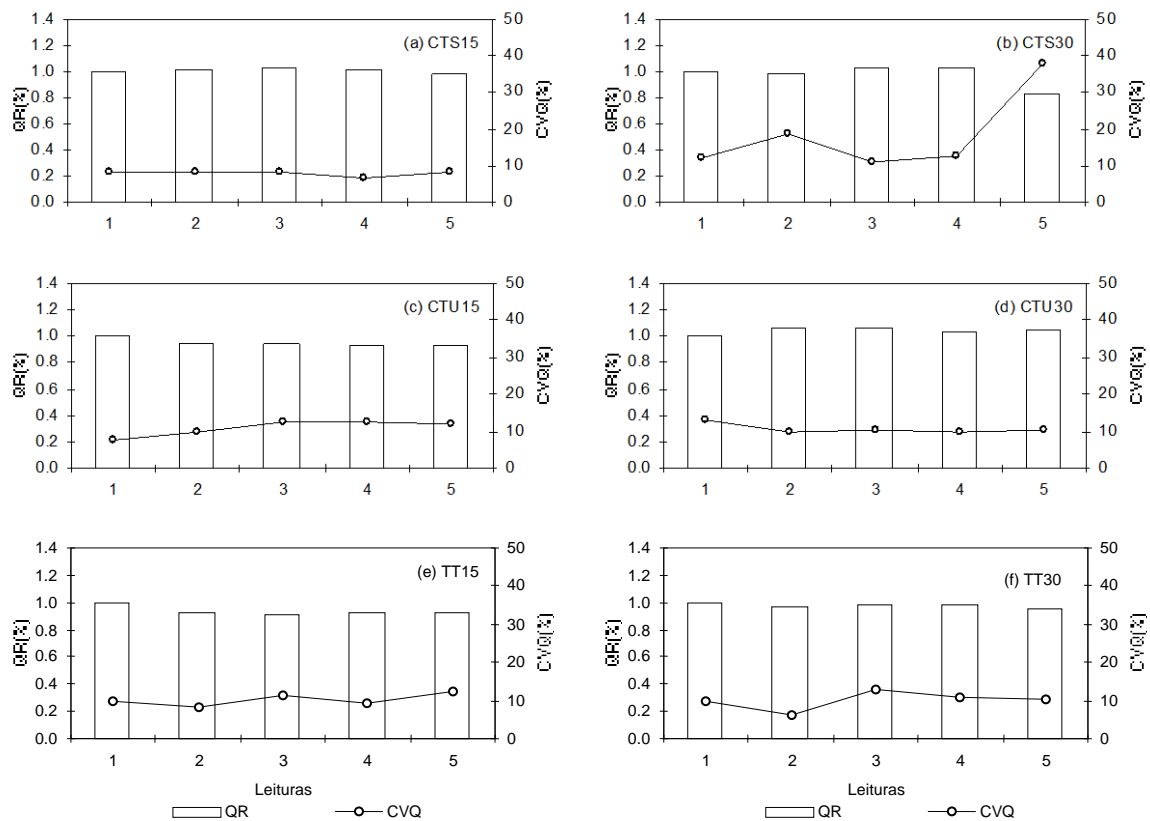


Figura 7. QR e CVQ para o emissor modelo B: (a) citros seco 15 cm; (b) citros seco 30 cm; (c) citros úmido 15 cm; (d) citros úmido 30 cm; (e) testemunha 15 cm; (f) testemunha 30 cm.

5.3 Emissor modelo C

Quanto ao parâmetro CVQ inicial, esse modelo de emissor apresentou desempenho normal. Apenas no tratamento CTS30, como se observa na Figura 8, seu comportamento foi anormal, apresentando CVQ elevado inicialmente. O valor do CVQ inicial geral foi de 16,9%, ficando abaixo do aceitável.

O emissor modelo C não apresentou uma clara tendência de comportamento de vazão. Nos tratamentos CTS15, CTS30 e testemunha 15 e 30 cm houve redução de vazão. Nos demais tratamentos, o comportamento foi de aumento de vazão.

