

AVALIAÇÃO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO EM POMAR DE LIMA-ÁCIDA TAHITI

EVALUATION OF A DRIP IRRIGATION SYSTEM IN AN ORCHARD OF LIME-ACID TAHITI

SEBASTIÃO AVELINO NETO

Doutor em Engenharia Civil e Professor do Curso de Engenharia Agrícola, do Campus de Ciências Exatas e Tecnológicas Henrique Santillo (CCET), da UEG - Universidade Estadual de Goiás, Anápolis - GO
savneto@bol.com.br

DELVIO SANDRI

Doutor em Engenharia Agrícola e Professor da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Campus Darcy Ribeiro, da UnB - Universidade de Brasília, Brasília - DF
sandri@unb.br

FELIPE VINICIUS DE OLIVEIRA SILVA

Engenheiro Civil pela Unilavras - Centro Universitário de Lavras (MG)
felipeoliveira322@hotmail.com

RESUMO - Este trabalho teve como objetivo avaliar a uniformidade de distribuição de água e as pressões nas linhas laterais de um sistema de irrigação por gotejamento instalado em um pomar de lima-ácida Tahiti com dois anos de uso. O trabalho foi desenvolvido na Fazenda Ponte Alta, Silvânia, GO, em uma área irrigada de 4,17 ha, dividida em quatro parcelas. O sistema de irrigação foi instalado com duas linhas laterais por fileira de plantio, sendo o espaçamento entre plantas de 5,0 m e entre linhas de 7,0 m. Para a avaliação da uniformidade de distribuição do sistema de irrigação por gotejamento, foi utilizado o critério proposto por KELLER e KARMELI (1975), foi realizado a medição da pressão do sistema e a medição da vazão em diferentes pontos, procurando verificar se confere com as condições de projeto. As pressões de serviço, de maneira geral, foram inferiores a recomendada em projeto, resultando em menores lâminas de irrigação que a calculada. Os coeficientes de uniformidade de Christiansen e o de distribuição foram classificados como excelente (> 90%), para a maioria das linhas laterais avaliadas.

Palavras chave: *Citrus latifolia* Tanaka, Uniformidade de distribuição, entupimento, qualidade da água.

ABSTRACT – This study aimed to evaluate the uniformity of water distribution and the pressures on the lateral lines of a drip irrigation system installed in a Tahiti lime orchard with two years of use. The work was carried out in the Ponte Alta Farm, Silvânia, GO, in an irrigated area of 4.17 ha, divided into four plots. The irrigation system was installed with two lateral lines per planting row, being the spacing between plants of 5.0 m and between lines of 7.0 M. To evaluate the distribution uniformity of the drip irrigation system, we used the criterion proposed by KELLER and KARMELI (1975), the measurement of the system pressure and the measurement of the flow at different points were performed, trying to verify whether The design conditions. The pressures of service, in general, were lower than the recommended in the project, resulting in smaller irrigation depths than that calculated. The coefficients of uniformity of Christiansen and the distribution were classified as excellent (> 90%), for most of the lateral lines evaluated.

Key word: *Citrus latifolia* Tanaka, distribution uniformity, clogging, water quality.

INTRODUÇÃO

Dentre os vários sistemas de irrigação, tem-se notado um aumento da demanda por sistemas de irrigação localizada, que segundo Christófidis (2002), que ocupava uma área de 6,7% da irrigação praticada no Brasil em 1988, elevando-se para 8% em 2000, mostrando crescimento maior que os demais sistemas de irrigação, entre outras vantagens, têm sua viabilidade econômica associada ao uso da fertirrigação, que pode diminuir os custos de manutenção da lavoura e melhorar a qualidade dos produtos.

Na citricultura, por exemplo, houve rápida expansão do uso da irrigação por gotejamento em virtude da boa fase de preços do setor e principalmente da viabilidade econômica deste sistema de irrigação (TOLEDO, 2005).

O principal objetivo da irrigação é proporcionar condições para produzir economicamente, o que se consegue por meio do aumento da produtividade e redução dos custos por unidade produzida. Neste aspecto, pode-se utilizar os parâmetros que expressam a qualidade da irrigação durante o planejamento e operação dos sistemas de irrigação. Desta forma, torna-se importante avaliar a uniformidade de distribuição de água pelo sistema, pois sabe-se que a distribuição da lâmina de irrigação não se apresenta igual em todas as parcelas da área irrigada (ZOCOLER, 2006).

Para Bernardo et al. (2006), é recomendável, após a instalação de um sistema de irrigação, proceder testes de campo, com o objetivo, quando necessário, ajustes na operação e, principalmente, no manejo. Esses procedimentos visam maximizar a eficiência do sistema. Entretanto, Resende et al. (2001) relatam que esse tipo de avaliação em sistemas de irrigação não constitui rotina para a maioria dos produtores brasileiros.

A uniformidade de distribuição de água é uma ferramenta fundamental para a avaliação da performance e da manutenção de sistemas de irrigação localizada, tanto na fase de dimensionamento como no acompanhamento do desempenho após a implantação, proporcionando melhor uso da água e de insumos, consequentemente, aumentando-se o rendimento das culturas e o retorno econômico do agricultor.

