

SUSCEPTIBILIDADE AO ENTUPIMENTO DE UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO PARA AGRICULTURA FAMILIAR

Fábio Ponciano de Deus¹, Rhuano Soranz Ferrarezi², Renan Primo³, Guilherme Alonso Martins⁴, Roberto Testezlaf⁵

(Recebido: 28 de março de 2014; aceito: 30 de julho de 2014)

RESUMO: A agricultura familiar é um importante segmento do agronegócio, sendo responsável por parte significativa da produção de alimentos que abastece o mercado interno brasileiro. Fabricantes de equipamentos de irrigação desenvolveram alternativas tecnológicas para a produção familiar, como o sistema de irrigação por gotejamento KIFNET® que utiliza somente a ação da gravidade para pressurização dos gotejadores. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar a variabilidade temporal das características hidráulicas de um sistema de irrigação familiar por gotejamento, instalado de acordo com orientações do fabricante na cultura do café, e inferir sobre a susceptibilidade dos emissores ao entupimento. A avaliação foi realizada na fase inicial de estabelecimento da cultura, durante a estação seca. Emissores novos foram avaliados hidráulicamente utilizando água limpa, com a determinação da curva característica para cinco valores de pressão de serviço. Também avaliou-se a susceptibilidade do equipamento ao entupimento (grau de entupimento, GE) do sistema instalado em campo e operando com água que possuía sólidos em suspensão. Na avaliação com água limpa, os emissores novos apresentaram 2,16% de coeficiente de variação, e 98,01 e 96,84% de coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD), respectivamente. Na avaliação de campo, com o sistema operando nas condições de instalação preconizadas pelo fabricante, os coeficientes foram menores que os encontrados inicialmente (CUC=90,30% e CUD=85,79%), resultado da disposição dos equipamentos na área experimental, com declividade média de 10%, e do entupimento observado (GE=6,79%), após 24 eventos de irrigação. A uniformidade e a qualidade de fabricação do sistema foram classificadas como boas de acordo com a norma da ASABE para irrigação localizada, com grau de entupimento médio dentro do aceitável para o intervalo de utilização do equipamento, mostrando viabilidade técnica para aplicação na agricultura familiar, se utilizado de forma adequada e com manutenção preventiva.

Termos para indexação: Agricultura familiar, gotejamento, grau de entupimento.

CLOGGING SUSCEPTIBILITY OF A DRIP IRRIGATION SYSTEM DESIGNED FOR FAMILY FARMING

ABSTRACT: Family farming is an important part of the agribusiness, accounting for a significant part of food production system that supplies the Brazilian domestic market. Irrigation equipment manufacturers have developed alternative technologies for family farming, as the KIFNET™ drip irrigation system, which uses only gravity to pressurize the emitters. The aim of this study was to evaluate the temporal variability of the hydraulic characteristics of a drip irrigation system for family farming, installed in accordance with manufacturer's guidelines for coffee plants, and infer emitter clogging susceptibility. The evaluation was performed in the initial phase of plant growth during the dry season. New emitters were hydraulically evaluated using tap water, with the determination of the characteristic curve for five pressure values. We also evaluated the clogging susceptibility of the equipment (clogging degree, CD) when installed in the field and using water with suspended solids. In the evaluation with tap water, new emitters showed a coefficient of variation of 2.16 %, Christiansen's uniformity coefficient (CUC) of 98.01%, and distribution uniformity (DU) of 96.84%. In the field evaluation, with the system operating according to the manufacturer guidelines, the uniformity coefficients have reached lower values than the tests with tap water (CUC=90.30% and DU=85.79%), because of the equipment layout in the field – as the area had a slope of 10% – and by the emitters clogging (CD=6.79%) after 24 irrigation events. The system uniformity and the manufacturing quality were classified as good according to the ASABE standard for drip irrigation, with average clogging degree within the acceptable range for the assessment time, showing technical feasibility for application of this system in family farming if used properly and with preventive maintenance.

Index terms: Family farming, drip irrigation, clogging degree.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura familiar se caracteriza por apresentar produção em pequenas áreas, sendo considerado um importante segmento do

agronegócio brasileiro, por gerar 15,3 empregos a cada 100 hectares e ser responsável pela maior parte da produção que abastece o mercado interno, resultando em cerca de 10% do produto interno bruto do país (GUILHOTO et al., 2007).

^{1,3,4,5}Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP - Faculdade de Engenharia Agrícola/FEAGRI - Av. Cândido Rondon 501 13083-875 - Campinas - SP - fabio.deus@feagri.unicamp.br, renan.primo@feagri.unicamp.br, guilherme.martins@feagri.unicamp.br, bob@feagri.unicamp.br

²University of Georgia/UGA - Department of Horticulture - 1111 Miller Plant Science Building - Zip code 30602 - Athens - GA Estados Unidos - rhuano@terra.com.br

Entretanto, esse setor possui baixa capacidade de investimento, com a produção ocorrendo em pequenas propriedades.

A implantação de tecnologias que proporcionem o incremento da produtividade e da qualidade dos produtos determina melhor rentabilidade ao agricultor. Nesse contexto, a irrigação assume papel fundamental por proporcionar aumento na produtividade das culturas e determinar, em alguns casos, aumento da qualidade do produto, possibilitando ao agricultor irrigante obter melhores preços e, conseqüentemente, melhor rentabilidade. Entretanto, como os recursos hídricos disponíveis são limitados e o uso da água está sendo regulamentada, a utilização de sistemas de irrigação mais eficientes são determinantes para o sucesso da atividade agrícola e para a sustentabilidade ambiental (FEDOROFF et al., 2010).

Sistemas de irrigação localizada são alternativas tecnológicas promissoras, tanto no uso da água como na aplicação de fertilizantes solúveis, assumindo importância econômica e ambiental na atividade agrícola (BORSSOI et al., 2012). Por outro lado, como os emissores possuem diâmetro de distribuição reduzido, eles são susceptíveis ao entupimento (REIS et al., 2005), necessitando de uma qualidade de água superior, que pode ser atingida com tratamentos físicos e/ou químicos da água. Adicionalmente, o custo de implantação dos sistemas de irrigação localizada é significativamente alto, além de exigirem mão de obra qualificada na sua operação e manutenção (TESTEZLAF, 2011).