Observam-se picos elevados de QR e CVQ. A QR, como em CTU15, que chegou a apresentar valor de 2,4%, ou seja, 240% de aumento de vazão em relação à vazão inicial. Quanto ao CVQ, este chegou a 130% para o mesmo caso. Tais valores ocorreram, pois alguns emissores apresentaram vazões elevadas, chegando a mais de 20 L.h⁻¹.

Quanto aos efeitos dos tratamentos, observa-se que nos ensaios CTU15 e CTU30 ocorreu um aumento significativo do CVQ a partir das leituras 3, 4 e 5, o que não ocorreu nas testemunhas, indicando distúrbios de vazão por interferência radicular.

O desempenho das testemunhas às duas profundidades foi normal, não tendo havido redução elevada de vazão nem aumento do CVQ.

Particularmente, chamou a atenção o desempenho dos emissores nas repetições R1 e R2 do CTU15, R4 e R6 do CTU30. Estes apresentaram elevação extrema de vazão e, caso tal fato ocorresse em campo de maneira generalizada, causaria desequilíbrio hidráulico no sistema.

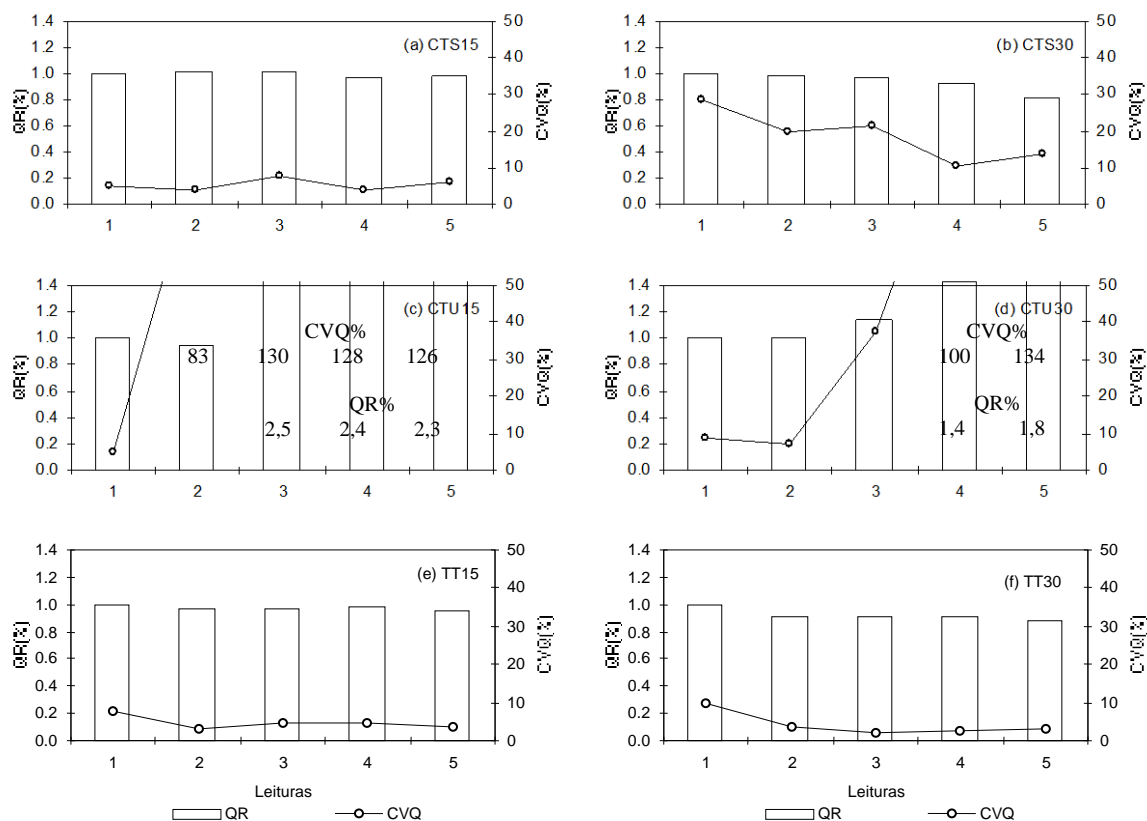


Figura 8. QR e CVQ para o emissor modelo C: (a) citros seco 15 cm; (b) citros seco 30 cm; (c) citros úmido 15 cm; (d) citros úmido 30 cm; (e) testemunha 15 cm; (f) testemunha 30 cm.