O tratamento de recuperação de emissores total ou parcialmente entupidos, além de mais oneroso, nem sempre é efetivo. Desta forma, o produtor deve avaliar cuidadosamente, antes da instalação do sistema de irrigação em campo, parâmetros de qualidade de água, qualidade do equipamento a ser adquirido, manejo do sistema a ser

utilizado, buscando adotar medidas preventivas para o risco de entupimento dos emissores (RESENDE et al., 2001).

O Brasil é o maior produtor mundial de citros, respondendo pela produção de aproximadamente 35% de toda a laranja produzida no mundo e de 85% das exportações de suco concentrado e congelado. A produção mundial de citros é de aproximadamente 102 milhões t por ano, e é oriunda de extensa área cultivada, com 7,3 milhões ha, que supera em grande parte outras fruteiras tropicais e subtropicais como banana, maçã, manga, pêra, pêssego e mamão (MATTOS JUNIOR et al., 2008).

A tendência da citricultura brasileira é de aumento de produtividade, provocado pela expansão da irrigação nos pomares, prática comprovadamente vantajosa e que traz incremento importante de produtividade. Além disso, a floração pode ser antecipada via irrigação diminuindo a incidência de doenças que coincidem no período chuvoso (DAVIES; ALBRIGO, 1994).

Entretanto, não basta apenas instalar o sistema de irrigação para o sucesso na prática da irrigação, isso está diretamente relacionado ao manejo adequado, fornecendo água ao solo no momento oportuno e na quantidade suficiente para atender as necessidades hídricas da planta (SILVEIRA; STONE, 2001).

A carência de estudos ligados à necessidade hídrica da cultura da lima-ácida Tahiti e de informações adequadas para o manejo da irrigação dificulta o estabelecimento de um manejo adequado no controle da água aplicada na irrigação, resultando em projetos de irrigação sub ou super dimensionados, com retorno econômico insuficiente para justificar sua contínua aplicação (CAMPECHE, 2002).

Neste sentido, este trabalho teve como objetivo avaliar a uniformidade de distribuição de água e as pressões nas linhas laterais de um sistema de irrigação por gotejamento, instalado em pomar de lima-ácida tahiti.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Ponte Alta, Silvânia, GO. A área total irrigada é 4,17 ha, sendo cultivado lima-ácida tahiti com 8 anos de idade, espaçamento de 7 m e 5,0 entre plantas, totalizando 285 plantas ha⁻¹. A área total cultivada foi dividida em quatro parcelas de irrigação conforme Figura 1, com área de 1,36 ha (parcela 1a), 1,30 ha (parcela 1b), 1,10 ha (parcela 2) e 0,41 ha (parcela 3).

A água utilizada para irrigação do pomar, teve origem de um manancial localizado à 304,8 m em relação a área de irrigação. A bacia do manancial possui uma área de 35.529,14 m², perímetro de 983,69 m e um volume de 83.203,34 m³, suficiente para atender a demanda de água para irrigação e manter regularizada a vazão do córrego. O pH da água, sem presença de nutrientes, varia entre 7,5 e 8,2.