Percebendo o potencial econômico originado pelo setor da agricultura familiar, algumas empresas estão investindo no desenvolvimento de novos equipamentos para o segmento. Recentemente, foi lançado no mercado nacional o kit de irrigação Familiar KITNET™ (Netafim, Tel Aviv, Israel), que é uma estrutura completa de irrigação em um só kit, no qual o sistema de irrigação é pressurizado pela ação da gravidade com carga hidráulica equivalente a apenas 1 mca (SOUZA; PÉREZ; BOTREL, 2006), preconizando a sua utilização em propriedades familiares com a mesma tecnologia de irrigação por gotejamento existente em grandes propriedades rurais.

De acordo com o fabricante do equipamento, o custo aproximado de 1 ha do sistema convencional de gotejamento para café fica em

R\$ 8.000. O custo de 1 ha do sistema KIFNET® fica em R\$ 9.500. No entanto, um sistema convencional de gotejamento para 1000 m² custa em torno de R\$ 2.500,00, já que a estrutura básica do sistema, como bomba e filtro mantém quase o mesmo custo entre 1 ha e 1000 m². Por outro lado, o sistema KIFNET® de 1000 m² pode ser encontrado no mercado por, aproximadamente, R\$ 1.800,00. Portanto, o sistema é mais barato para áreas menores, característica principal dos agricultores familiares. O sistema KIFNET® ainda distribui a água por gravidade, reduzindo o custo com bombeamento. Os autores destacam que outros custos devem ser considerados para comparação dos sistemas (sistema de filtragem, equipamentos de fertirrigação, entre outros).

Avaliações hidráulicas de sistemas de irrigação por gotejamento são práticas comuns na pesquisa (BORSSOI et al., 2012; REIS et al., 2005), principalmente em frutíferas como meloeiro (CUNHA et al., 2008), mamoeiro (SANTOS et al., 2008), goiabeira (CARVALHO et al., 2006) e inclusive café (RODRIGUES et al., 2013; SOUZA et al., 2006; VICENTE et al., 2011). Como o uso do kit familiar é incipiente, poucos trabalhos foram realizados até o momento usando essa tecnologia (NASCIMENTO et al., 2009; SOUZA; PÉREZ; BOTREL, 2006). Comparações podem ser realizadas com sistemas de baixa pressão (ZHANG et al., 2011). Como qualquer outro sistema de irrigação, é necessário ao agricultor conhecer como as suas características operacionais variam ao longo do tempo, sendo necessária a avaliação técnica do seu desempenho com o tempo de uso. A relação entre pressão e vazão do emissor, determinada pela sua equação característica, subsidia a avaliação dos critérios de projeto indicados pela empresa (tamanho máximo de linha lateral de 16 m). Adicionalmente, a avaliação da uniformidade de aplicação deve ser realizada e comparada com os índices preconizados por norma para irrigação localizada (AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS - ASABE, 2001), e deve-se verificar o grau de entupimento dos emissores, para o sistema de tratamento de água sugerido pela empresa.

Neste contexto, objetivou-se, neste trabalho, avaliar a variabilidade temporal das características hidráulicas de um sistema de irrigação familiar por gotejamento, instalado de acordo com orientações do fabricante na cultura do café, e inferir sobre a susceptibilidade dos emissores ao entupimento.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido na Faculdade de Engenharia Agrícola (FEAGRI) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) (longitude 47°03'33" O, latitude 22°48'57" S, altitude de 640 m), cujo clima é classificado de acordo com Köppen como sendo de transição entre os tipos Cwa e Cfa, indicando ser um clima tropical de altitude com inverno seco e verão úmido.

2.1 Análise da água do reservatório

Como o entupimento é proporcionalmente influenciado pela quantidade de agentes causadores de obstrução presentes no sistema, é imprescindível conhecer a qualidade da água de irrigação. Nesse sentido, seguindo orientações da norma "Standard Methods for Examination of Water and Wastewater" (AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION - APHA, 1995), realizaram-se as análises de sólidos suspensos totais (SST), condutividade elétrica (CE) e pH.

2.2 Avaliação hidráulica do equipamento em laboratório

Com o intuito de se conhecer o comportamento hidráulico do equipamento sem haver interferência da qualidade da água e da instalação do equipamento em campo, realizou-se a avaliação do mesmo em uma área plana, com controle de pressão do sistema, utilizando água proveniente do abastecimento urbano de Campinas/SP (água com baixo índice de sólidos suspensos totais). Para isso, utilizou-se uma linha de tubo gotejador KIFNET®, com 12 metros de comprimento (gotejador do tipo *Typhoon MicroDrip* com espaçamento de 0,3 m entre gotejadores), pressurizado com auxílio de uma caixa com nível d'água constante e altura variável

do reservatório, e as leituras foram realizadas utilizando piezômetro graduado (Figura 1).

Realizou-se a avaliação do gotejador nas posições relativas ao início, 1/4, 1/2, 3/4, e ao final da linha, sendo que, em cada posição, mediuse a vazão de dois gotejadores subsequentes, no tempo de 3 min (BORSSOI et al., 2012; CUNHA et al., 2008; REIS et al., 2005; SANTOS et al., 2008; SOUZA et al., 2006). Para cada avaliação, as pressões resultantes da variação da altura da caixa d'água foram de 13,14; 14,86; 16,77; 18,55 e 20,41 kPa, e as respectivas alturas da caixa d'água foram de 1,4; 1,5; 1,7; 1,9 e 2,1 m, sendo cada pressão repetida três vezes. Com os dados de vazão e pressão, foi possível determinar a equação característica do emissor, e com os dados de vazão, estimou-se o coeficiente de variação de fabricação (CVf), o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e o coeficiente de distribuição (CUD) (BORSSOI et al., 2012).