5.4 Emissor modelo D

Esse emissor apresentou CVQ inicial geral de 8,7%, e os valores desse parâmetro para os tratamentos foram uniformes. A vazão na última leitura apresentou tendência discreta de queda para todos os tratamentos e para as testemunhas.

Foi observado pico discreto no valor do CVQ em TT30. Esse pico é explicado por emissores que, na terceira determinação de vazão, apresentaram vazão reduzida. Esses emissores recuperaram sua vazão normal, fazendo com que o CVQ nas leituras subsequentes se apresentasse dentro da normalidade.

Não foi observada evidência dos efeitos dos tratamentos, e o desempenho desse modelo de emissor nas testemunhas foi normal e uniforme.

O desempenho geral desse modelo de emissor demonstrou elevada uniformidade quando comparado como os outros modelos ensaiados; não apresentou redução total de vazão bem como valores extremos nesse parâmetro. Seu comportamento surpreendeu pelo fato de possuir mecanismo de compensação, pois, para os outros modelos de emissor autocompensantes ensaiados, o desempenho foi aquém das expectativas. Ressalta-se também o fato de a vazão desse emissor ser a mais elevada dos ensaiados, e que a vazão real ficou próxima da nominal fornecida pelo fabricante.

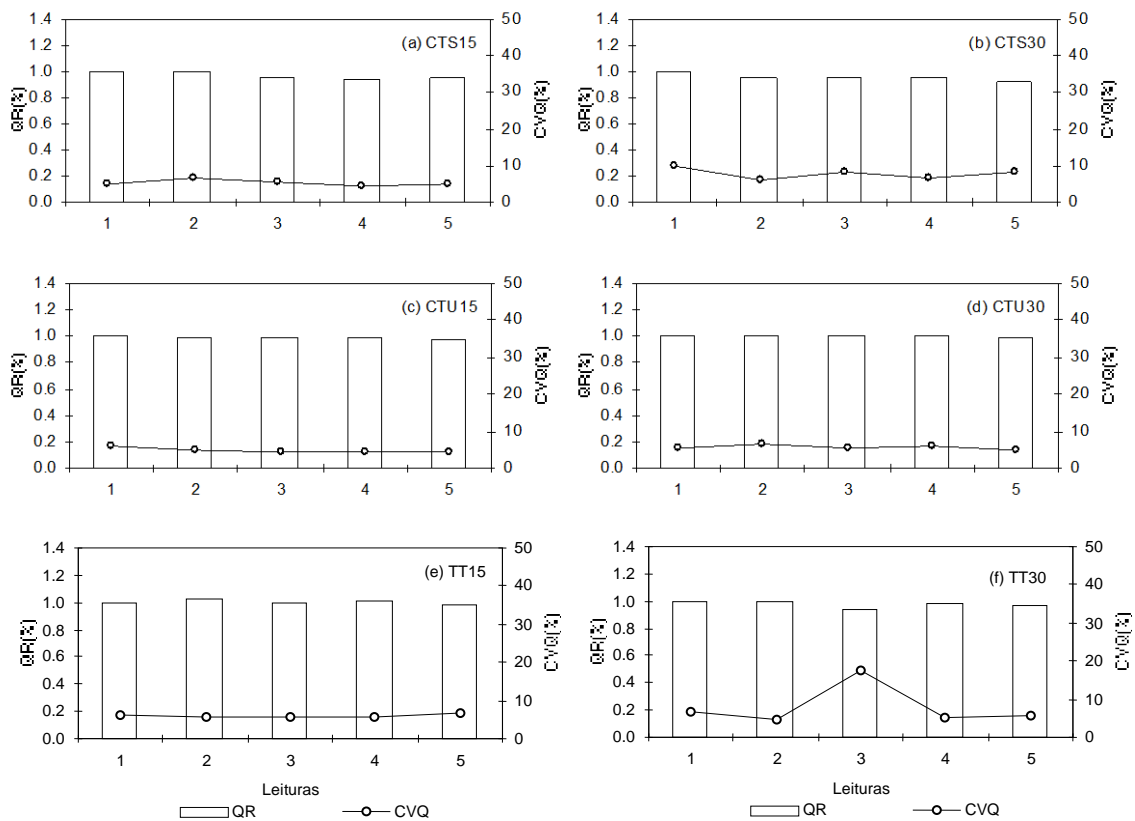


Figura 9. QR e CVQ para o emissor modelo D: (a) citros seco 15 cm; (b) citros seco 30 cm; (c) citros úmido 15 cm; (d) citros úmido 30 cm; (e) testemunha 15 cm; (f) testemunha 30 cm.