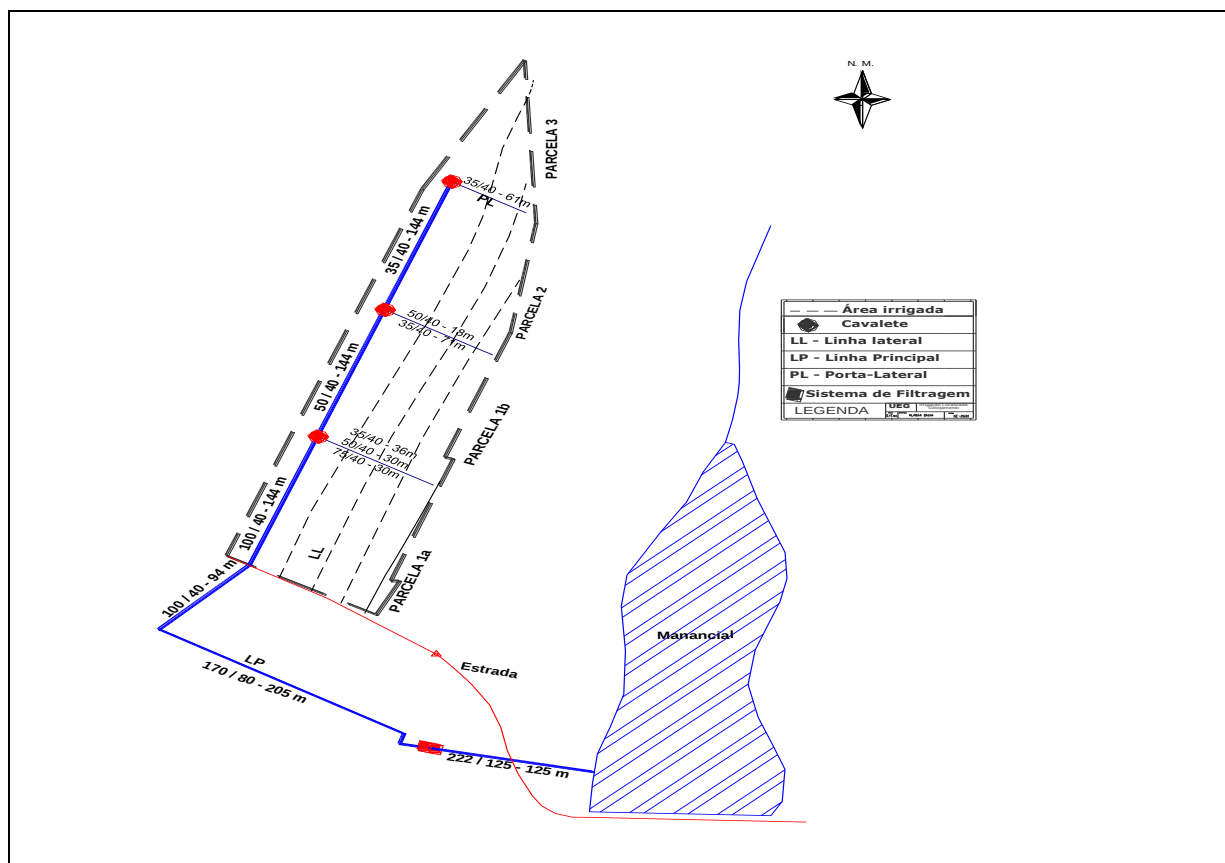


Figura 1. “Croqui” do pomar de limão com as quatro parcelas irrigadas. Fonte: Autores, 2016.

O sistema de irrigação por gotejamento era constituído por um conjunto motobomba, com um motor trifásico com potência de 15 cv, 3.520 rpm, rendimento de 87,8 %, no ponto de trabalho e uma bomba com rotor de 230 mm e altura manométrica de 65,18 m.c.a. e 28,82 m³ h⁻¹. Para a automação foi utilizado um controlador eletrônico com três programações independentes, sistema de filtragem com seis 6 filtros de disco com 120 mesh de malha com sistema automático de limpeza, injetor de fertilizante tipo Venturi. A linha lateral foi constituída por tubo gotejador modelo Tiram 17Q, espessura de parede de 0,89 mm, diâmetro interno de 14,4 mm e emissores espaçados a 1,0 m com vazão nominal de 2,3 L h⁻¹ na pressão de serviço de 140 kPa. Foram instaladas duas linhas laterais (tubos gotejadores) por linha de planta, uma de cada lado distante 0,50 m do tronco da planta.

Existem diferentes equações para se determinar a uniformidade de distribuição, no referido trabalho foram utilizadas as equações apresentadas a seguir como forma de verificar se existe diferença entre as uniformidades de distribuição utilizadas. O parâmetro mais utilizado para determinar a uniformidade de distribuição é o coeficiente de uniformidade de Christiansen (1942), equação utilizada para em sistemas de irrigação por aspersão, expresso pela Equação 1.

$$CUC = 100 \times \left[1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_{med}|}{n \times q_{med}} \right) \right] \quad \text{Equação 1}$$

Onde:

CUC - coeficiente de uniformidade de Christiansen (%);

n - número de observações;

q_i - lâmina coletada em cada observação i ($L h^{-1}$);

q_{med} - lâmina média coletada ($L h^{-1}$).

Mantovani (2002) apresenta uma classificação dos valores de CUC utilizado para sistemas de irrigação por gotejamento, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) para sistemas de irrigação por gotejamento.

Classificação	CUC (%)
Excelente	90 a 100
Boa	80 a 90
Razoável	70 a 80
Ruim	60 a 70
Inaceitável	-

Fonte: Mantovani (2002).

Existem diferentes métodos para a determinação da uniformidade de distribuição de água em um sistema de irrigação por gotejamento, sendo um deles o proposto por Merriam e Keller (1978) conforme Equação 2.

$$CUD = 100 \times \left(\frac{q_{25\%}}{q_{med}} \right) \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

CUD - coeficiente de uniformidade de distribuição de irrigação da subunidade avaliada em campo (%);

$q_{25\%}$ - média de 25% do total de emissores com as menores vazões ($L h^{-1}$);

q_{med} - média das vazões coletadas de todos os emissores na subunidade ($L h^{-1}$).

Segundo a ASAE (1996) a avaliação da uniformidade de irrigação, é baseada no método de estimação de uniformidade em campo, proposto por Bralts e Kesner (1983) fundamentado no coeficiente de uniformidade estatístico obtido pela Equação 3.

$$CUE = 100 \times (1 - CVT) \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

CUE - coeficiente de uniformidade estatístico de irrigação (%);

CVT - coeficiente de variação total de vazão na subunidade.

Para a determinação do CVT na subunidade, usou-se a Equação 4.

$$CVT = \frac{S_q}{q_{med}} \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

S_q - desvio-padrão da vazão dos emissores ($L h^{-1}$);

q_{med} - vazão média dos emissores na subunidade ($L h^{-1}$).

O sistema de irrigação por gotejamento possui diferente grau de aceitabilidade que está ligado a eficiência do sistema e a vazão emitida pelo gotejador, o grau de aceitabilidade pode ser determinado através da comparação do valor de CUD e CUE, que foram estabelecidos pela ASAE (1996), conforme apresentados na Tabela 2.