2.3 Avaliação do sistema de irrigação instalado

Instalou-se o sistema de irrigação em uma área cultivada com a cultura do café (*Coffea arabica* L.) 'Catuaí Vermelho', com espaçamento de 0,7 m entre plantas e 3,0 m entre linhas de plantio. Toda a instalação foi realizada de acordo com as orientações do fabricante. O fabricante Netafim propõe um esquema simples para instalação, sendo composto por cinco partes: um reservatório de água de 1 m³, alocado na parte superior da área experimental a 1,5 m de altura em relação à saída para a linha de derivação, cujo objetivo foi pressurizar o sistema de irrigação por gravidade; um registro de abertura e fechamento do sistema de irrigação; um filtro de tela para remoção dos sólidos suspensos contidos na água de irrigação; tubos de distribuição de polietileno; e, por fim, as linhas de irrigação onde os gotejadores foram inseridos (Figura 2).



FIGURA 1 - Caixa d'água com nível constante e altura variável do reservatório (A), e piezômetro graduado para leitura das pressões (B).

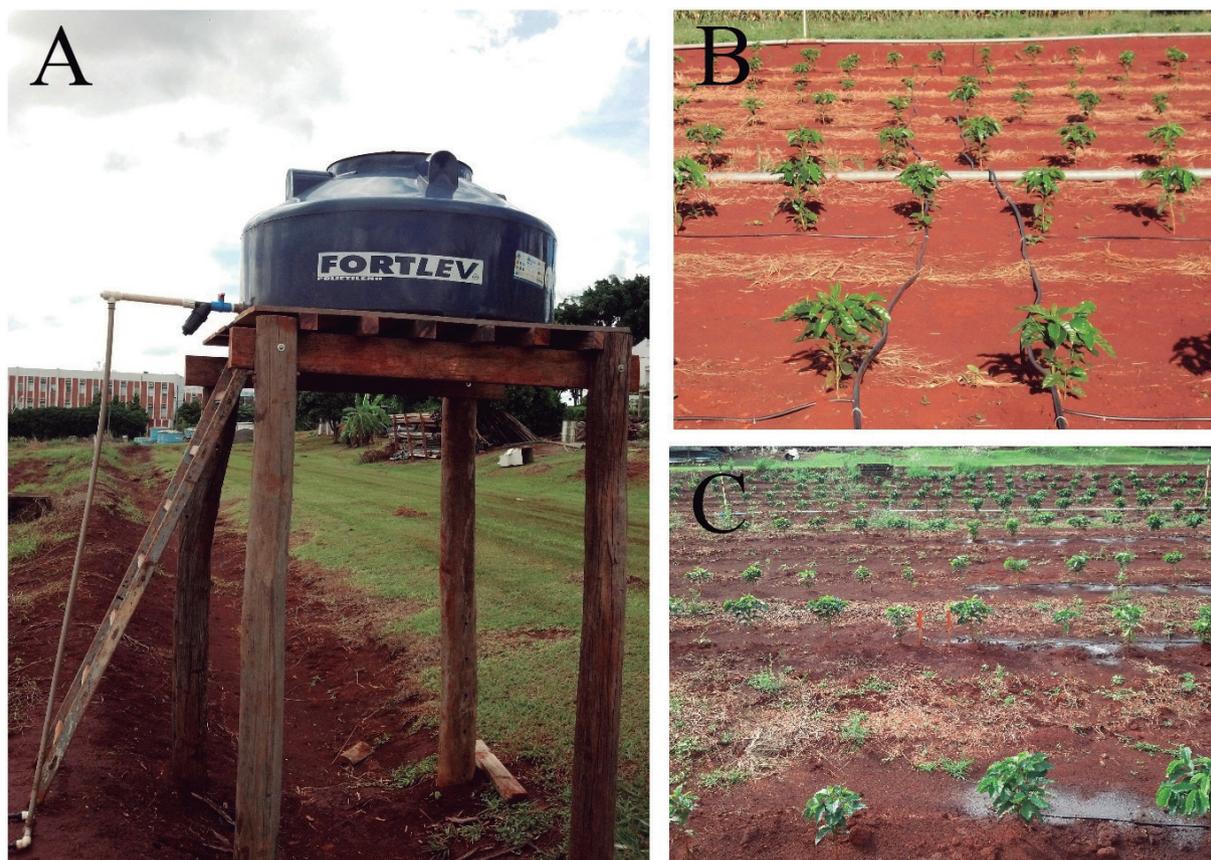


FIGURA 2 - Caixa d'água de 1 m³ elevada a 1,5 m (A), posicionada na parte superior da área experimental. Vista da linha de derivação (B) e da linha de irrigação em funcionamento (C).

A área irrigada foi composta por 22 linhas laterais, divididas em 2 linhas de derivação (lado direito e lado esquerdo), resultando em 11 linhas laterais (15,4 m cada) por linha de derivação. Cada lado foi avaliado de forma independente. As linhas laterais selecionadas na avaliação referiram-se à posição inicial, à 1/4, 1/2, 3/4, e final de cada linha de derivação (BORSSOI et al., 2012; CUNHA et al., 2008; REIS et al., 2005; SANTOS et al., 2008; SOUZA et al., 2006). Em cada linha lateral avaliada mantiveram-se as mesmas posições, nas quais se coletaram o volume de água de dois gotejadores subsequentes por posição no tempo de 3 min (Figura 3). Cada ensaio foi repetido 3 vezes, sendo realizadas 4 avaliações no total (24/05/2013, 07/06/2013, 21/06/2013 e 03/07/2013) no decorrer de 24 eventos de irrigação. A avaliação do sistema ocorreu na época mais seca do ano, quando houve utilização do equipamento em razão da realização de irrigação na cultura do café e descrita por Ferrarezi et al. (2015), o que limitou o estudo a 35 h de avaliação.