5.5 Emissor modelo E

O emissor modelo E apresentou CVQ inicial geral de 27,2%, valor este considerado elevado para uma amostra de emissores novos. Os valores do CVQ inicial para os tratamentos e testemunhas apresentaram elevada desuniformidade, principalmente para os tratamentos CTS15 e CTS30 como pode ser observado na Figura 10.

Não ocorreu tendência geral no comportamento da vazão. Para os tratamentos CTS30 e CTU30 ocorreu elevação de vazão; para os demais tratamentos e testemunhas, observa-se o inverso.

Observam-se picos elevados tanto para vazão relativa como para coeficiente de variação de vazão, como na Figura 10 (b). Nesse caso, dois emissores apresentaram vazões extremamente altas, fazendo com que os parâmetros QR e CVQ resultassem em valores extremos.

Os efeitos dos tratamentos não foram conclusivos, porém existe uma tendência do sistema radicular a 15 cm úmido ser tão agressivo quanto a 30 cm seco.

O fato deste modelo de emissor apresentar alta variabilidade de vazão e vazões extremas muito elevadas faz com que, caso tais fatos se repitam em campo de maneira generalizada, problemas de desequilíbrio hidráulico ocorram, tornando o sistema inoperante, além de tornar a aplicação de água desuniforme, prejudicando o rendimento dos cultivos e o retorno econômico do empreendimento.