De acordo com o critério proposto por Keller e Karmeli (1975) foram verificadas quatro linhas laterais para as parcelas 1a e 1b, visando a verificação da uniformidade de distribuição, Neste sentido, analisou-se a primeira linha lateral, a situada a 1/3, a situada a 2/3 e a última linha lateral da unidade de irrigação. Para coleta de dados utilizou-se seguintes emissores: primeiro emissor; emissores situados a 1/11, 2/11, 3/11, 4/11, 5/11, 6/11, 7/11, 8/11, 9/11, 10/11 ao longo do comprimento da linha lateral e o último emissor da linha, por serem as linhas de maior comprimento,

totalizando 12 emissores; bem superior ao recomendado pelos autores acima, que recomendam apenas quatro emissores por linha lateral.

Tabela 2. Critério para classificação do CUE e CUD.

Classificação	CUE (%)	CUD (%)
Excelente	100 a 95	100 a 94
Bom	90 a 85	87 a 81
Normal	80 a 75	75 a 68
Ruim	70 a 65	62 a 56
Inaceitável	< 60	< 50

Fonte: AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS - ASAE EP458 (1996).

Na parcela 2 foram verificadas 4 linhas laterais, ou seja, a primeira linha lateral, a situada a 5/13, a situada a 10/13 e a última linha lateral da unidade de irrigação. A coleta de dados de cada lateral foi realizada conforme o comprimento de cada linha lateral: linha 1 e 2 a cada 13 m e para linha 3 a cada 8 m (primeiro emissor, emissores situados a 1/11, 2/11, 3/11, 4/11, 5/11, 6/11, 7/11, 8/11, 9/11, 10/11 ao longo do comprimento da linha lateral e o último emissor da linha). Já para a linha 4, a cada 8 m foram realizadas nos seguintes emissores: primeiro emissor, emissores situados a 1/6, 2/6, 3/6, 4/6 ao longo do comprimento da linha lateral e o último emissor.

Na parcela 3, verificou-se 3 linhas laterais, ou seja, sendo analisadas a primeira linha lateral, a situada a 5/6 e a última linha lateral da unidade de irrigação por ser uma parcela de menor tamanho (menor comprimento e número de linhas laterais).

Para determinação da vazão foi realizada uma escavação sob cada gotejador cerca de 0,20 m de profundidade para permitir a acomodação dos coletores (Figura 2a). A determinação da pressão no final das linhas laterais foi realizada por meio de um manômetro metálico de Bourdon com glicerina (Figura 2b), com precisão de 5 kPa, onde possuía uma agulha acoplada ao mesmo, que foi introduzida na linha lateral para determinar a pressão.

A determinação da vazão foi realizada por um tempo de 3 minutos e com 3 repetições por emissor. Para medição da vazão foi utilizado o método volumétrico, com provetas graduadas com 100 mL de capacidade e precisão de 1 mL.



(a)



(b)

Figura 2. Coleta de vazão dos emissores (a) e determinação da pressão da linha (b).
Fonte; Autores, 2016.

Os dados obtidos serão analisados estatisticamente para a comparação entre tratamentos (análise de variância e comparação de médias pelo teste de Tukey a 1 % ou 5 % de probabilidade) e a determinação de equações de comportamento das características ao longo do tempo (análise de regressão). Para tanto será utilizado o Software ESTAT.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta o comprimento e a pressão no final das linhas laterais de cada parcela avaliada, onde observou-se a variação da pressão de funcionamento entre as linhas laterais com comprimento único, bem como nas parcelas com linhas laterais de comprimento variável. A diferença de pressão entre as laterais deve-se a perda de carga da porta lateral, auxiliado pela baixa pressão na entrada da parcela. Considerando os dados técnicos de projeto, a pressão no final da linha lateral 1 da parcela 1a, deveria ser de 140 kPa, no entanto, foi observado uma pressão de 110 kPa (redução de 27,3%), de forma que toda a parcela estava funcionando com pressão inferior a definida em projeto. A pressão de funcionamento observada resultou numa lâmina de irrigação inferior à projetada, interferindo no manejo correto da irrigação e no atendimento às necessidades hídricas da cultura.

As pressões na parcela 1a, foram de 110, 85, 55 e 55 kPa, respectivamente, no final das linhas laterais 1, 2, 3 e 4. No final da linha lateral 4, a pressão que deveria ser registrada no projeto foi calculada para atingir 100 kPa, porém, observou-se pressão de 55 kPa, o que representa uma redução de 81,8%, ou seja muito abaixo do necessário. Estes resultados estão associados, possivelmente a baixa vazão do sistema, o qual deverá ser corrigido a partir de uma análise completa de todo o sistema de irrigação. Bernardo et al. (2006), relatam que a variação da pressão entre a primeira e a última

lateral dentro de uma mesma parcela, não deve 30%, o que não foi observado neste trabalho.

Tabela 3. Dados da pressão dos tubos gotejadores das parcelas 1a, 1b, 2 e 3 do sistema de irrigação para lima-ácida Tahiti Silvania- GO.

Parcela	Lateral 1		Lateral 2		Lateral 3		Lateral 4	
	L	P	L	P	L	P	L	P
1a	144	110	144	85	144	55	144	55
1b	144	80	144	90	144	60	144	75
2	144	90	144	75	89	127	49	150
3	144	110	57	135	29	155	-	-
2	144	90	144	75	89	127	49	150
3	144	110	57	135	29	155	-	-

L = comprimento (m); P = pressão (kPa)

Fonte: Autores, 2016.