Com as informações de vazão dos gotejadores, foram determinados em campo os coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e de distribuição (CUD) (BORSSOI et al., 2012; CUNHA et al., 2008; REIS et al., 2005; SANTOS et al., 2008; SOUZA et al., 2006), e o grau de entupimento dos emissores (GE), nas datas de avaliação indicadas anteriormente, avaliando-se, conseqüentemente, a variabilidade temporal desses parâmetros (CARARO et al., 2006). Para expressar o grau de entupimento, foi utilizada a relação entre a vazão do emissor usado pela vazão do emissor novo, empregada por Cararo et al. (2006) e mostrada na Equação 1.

$$GE = \left(1 - \frac{q_{usado}}{q_{novo}}\right) \cdot 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Sendo GE: grau de entupimento (%); q_{usado} : vazão do emissor usado (L h⁻¹); e q_{novo} : vazão do emissor novo (L h⁻¹).

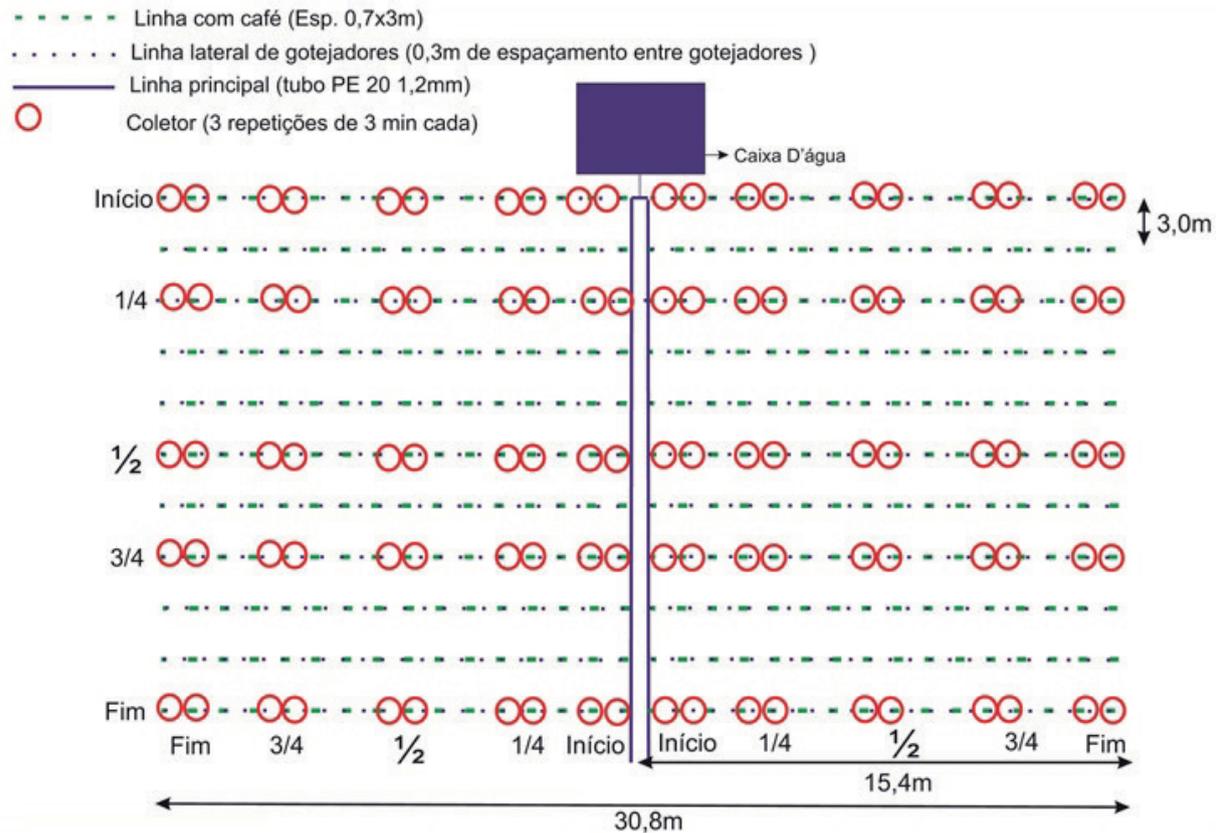


FIGURA 3 - Layout de instalação dos equipamentos de irrigação em campo, bem como as posições das linhas laterais e gotejadores avaliados.

2.4 Análise dos dados

Os dados foram analisados utilizando-se estatística descritiva (média, desvio padrão e coeficiente de variação, tabelas e gráficos), e a interpretação dos índices foram realizadas com base no intervalo de valores constantes nas normas ASABE (1994, 2001), e com base em valores apresentados na literatura, tal como a de Niu, Liu e Chen (2013) para grau de sujidade.

De acordo com a norma ASABE (2001), sistemas de irrigação com valores maiores que 90% de coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) são considerados excelentes, entre 75-90% são bons, entre 62-75% são regulares, entre 50-62% são ruins, e inaceitáveis para CUD menor que 50%. A norma ASABE (1994) estabelece intervalos para o coeficiente de variação de fabricação (CVf), em que valores menores que 5% são considerados excelentes emissores, CVf entre 5-7% são classificados como médios, entre 7-11% são marginais, entre 11-15% são considerados pobres e inaceitáveis para CVf maiores que 15%.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise da água do reservatório

Os resultados de análise de alguns parâmetros físicos, químicos e biológicos da água de irrigação utilizada no sistema de irrigação, em cinco períodos distintos que abrangem o intervalo de avaliação do sistema de irrigação em campo, são apresentados na Tabela 1.

Em termos de sólidos suspensos totais (SST), as avaliações apresentaram níveis menores que 5 mg L^{-1} , com exceção da avaliação realizada em 16/04/2013, cujo valor foi de 18 mg L^{-1} . Esse elevado valor pode ser explicado por precipitações ocorridas próximas às irrigações, que provocaram o aumento dos SST em razão do reservatório estar situado num ponto de captação de água de uma microbacia. Utilizando a classificação das águas de Bucks, Nakayama e Gilbert (1979), em termos de SST, essa água oferece baixo risco ao entupimento dos gotejadores ($< 50 \text{ mg L}^{-1}$).