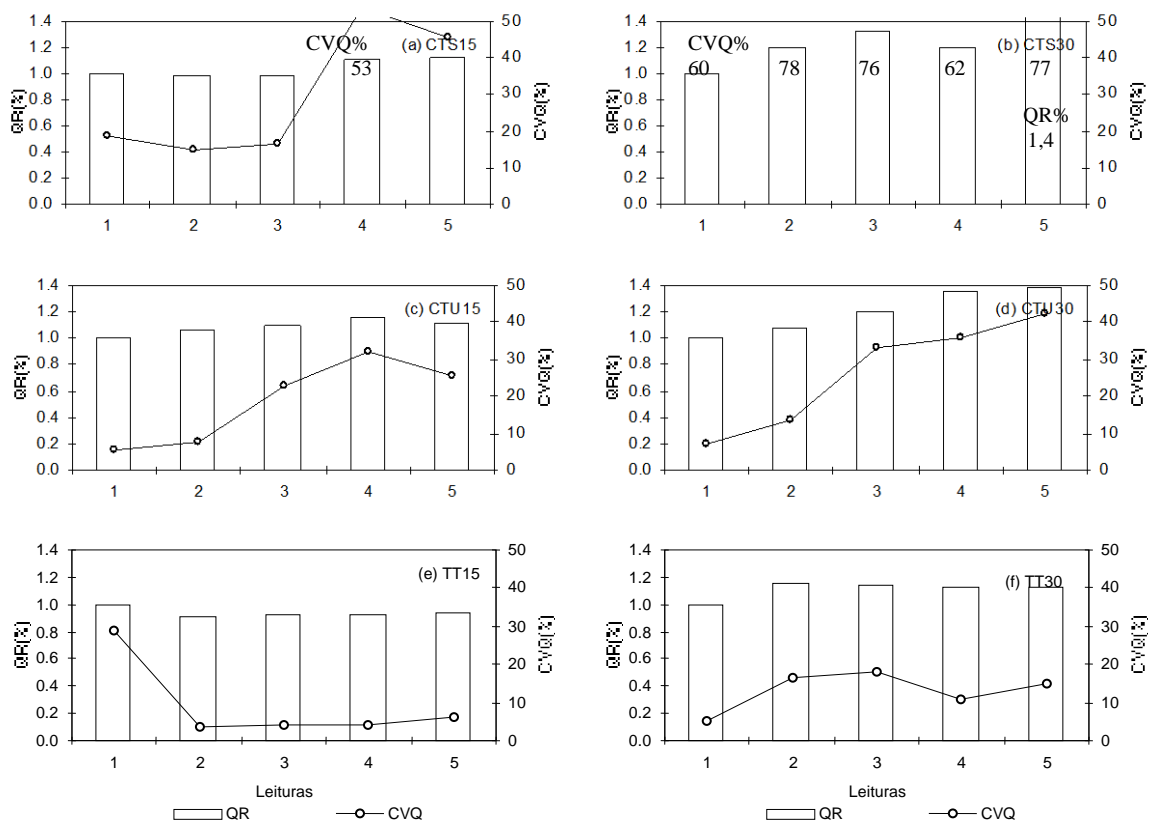


Figura 10. QR e CVQ para o emissor modelo E: (a) citros seco 15 cm; (b) citros seco 30 cm; (c) citros úmido 15 cm; (d) citros úmido 30 cm; (e) testemunha 15 cm; (f) testemunha 30 cm.

5.6 Emissor modelo F

Esse modelo de emissor apresentou CVQ inicial geral de 15%, valor considerado elevado para uma amostra de emissores novos. Já o CVQ inicial para os tratamentos demonstrou elevada variabilidade, principalmente para a TT15, como se observa na Figura 11.

Não se observa tendência evidente de comportamento da vazão, pois, para o tratamento CTS15, este parâmetro apresentou-se constante. Já para CTU30, o comportamento foi de elevação de vazão, e para CTU15 ocorreu redução de vazão.

Foram observados picos elevados para os dois parâmetros avaliados, em CTS30. Tal comportamento se deveu à presença de emissores que apresentaram elevação de vazão.

O desempenho das testemunhas apresentou desuniformidade entre estas quanto aos parâmetros analisados. O desempenho da testemunha a 30 cm mostrou-se superior a 15 cm. Como este modelo de emissor é autocompensante, pode ser que tenha ocorrido desequilíbrio na membrana de autocompensão, provocando elevação de vazão.

De maneira geral, esse modelo de emissor apresentou desempenho medíocre quanto aos parâmetros analisados. Caso tal comportamento se repetisse em campo de maneira generalizada, o equilíbrio hidráulico do sistema de irrigação ficaria comprometido, pois, na ocorrência de vazões elevadas dos emissores, o sistema de bombeamento talvez não conseguisse pressurizar o sistema.