Na parcela 1b as pressões observadas no final da lateral foram de 80 kPa (Lateral 1), 90 kPa (Lateral 2), 60 kPa (Lateral 3) e 75 kPa (Lateral 4). Considerando a pressão de funcionamento de projeto de 130 kPa no final da lateral 1, constatou-se uma redução de 44,4%.

Na parcela 2, o comprimento da linha lateral variou a partir da lateral 3 (Tabela 3), interferindo na pressão de funcionamento. As pressões no final das linhas laterais avaliadas, foram de 90 kPa (lateral 1), 75 kPa (Lateral 2), sendo a redução devido a perda de carga na porta lateral e na lateral, 127 kPa (Lateral 3) e 150 kPa (Lateral 4), sendo o aumento nestas devido a redução no comprimento das mesmas.

Na parcela 3, o comprimento da linha lateral variou a partir da lateral 2, onde observou-se as pressões de 110 kPa (lateral 1), 155 kPa (Lateral 2) e 135 kPa (Lateral 3). Nesta parcela, a elevação da pressão nas laterais 2 e 3 deve-se ao menor comprimento das mesmas, mas também devido a ausência de regulador de pressão no cavalete instalado na entrada da parcela.

Os resultados obtidos (Tabela 4) mostram que na parcela 1a, a linha lateral 3 apresentou o menor valor de vazão média ($1,45 \text{ L h}^{-1}$), devido ao entupimento completo de um dos emissores, esta linha lateral tem como característica uma alta variabilidade nos valores de vazão, dados estes confirmados pelo coeficiente de variação (33,91%).

Resende et al. (2000) avaliando diferentes modelos de tubos gotejadores, encontrou que o tubo gotejador Tiran mesmo tendo maior diâmetro de orifício de passagem, foi o que apresentou maior redução de vazão média. Embora possua maior

diâmetro do orifício de passagem de água caracteriza-se por apresentar, dentre os modelos avaliados, o maior percurso de caminhamento da água (129 mm), aliado a uma relativamente pequena área de filtragem. O longo percurso pode ter favorecido o desenvolvimento de mucilagem, ou um processo contínuo de deposição de material em suspensão, na parte interna do emissor, determinando a uniformidade com que se deu a redução de vazão ao longo do período do ensaio.

Tabela 4. Dados de vazão, desvio padrão e coeficientes de uniformidade de distribuição do tubo gotejador (TG) modelo Tiram 17Q da parcela 1a.

Gotejadores	Parcela 1a			
	Lateral 1	Lateral 2	Lateral 3	Lateral 4
	Vazão (L h ⁻¹)			
1	2,32	2,12	1,99	1,86
2	1,97	2,09	1,88	1,78
3	2,19	1,82	1,63	1,74
4	2,27	1,85	1,52	1,65
5	1,83	1,81	1,53	1,57
6	2,06	1,91	1,48	1,61
7	2,09	1,81	0,00	1,51
8	1,85	1,94	1,49	1,47
9	1,94	1,82	1,37	1,61
10	2,05	1,69	1,51	1,70
11	2,01	1,90	1,42	1,55
12	2,08	1,87	1,55	1,56
Desvio padrão (L h ⁻¹)	0,15	0,12	0,49	0,12
Coeficiente de variação (%)	7,32	6,41	33,91	7,14
Vazão média geral (L h ⁻¹)	2,05	1,89	1,45	1,63
Vazão média de 25% menores (L h ⁻¹)	1,87	1,77	0,93	1,51
CUC (%)	94,54	95,29	82,07	94,32
CUD (%)	91,18	93,88	64,14	92,35
CUE (%)	92,68	93,59	66,09	92,86

Fonte: Autores, 2016.

Para os valores de CUC, conforme proposto por Mantovani (2002), para as linhas laterais 1, 2 e 4 foram classificadas como “excelente” (> 90%), sendo a lateral 2, a que apresentou maior valor (95,29 %). Já a lateral 3 foi classificada como “boa” (82,07%). Quanto à classificação para o CUE e CUD, proposta pela ASAE (1996), constata-se que as laterais 1, 2 e 4 foram classificadas como excelente para o CUD, e a lateral 3 como “ruim” (64,14 %) conforme Tabela 4. Nesta última lateral, o índice obtido foi muito abaixo do recomendado, sendo que este resultado pode ser atribuído ao entupimento parcial de emissores. Outro fator que pode ter contribuído, está relacionado às consequências devido ao tempo de uso, porém, de pouca intensidade, uma vez que o sistema com dois anos de uso pode ser considerado de baixo tempo de uso.

O CUC, conforme proposto por Mantovani (2002), para as linhas laterais 1, 2 e 4 foram classificadas como “excelente” ($> 90\%$), sendo a lateral 2, a que apresentou maior valor (95,29 %). Já a lateral 3 foi classificada como “boa” (82,07%). Quanto à classificação para o CUE e CUD, proposta pela ASAE (1996), constata-se que as laterais 1, 2 e 4 foram classificadas como excelente para o CUD, e a lateral 3 como “ruim” (64,14 %). Nesta última lateral, o índice obtido foi muito abaixo do recomendado, sendo que este resultado pode ser atribuído ao entupimento total emissores. Outro fator que pode ter contribuído, está relacionado às consequências devido ao tempo de uso, porém, de pouca intensidade, uma vez que o sistema com dois anos de uso pode ser considerado de baixo tempo de uso.