TABELA 1 - Análise da água do reservatório, em períodos distintos.

Data de coleta	Sólidos suspensos totais, SST (mg L ⁻¹)	Condutividade elétrica, CE (dS m ⁻¹)	pH (a 25°C)
03/12/2012	< 5	0,078	7,77
05/02/2013	< 5	0,071	7,13
16/04/2013	18	0,058	7,09
17/05/2013	< 5	0,057	7,16
12/06/2013	<5	0,062	7,3



FIGURA 4 - Tela do filtro obstruída pela sujeira da água com 40 min de utilização (à esquerda) e higienizada (à direita).

Com relação aos valores de pH (média de 7,29), pode-se enquadrar o nível de risco de entupimento dessa água como sendo moderado. Avaliando-se os valores de CE (média de 0,0652 dS m⁻¹), a água do experimento está dentro da faixa recomendada, pois, águas com valores menores que 0,7 dS m⁻¹ não possuem restrição de utilização.

Apesar da quantidade de SST indicar baixo risco ao entupimento dos emissores, observou-se entupimento frequente do filtro de tela no campo, a ponto de provocar diminuição na vazão dos emissores, no decorrer da irrigação (Figura 4). Com o intuito de possibilitar a ocorrência da mínima variação da vazão nas linhas, durante a avaliação hidráulica do sistema, a higienização do filtro era realizada antes da avaliação de cada linha lateral.

3.1 Avaliação do sistema de irrigação novo

A equação característica do emissor é apresentada na Figura 5, representando o ajuste dos dados de vazão e pressão ao modelo potencial.

Dentro da faixa de pressão avaliada, observa-se que o emissor operava em regime de escoamento turbulento, interessante para evitar a ocorrência de entupimento de emissores. A variação média de pressão de 13,14 a 20,41 kPa promoveu uma variação de vazão de 0,82 a 1,0 L h⁻¹ respectivamente, cujo modelo de regressão explica 94,44% dos dados.

Em todas as pressões avaliadas, observou-se que o CVf do equipamento variou de 1,20 a 4,01%, sendo classificado como bom de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (1986), e classificado como excelente de acordo com a ASABE (1994) (Tabela 2). Essa qualidade de fabricação resultou em uma boa uniformidade de aplicação, atingindo valores médios de CUC de 98,01% (desvio padrão [DP] = 0,39% e coeficiente de variação [CV] = 0,40%) e CUD de 96,84% (DP = 0,69% e CV = 0,72%). De acordo com Borssoi et al. (2012), citando a norma ASABE (2001), emissores com CUD superiores a 90% são considerados excelentes.

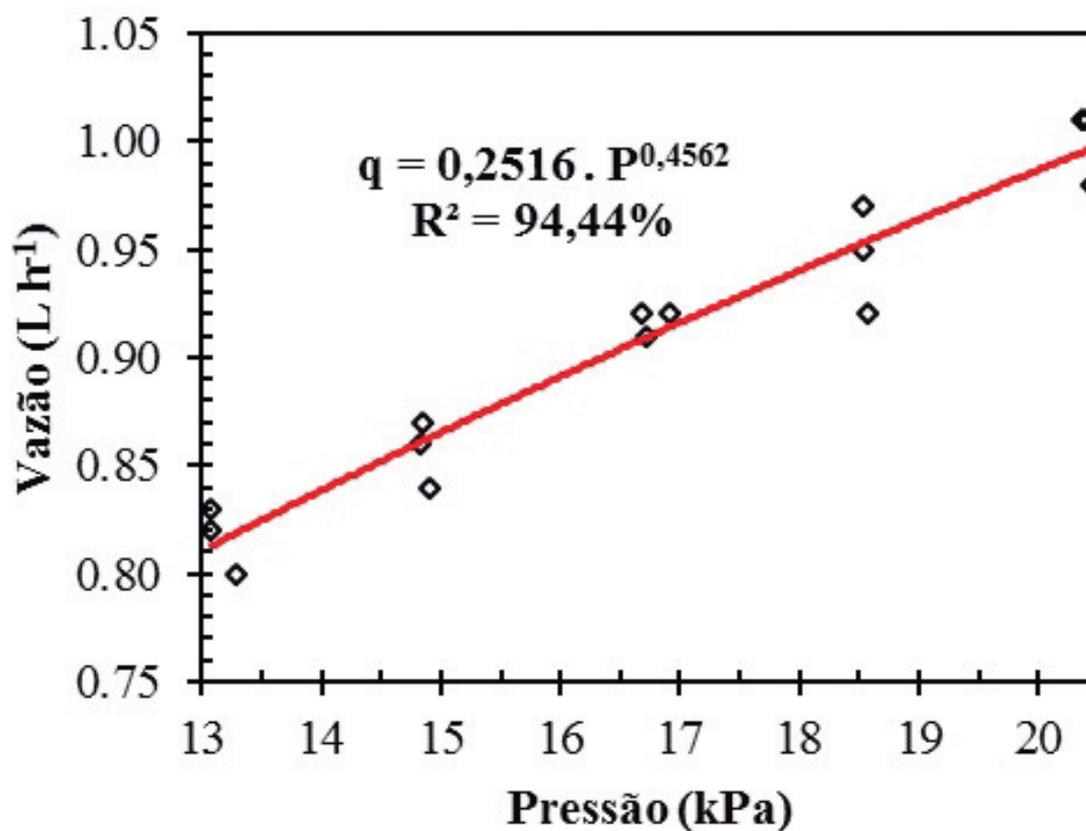


FIGURA 5 - Representação gráfica da vazão, em função da pressão ao modelo potencial (equação característica do emissor).

TABELA 2 - Pressões de avaliação, vazão média dos gotejadores e coeficiente de variação de fabricação (CVf).