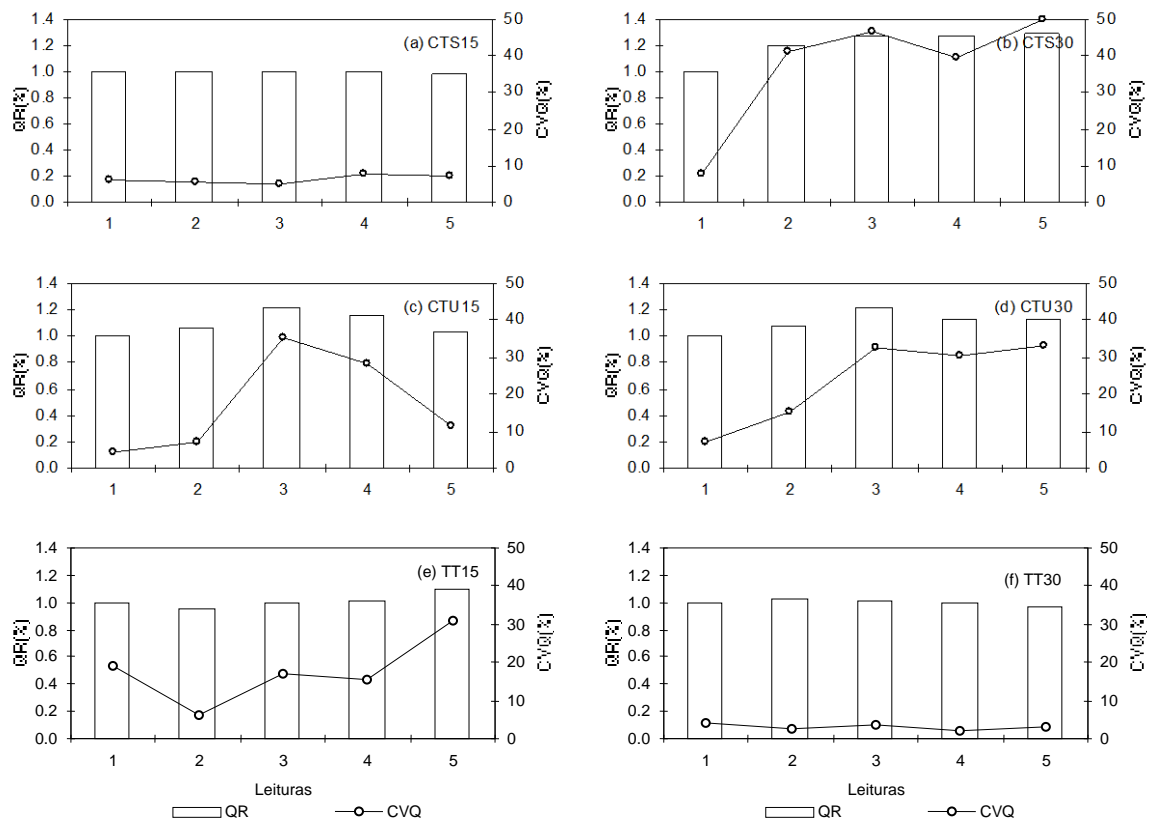


Figura 11. QR e CVQ para o emissor modelo F: (a) citros seco 15 cm; (b) citros seco 30 cm; (c) citros úmido 15 cm; (d) citros úmido 30 cm; (e) testemunha 15 cm; (f) testemunha 30 cm.

5.7 Emissor modelo G

O CVQ inicial geral para esse modelo de emissor foi de 8,9%. Já o CVQ inicial dos tratamentos e testemunhas apresentou valores próximos ao anteriormente apresentado, exceto para o tratamento CTU15, conforme Figura 12 (c).

Quanto ao parâmetro QR, houve tendência geral de queda discreta, exceto para o tratamento CTU15, onde ocorreu elevação nesse parâmetro.

Foram observados picos no parâmetro CVQ no tratamento CTU15. Tal fato deveu-se, para o primeiro caso à elevação de vazão dos emissores nas repetições (R5 e R9) e, no segundo caso, à redução de vazão nas repetições (R6 e R8).

Os efeitos dos tratamentos não foram conclusivos, mesmo tendo havido evidência do tratamento em CTU15, pois a tendência de vazão foi inversa para este caso.

Já as testemunhas apresentaram desempenho normal quanto aos parâmetros avaliados para as duas profundidades.

Foi observado que a vazão real desse modelo de emissor apresentou-se próxima da nominal fornecida pelo fabricante. O tubo gotejador em questão possui parede espessa, facilitando a vedação nos conectores.