Os índices do CUD foram sempre menores que os de CUC. Segundo Lopez et al. (1992), isso ocorre por que o primeiro coeficiente dá um tratamento mais rigoroso a problemas e distribuição, que ocorrem ao longo da linha lateral. Para o CUE, a uniformidade da linha lateral 2 foi classificada como “excelente”, já as laterais 1 e 4 foram classificadas como “boa” e a lateral 3 como “ruim”.

De acordo com Bonomo (1999), a melhoria desses valores de uniformidade pode ser obtida por meio da adoção de práticas de manejo, como a limpeza periódica mais criteriosa do sistema de filtragem, possibilitando maior pressão nos pontos de emissão, assim, entupimento dos gotejadores e limpeza das linhas laterais.

Analisando os dados da Tabela 5, verifica-se que a linha lateral 4, apresentou menor valor de vazão média ($1,62 \text{ L h}^{-1}$) e a maior vazão foi na lateral 1 ($2,04 \text{ L h}^{-1}$), correspondendo a menor e maior pressão, respectivamente (Tabela 3). O desvio padrão foi baixo para todas as 4 linhas laterais, com maior valor para o lateral 3 ($0,21 \text{ L h}^{-1}$).

Dentre as linhas laterais da parcela 1b, as laterais 1 e 2 apresentaram menor variação de vazão, mesmo com pressão inferior ao do projeto. Os valores do coeficiente de variação foram considerados aceitáveis, inferior a 12 % para todas as laterais, sendo esta parcela vinculada ao mesmo cavalete da parcela 1a.

Todas as linhas laterais desta parcela apresentaram CUC “excelente” de acordo com a Tabela 5. A lateral 2 apresentou a melhor classificação (96,47%) e a lateral 3 a menor classificação (91,24%). Considerando a classificação proposta pela ASAE (1996), os resultados de CUD das laterais 1 e 2 foram classificados como “excelente” e as linhas laterais 3 e 4 como “bom”. Para o CUE, a uniformidade das laterais 1, 3 e 4 foram classificadas como “bom” e a lateral 2 como “excelente” (Tabela 5). Pode-se

observar que não foi detectado problema de entupimento total de emissores nesta parcela.

Tabela 5. Dados de vazão, desvio padrão e coeficientes de uniformidade de distribuição do tubo gotejador (TG) modelo Tiram 17Q da parcela 1b.

Gotejadores	Parcela 1b			
	Lateral 1	Lateral 2	Lateral 3	Lateral 4
	Vazão (L h ⁻¹)			
1	2,41	2,11	2,19	1,90
2	2,10	2,04	2,13	1,85
3	2,13	2,18	1,93	1,67
4	2,02	1,91	1,81	1,68
5	2,07	2,18	1,65	1,47
6	2,06	2,04	1,70	1,43
7	2,05	2,07	1,80	1,59
8	2,05	1,96	1,69	1,64
9	1,91	1,98	1,69	1,60
10	1,90	2,07	1,77	1,60
11	1,85	1,93	1,47	1,69
12	1,91	1,97	1,59	1,29
Desvio padrão (L h ⁻¹)	0,15	0,09	0,21	0,17
Coeficiente de variação (%)	7,34	4,43	11,83	10,44
Vazão média geral (L h ⁻¹)	2,04	2,04	1,78	1,62
Vazão média de 25% menores (L h ⁻¹)	1,88	1,93	1,57	1,40
CUC (%)	95,02	96,47	91,24	92,48
CUD (%)	92,48	94,98	87,92	86,29
CUE (%)	92,66	95,57	88,17	89,56

Fonte: Autores, 2016.

Na parcela 2 a linha lateral 1 teve menor valor de vazão média (1,85 L h⁻¹) sendo a linha 4 com a vazão média de 2,47 L h⁻¹ a que teve maior vazão média conforme dados da Tabela 6. Ao contrário das parcelas 1a e 1b em que a vazão média foi diminuindo entre as laterais a partir da lateral mais próxima da entrada da parcela, na parcela 2 foi aumentando, devido ao menor comprimento das linhas laterais no final da parcela de irrigação. A lateral 1a, possui maior valor de coeficiente de variação (16,52%), dentro do aceitável, porém, com maior grau de entupimento parcial que as demais linhas laterais. A lateral 4 apresentou o menor valor do coeficiente de variação (1,96%), entretanto, tem que se desatar que é a linha lateral de menor comprimento entre todas as parcelas demonstrando que este fator influencia na variação de vazão como informado Frigo et al. (2006).

Tabela 6. Dados de vazão, desvio padrão e coeficientes de uniformidade de distribuição do tubo gotejador (TG) modelo Tiram 17Q da parcela 2.