Repetição	Pressão (kPa)	Vazão média (L/h)	CVf (%)	Classificação de qualidade	
				ABNT (1996)	ASABE (1994)
1	13,07	0,82	3,11	Bom	Excelente
2	13,07	0,83	1,20	Bom	Excelente
3	13,29	0,80	2,57	Bom	Excelente
1	14,84	0,87	2,53	Bom	Excelente
2	14,83	0,86	2,18	Bom	Excelente
3	14,91	0,84	2,12	Bom	Excelente
1	16,72	0,91	2,01	Bom	Excelente
2	16,67	0,92	1,23	Bom	Excelente
3	16,92	0,92	4,01	Bom	Excelente
1	18,53	0,95	2,98	Bom	Excelente
2	18,53	0,97	1,39	Bom	Excelente
3	18,58	0,92	3,21	Bom	Excelente
1	20,37	1,01	0,99	Bom	Excelente
2	20,4	1,01	1,40	Bom	Excelente
3	20,45	0,98	1,51	Bom	Excelente

3.2 Avaliação do sistema de irrigação em campo

Os valores médios de CUC e CUD são apresentados na Figura 6, para os lados direito (LD) e esquerdo (LE) avaliados independentemente nas diferentes datas de avaliação. Comparando-se os dados de CUC e CUD, em relação aos dois lados da área avaliada, pode-se observar que os maiores valores ocorreram nos gotejadores instalados do LD da área. Essa diferença pode estar associada às diferenças construtivas dos equipamentos instalados em cada lado (gotejadores e conexões), além das diferenças do microrrelevo de cada lado que pode determinar diferenças nos valores de vazão, bem como nos valores de uniformidade.

Considerando todas as avaliações realizadas (LD e LE), atingiu-se um valor médio de CUC de 90,3% DP = 0,00898% e CV = 0,99%) e de CUD de 85,79% DP = 0,0185% e CV = 2,15%), sendo considerada uma boa uniformidade pela norma ASABE (2001). Comparando com os dados do equipamento novo, observou-se diminuição média de 7,71% no valor de CUC e 11,05% no valor de CUD. Em termos de variabilidade temporal, não se observou nenhuma alteração significativa entre as quatro avaliações, diferente do encontrado por Nascimento et al. (2009), utilizando gotejador de modelo diferente (Marca Plastro, modelo Hydrogol 12/25/1), onde em 90 dias de ensaio (4 horas diárias), observou-se significativa diminuição da uniformidade de aplicação. De maneira geral, o tempo de avaliação não foi suficiente para observar variabilidade da uniformidade de aplicação.

A diminuição da uniformidade de aplicação, comparando gotejadores novos com os instalados no campo, deve-se ao próprio *layout* de disposição dos equipamentos no campo, pois a área tinha uma declividade média de 10%, bem como ao entupimento observado dos emissores. O comportamento do grau de entupimento das linhas laterais avaliadas pode ser observado na Figura 7.

Com o intuito de avaliar o desenvolvimento do entupimento dos emissores dentro do intervalo de tempo avaliado, observaram-se pequenas variações ao longo do tempo, não sendo possível estabelecer uma tendência de comportamento, ou seja, a ocorrência de entupimento no decorrer do tempo, pois o tempo de utilização do equipamento foi de apenas 35 h. Com relação à variação do GE em relação à posição das linhas laterais, pode-se verificar uma tendência dos maiores valores ocorrerem na parte superior da área, salientado pelos valores do GE no início das linhas laterais (Figura 7A e 7B), próximo ao reservatório de água. Em termos numéricos, o valor médio do GE do experimento foi de 6,87%, em 35 horas de utilização do equipamento. Os resultados foram superiores aos obtidos por Nascimento et al. (2009), que observou um aumento do GE com o tempo, com GE de 2,3%, em 40 horas de uso e de 16,3%, em 360 horas de uso, indicando que os emissores poderiam atingir níveis mais elevados de entupimento se avaliados em um tempo maior de uso. Como o cafeeiro é um cultivo permanente, o uso do sistema de irrigação ocorre por um longo período de tempo, podendo determinar redução significativa da vazão, com o aumento do grau de entupimento.

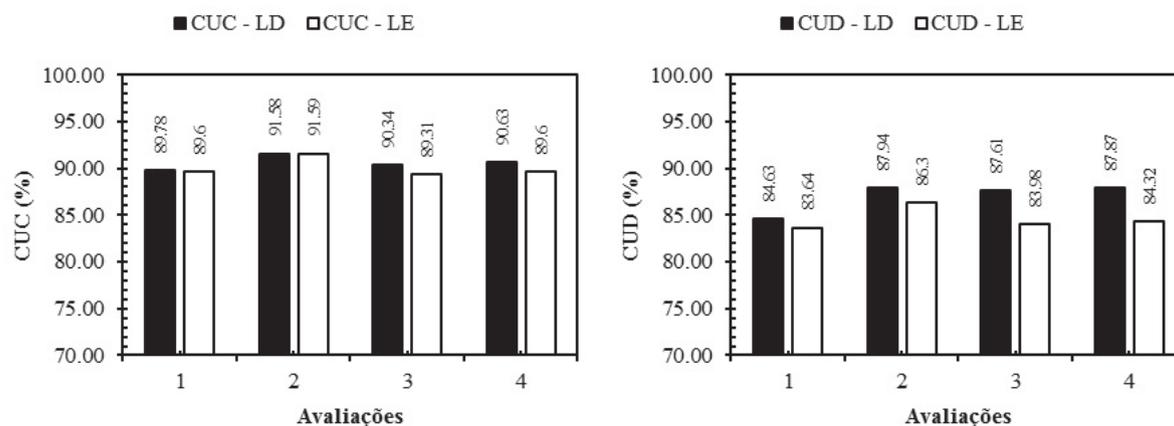


FIGURA 6 - Coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) (à esquerda) e de distribuição (CUD) (à direita), avaliados para o lado direito (LD) e esquerdo (LE) da área onde estavam instalados os gotejadores, em diferentes épocas (1 – 24/05/2013, 2 – 07/06/2013, 3 – 21/06/2013, e 4 – 03/07/2013).