De maneira geral, o comportamento desse modelo de emissor até a determinação da última vazão apresentou-se medianamente favorável.

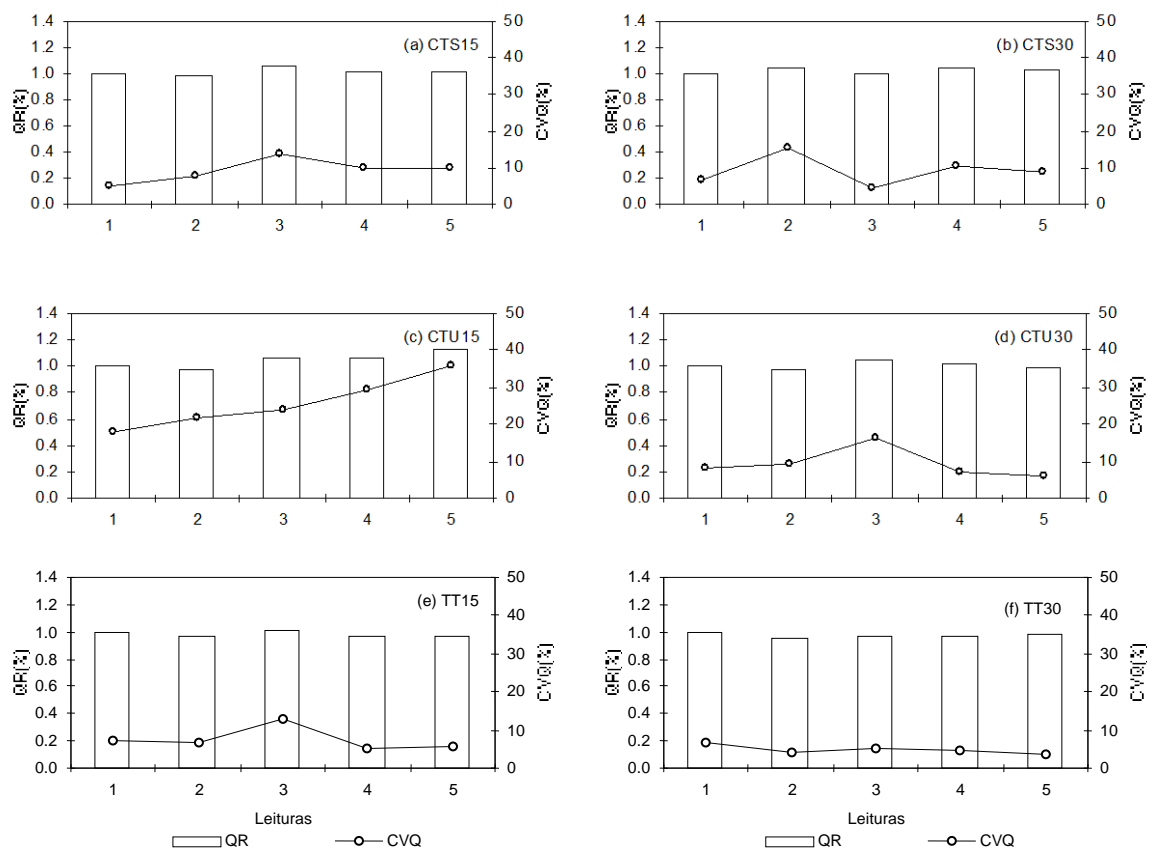


Figura 12. QR e CVQ para o emissor modelo G: (a) citros seco 15 cm; (b) citros seco 30 cm; (c) citros úmido 15 cm; (d) citros úmido 30 cm; (e) testemunha 15 cm; (f) testemunha 30 cm.

6 Intrusão radicular

Na ocasião da abertura dos vasos para a verificação do desenvolvimento radicular, verificou-se também a ocorrência de intrusão radicular nos emissores. Na Figura 13 são apresentados detalhes de intrusão radicular observada em alguns modelos de gotejadores ensaiados.