Gotejadores	Parcela 2			
	Lateral 1	Lateral 2	Lateral 3	Lateral 4
	Vazão (L h ⁻¹)			
1	2,30	2,44	2,37	2,49
2	1,93	2,08	2,19	2,49
3	1,91	2,06	2,04	2,53
4	1,79	1,81	2,43	2,41
5	1,91	1,93	2,41	2,49
6	1,95	1,81	2,20	2,41
7	1,89	1,88	2,36	-
8	1,91	1,91	2,31	-
9	1,85	1,75	2,22	-
10	1,84	1,92	2,34	-
11	1,96	1,88	2,11	-
12	0,97	1,59	2,22	-
Desvio padrão (L h ⁻¹)	0,31	0,21	0,12	0,05
Coeficiente de variação (%)	16,52	10,89	5,40	1,96
Vazão média geral (L h ⁻¹)	1,85	1,92	2,27	2,47
Vazão média de 25% menores (L h ⁻¹)	1,53	1,72	2,11	2,41
CUC (%)	91,34	92,87	95,44	99,21
CUD (%)	82,69	89,30	93,24	97,62
CUE (%)	83,48	89,11	94,60	98,04

Fonte: Autores, 2016.

Segundo Mantovani (2002), os valores de CUC na irrigação por gotejamento, devem estar entre 90 a 95%, assim, todas as linhas laterais estavam dentro ou acima deste intervalo, sendo classificados como “excelente”. A lateral 4, foi a que apresentou o maior valor (99,21%), que se deve a linha lateral ter menor comprimento, com menor variação de pressão entre os gotejadores ao longo da lateral e a lateral 1a que apresentou o menor valor (91,34%), por ser a mais extensa.

De acordo com a classificação da ASAE (1996) o CUD das laterais 3 e 4 foi classificado como “excelente” e as laterais 1 e 2 com “bom”. Para o CUE, de acordo com Bralts (1986), citado por Frizzzone (2002), parcelas de irrigação localizada que apresentam valor de CUE acima de 90% é classificado como “excelente”, logo os valores obtidos pelas laterais 3 e 4 se enquadram dentro desta classificação, porém, as laterais 1 e 2 foram classificadas como “bom”.

Na parcela 3 pode-se observar um problema de entupimento parcial da linha lateral 1 evidenciado no décimo emissor onde a vazão do gotejador foi de 1,35 L h⁻¹ sendo a menor vazão medida de acordo com a Tabela 7, o que resultou num valor de coeficiente de variação de 11,59%. Já a lateral 3 teve maior valor de coeficiente de variação (15,27%), devido a obstrução parcial nos gotejadores da linha lateral, pois a

pressão no final da linha é da ordem de 155 kPa, valor acima da pressão de projeto conforme Tabela 7.

Tabela 7. Dados de vazão, desvio padrão e coeficientes de uniformidade de distribuição do tubo gotejador (TG) modelo Tiram 17Q da parcela 3.

Gotejadores	Parcela 3		
	Lateral 1	Lateral 2	Lateral 3
	Vazão (L h ⁻¹)		
1	2,15	2,43	2,35
2	2,31	2,41	2,25
3	2,16	2,40	2,41
4	2,11	2,63	1,61
5	2,12	2,38	1,92
6	2,19	2,37	1,81
7	2,01	2,43	1,72
8	2,06	2,37	1,86
9	2,18	-	-
10	1,35	-	-
11	2,13	-	-
12	2,12	-	-
Desvio padrão (L h ⁻¹)	0,24	0,09	0,30
Coeficiente de variação (%)	11,59	3,57	15,27
Vazão média geral (L h ⁻¹)	2,07	2,43	1,99
Vazão média de 25% menores (L h ⁻¹)	1,80	2,37	1,66
CUC (%)	93,50	98,58	91,31
CUD (%)	87,01	97,66	83,51
CUE (%)	88,41	96,43	84,73

Fonte Autores, 2016.

Do ponto de vista prático, a vazão média dos emissores pode ser considerada um bom parâmetro para avaliar o processo de entupimento total ou parcial de um sistema de irrigação por gotejamento, sendo utilizado em todos os trabalhos pertinentes (NAKAYAMA et al., 1977; RAVINA et al., 1992). Segundo Frigo et al. (2006) e Blum (2003) a qualidade da água utilizada na agricultura irrigada é de fundamental importância para o desempenho dos sistemas de irrigação e seus componentes, pois, o efeito da qualidade destas águas pode causar sérios problemas desde sais no perfil do solo, entupimento de tubulações e emissores pelo crescimento biológico e depósito de partículas inorgânicas tendo como consequência irrigações desuniformes e queda na sua eficiência.

Dentre as linhas laterais da parcela 3, a lateral 2 foi a que apresentou a menor variabilidade na vazão, e conseqüentemente menor valor de coeficiente de variação (3,57%), refletindo nos parâmetros de uniformidade de distribuição, onde o CUC das linhas laterais 1, 2 e 3 foi classificado como “excelente” (> 90%), sendo a lateral 2, a que apresentou maior valor CUC (98,58%). Entretanto os valores dos coeficientes CUE

e CUD apresentam valores inferiores a 90 % para as linhas laterais 1 e 3 sendo classificado segundo proposta da ASAE (1996) como “bom” apenas a linha lateral 2 é classificada como “excelente” (97,66%). A diferença de classificação entre as linhas laterais 1 e 3 pelos coeficientes CUC , CUE e CUD é porque o CUC e CUE são parâmetros que através de seus dados demonstra problemas de variabilidade da vazão e hidráulica do sistema como por exemplo entupimento, com pode-se observar através dos dados da linha lateral 3 onde a pressão é superior a de projeto 140 kPa e a linha tem o menor comprimento da parcela 3.