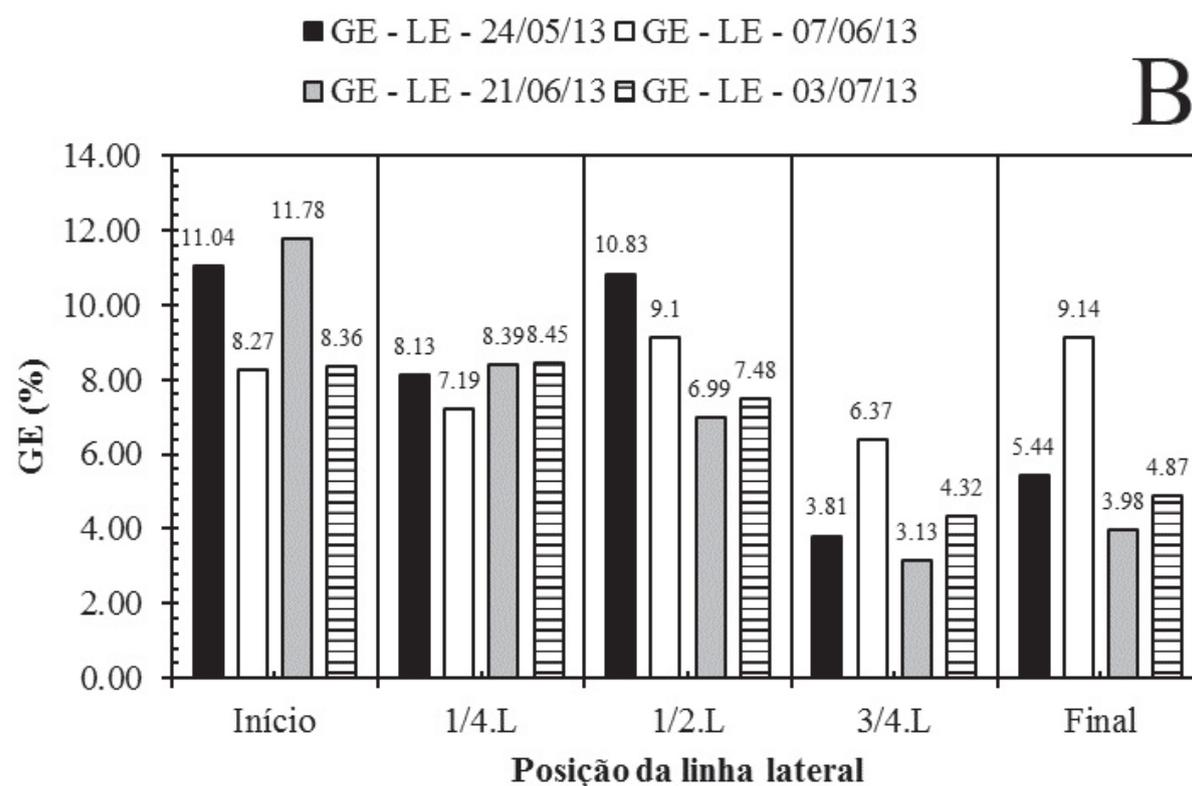
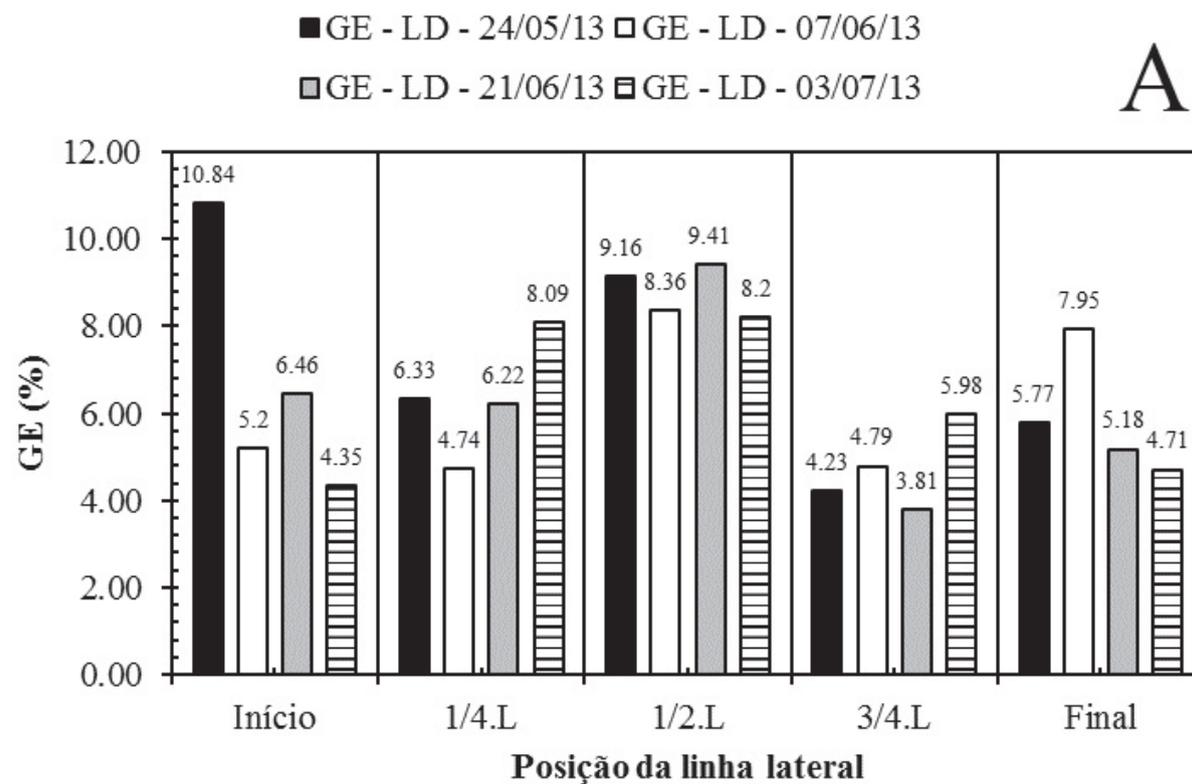


FIGURA 7 - Comportamento do grau de entupimento das diferentes linhas laterais avaliadas, instaladas do lado direito (A) e do lado esquerdo (B), em diferentes posições na linha de derivação.