Nota-se na Figura 13 que ocorreu intrusão radicular aleatória, não havendo uma tendência por tipo específico de emissor. As ocorrências verificadas de intrusão radicular foram detectadas no estágio inicial de penetração nos labirintos dos emissores, o que certamente provocaria redução de vazão significativa no futuro, dependendo da arquitetura do emissor e das dimensões das raízes. Notou-se também que, mesmo para emissores cilíndricos, que possuem arquitetura interna com câmaras e caminhos complexos, as raízes haviam iniciado a penetração nos labirintos.

A intrusão radicular observada não se destacou para nenhum dos tratamentos, tendo sido encontrados emissores com raízes para as duas profundidades, para os dois níveis de irrigação e para os diferentes tipos de emissores.

Observou-se também a presença de solo no interior de alguns emissores. Ressalta-se que o sistema de irrigação apresentava dispositivo antivácuo, o que parece não ter evitado a sucção de partículas sólidas.



Figura 13. Intrusão radicular nos emissores: (a) emissor cilíndrico; (b) emissor cilíndrico; (c) emissores diversos; e (d) emissor botão.

7 CONCLUSÕES

A hipótese de que o sistema radicular sob estresse hídrico seria mais agressivo ao gotejamento enterrado não se confirmou de maneira conclusiva. O sistema radicular das plantas bem irrigadas apresentou um notável vigor que poderá ser também bastante agressivo aos emissores.

Variações de vazão nos gotejadores enterrados, devido às raízes, foram mais freqüentes na profundidade de 30 cm.

Diferentes modelos de gotejadores apresentaram diferentes graus de sensibilidade às variações de vazão no gotejamento subsuperficial.

Quanto ao aspecto construtivo (barreiras físicas), nenhum dos emissores ensaiados demonstrou possuir mecanismos que impeçam efetivamente a penetração das raízes de Citros em seu interior, mesmo aqueles que usualmente são recomendados para uso no gotejamento subsuperficial nessa cultura.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AYARS, J.E.; C. J. PHENE; R. B. HUTMACHER; K. R. DAVIS; R. A. SCHONEMAN; S. S. VAIL and R. M. MEAD. Subsurface drip irrigation in row crops: a review of 15 years of research at the Water Management Research Laboratory. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 42, n. 1, p. 1-27, 1999.

FARIA, L. F. **Varição de vazão de gotejadores enterrados na irrigação de citros e café**. 2003. 124 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

GHAEMI, A.; CHIENG, S. Emitter clogging and hydraulics in micro-irrigation lines. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1999, Toronto. St Joseph: ASAE, 1999. (Paper 992211).

GILBERT, R.G.; FORD, H.W. Operational principles/emitter clogging. In: NAKAYAMA, F.S.; BULKS, D.A. **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p. 142-63.

MEAD, R. Root intrusion prevention. Disponível em: <<http://www.microirrigationforum.com/new/archives/rootpre.html>>. Acesso em: 10 jan. 2002.

RUSKIN, R.; FERGUSON, K.R. Protection of subsurface drip irrigation systems from root intrusion. Disponível em: <http://www.geoflow.com/root%20tfn/IA%20paper%20TFN%20applications%20final.html>. Acesso em: 21 maio 2000.

SOLOMON, K.H. Global uniformity of trickle irrigation system. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v.28, n.4, p.1151-8, 1985.

SUAREZ-REY, E.; CHOI, C.Y.; WALLER, P.M. Feasibility of subsurface drip irrigation on turf in Arizona. In: ASAE ANNUAL INTERNATIONAL MEETING, 1999, Toronto. St Joseph: ASAE, 1999. (Paper 992251)

ZOLDOSKE, D.; R.K. STRIEGLER; G.T. BERG; G. JORGENSON; C.B. LAKE; S.G. GRAVES; AND D.M. BURNETT. Evaluation of trellis system and subsurface drip irrigation for wine grape production: a progress report. 1998: Center for Irrigation Technology. Disponível em: <<http://www.cati.csufreno.edu/cit>>. Acesso em: 10 jan. 2002.