CONCLUSÕES

As pressões observadas, de maneira geral, foram inferiores as recomendadas em projeto, principalmente devido a perda de carga da porta lateral e a baixa pressão na entrada da parcela, resultando em menores lâminas de irrigação, interferindo no manejo correto da irrigação e no atendimento às necessidades hídricas da cultura.

Os índices de CUC das linhas laterais foram classificados como excelente (>90%), com exceção de uma das linhas laterais da parcela 1a (82,07%). O CUC médio geral de todas as parcelas foi de 93,58%, o CUD de 88,95% e o CUE de 89,73%.

As linhas laterais apresentaram entupimentos parciais o que demonstra que o sistema de filtragem com discos não evitou o entupimento de causa biológica.

REFERÊNCIAS

ASAE - AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Field Evaluation of Microirrigation Systems**. St. Joseph, p.792-797. 1996.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de Irrigação**. 8ª ed. EDT-UFV, p. 478, 2006.

BLUM, J. R. C. Critérios e padrões de qualidade da água. In. Reuso de água, Capítulo 2. Eds. P. C. Sanches Mancuso & H. Felício dos Santos. Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública, **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES**. São Paulo, 330p. 2003.

BONOMO, R. **Análise da irrigação na cafeicultura em áreas de cerrado de Minas Gerais**. Viçosa: UFV, 1999. p.224.

BRALTS, V. F. Operational principles/field performance and evaluation. In: Nakayama, F.S.; Bulks, D.A. **Trickle irrigation for crop production**. Amsterdam: Elsevier, 1986. p.216-240.

BRALTS, V.F.; KESNER, C. Drip irrigation field uniformity estimation. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph, v.24, n.5, p.1369-1374. 1983.

CAMPECHE, L. F. S. M. Construção, calibração e análise de funcionamento de lisímetros de pesagem para determinação da evapotranspiração da cultura da lima ácida ‘Tahiti’. In: **Evapotranspiração da Lima Ácida Tahiti com o Uso de Lisímetros de Pesagem**. Piracicaba-SP, 2002. 48p.

CHRISTIANSEN, J.E. **Irrigation by sprinkling**. Berkeley: University of California, 1942. 124p.

DAVIES, F.S.; ALBRIGO, L. G. **Citrus**. Wallingford: CAB International, 1994, 254p.

FRIGO, E. P.; SAMPAIO, S. C.; FREITAS, P. L.; NOBREGA, L. H. et ali. Desempenho do sistema de gotejamento e de filtros utilizando água residuária da suinocultura. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 3, 305 – 318p, 2006.

FRIZZONE, J. A. **Infiltração de água no solo**. Piracicaba: Escola Superior Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, 2002, p.32.

IBGE, **Produção agrícola municipal**, 2004. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 04/10/2008.

KELLER, J.; KARMELI, D. **Trickle irrigation design**. California, Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, p.133, 1975.

LOPEZ, J.R.; ABREU, J.M.H.; REGALADO, A.P.; HERNANDEZ, J.F.G. **Riego localizado**. Madrid: Mundi-Prensa, 1992, p.405.

MANTOVANI, E. C. **Avalia: manual do usuário**. Viçosa: DEA/UFV–PNP&D/café Embrapa, 150p., 2002.

MARQUELLI, W. A.; SILVA, W. L. C. Frequência de irrigação por gotejamento durante o estágio vegetativo do tomateiro para processamento industrial. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 7, p. 661 – 666, 2005.

MATTOS JUNIOR, D.; NEGRI, J. D.; FIGUEIREDO, J. O.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros: principais informações e recomendações de cultivo**. 2005. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/Citros/Citros.htm>>. Acesso em: 04/10/2006.

MERRIAM, J. L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan, Utah State University, 300p. 1978.

NAKAYAMA, F.S.; BUCKS, D.A.; FRENCH, O.F. Reclaiming partially clogged trickle emitters. **Transactions of the ASAE**, St. Joseph. v. 20, n. 2, p.278-280, 1977.

RAVINA, I.; PAZ, E.; SOFER, Z.; MARCU, A.; SHISHA, A.; SAGI, G. Control of emitter clogging in drip irrigation with reclaimed wastewater. **Irrigation Science**, New York, v.13, p.129-139, 1992.

RESENDE, R. S.; CASARINI, E.; FOLEGATTI, M. V.; COELHO, R.D. Ocorrência de entupimento de origem biológica em sistema de irrigação por gotejamento, no município de Atibaia, SP. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.5, n.1, p.156-160, 2001.

RESENDE, R. S.; COELHO, R.D; PIEDADE, S. M. DE S. Suscetibilidade de gotejadores ao entupimento de causa biológica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.4, n.3, p.368-375, 2000.

SILVEIRA, P. M.; STONE, L. F. **Irrigação do feijoeiro**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p. 230, 2001.

TOLEDO, F. R. Irrigação: menores custos e mais qualidade. **Informativo Agrofito**, Ano 5, n. 50 - maio/junho 2005.

ZOCOLER, J. L. **Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação**. UNESP - Ilha Solteira. Disponível em:<www.agr.feis.unesp.br>. Acesso em: 01/10/2006.