De maneira geral, observa-se que alguns emissores apresentaram um entupimento significativo (GE>10%) (NIU; LIU; CHEN, 2013). Ainda de acordo com Niu, Liu e Chen (2013), emissores com 25% de grau de entupimento apresentam entupimento grave, enquanto atingindo 50% de GE pode-se considerar que o emissor está entupido. No presente estudo, nenhum emissor apresentou níveis de entupimento classificados como grave ou entupido para o tempo de uso do equipamento, contudo, com o uso prolongado, a ocorrência do entupimento pode ser observada. Estudos de longa duração são necessários para fornecer essas informações aos agricultores familiares. Além disso, essas informações precisam ser comparadas com a resposta de diferentes culturas ao uso do sistema de irrigação por gotejamento KIFNET®. O efeito deste sistema de gotejamento no crescimento vegetativo inicial da cultura do café pode ser encontrado em Ferrarezi et al. (2015).

4 CONCLUSÕES

Considerando o pequeno intervalo de tempo de utilização do equipamento, pode-se concluir que a uniformidade e a qualidade de fabricação do sistema foram classificadas como sendo boas, e apesar de alguns emissores já terem apresentado entupimento significativo, na média ainda estavam dentro de um valor aceitável, mostrando viabilidade técnica para aplicação na agricultura familiar, se utilizado de forma adequada e com manutenção preventiva.

5 AGRADECIMENTOS

A CAPES (Ministério da Educação) pela bolsa de pós-doutorado ao primeiro autor na *University of Georgia* (BEX 2620/13-8), à Netafim, pela doação do sistema de irrigação ao grupo de pesquisa, à Diretoria da FEAGRI/UNICAMP pelo apoio, ao Prof. Dr. Zigomar Menezes de Souza pela participação no planejamento da pesquisa, ao supervisor do campo experimental José Ricardo de Freitas Lucarelli e aos trabalhadores do campo experimental, pelo auxílio nas atividades.

6 REFERÊNCIAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. Washington: APHA/AWWA/WPCF, 1995. 798 p.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL ENGINEERS. **Design and installation of microirrigation systems EP405.1**. Saint Joseph, 1994. 4 p.
- _____. **Field evaluation of micro irrigation systems EP 458**. Saint Joseph, 2001. 5 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Emissores para sistemas de irrigação localizada: avaliação das características operacionais** (PNBR 12:02.08.21). São Paulo, 1986. 7 p.
- BORSSOI, A. L. et al. Water application uniformity and fertigation in a dripping irrigation set. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 718-726, 2012.
- BUCKS, D. A.; NAKAYAMA, F. S.; GILBERT, R. G. Trickle irrigation water quality and preventive maintenance. **Agricultural and Water Management**, Wageningen, v. 2, n. 2, p. 149-162, 1979.
- CARARO, D. C. et al. Analysis of clogging in drip emitters during wastewater irrigation. **Applied Engineering in Agriculture**, Saint Joseph, v. 22, n. 2, p. 251-257, 2006.
- CARVALHO, C. M. et al. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura da goiaba. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 1, p. 36-46, 2006.
- CUNHA, F. F. et al. Manejo de micro-irrigação baseado em avaliação do sistema na cultura do meloeiro. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 21, n. 3, p. 147-155, 2008.
- FEDOROFF, N. V. et al. Radically rethinking agriculture for the 21st century. **Science**, Washington, v. 327, n. 5967, p. 833-834, 2010.
- FERRAREZI, R. S. et al. Crescimento de mudas de café sob diferentes preparos de solo e irrigação para agricultura familiar. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 91-101, 2015.
- GUILHOTO, J. J. M. et al. **PIB da agricultura familiar**: Brasil-Estados. Brasília: NEAD Estudos, 2007. 172 p.
- NASCIMENTO, J. M. S. et al. Avaliação da uniformidade de aplicação de água em um sistema de gotejamento para pequenas propriedades. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, p. 1728-1733, 2009. Número especial.
- NIU, W.; LIU, L.; CHEN, X. Influence of fine particle size and concentration on the clogging of labyrinth emitters. **Irrigation Science**, Wageningen, v. 31, n. 4, p. 545-555, 2013.

- REIS, E. F. et al. Avaliação do desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 13, n. 2, p. 74-81, 2005.
- RODRIGUES, R. R. et al. Eficiência e uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro. **Ambiência**, Guarapuava, v. 9, n. 2, p. 323-334, 2013.
- SANTOS, F. S. S. et al. Efeito de diferentes lâminas de irrigação na cultura do mamão. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 28, n. 4, p. 673-680, 2008.
- SOUZA, L. O. C. et al. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 3, p. 541-548, 2006.
- SOUZA, R. O. R. M.; PÉREZ, G. F. E.; BOTREL, T. A. *Irrigação localizada por gravidade com microtubos*. **Irriga**, Botucatu, v. 11, n. 2, p. 266-279, 2006.
- TESTEZLAF, R. **Irrigação: métodos, sistemas e aplicações**. Campinas: UNICAMP, 2011. 204 p.
- VICENTE, M. R. et al. Análise técnica dos sistemas de irrigação do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) na região oeste da Bahia. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 147-158, 2011.
- ZHANG, C. et al. Assessment of hydraulic performance of drip-irrigation emitters at low head pressures. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, Reston, v. 137, n. 11, p. 730-734, 2011.