



PIBIC/CNPq/UFPG-2012

## **DESEMPENHO HIDRÁULICO DE TUBOS GOTEJADORES UTILIZADOS COM RESIDUÁRIA E DIFERENTES CONDUTIVIDADES ELÉTRICAS (CEa)**

Sabrina Cordeiro de Lima<sup>1</sup>, José Dantas Neto<sup>2</sup>

### **RESUMO**

Devido aos diversos fatores hidráulicos envolvidos na irrigação, torna-se importante analisar as características hidráulicas do tubo gotejador, visando fornecer elementos para a operação do sistema de irrigação. Assim objetivou-se com o presente trabalho caracterizar o funcionamento dos tubos gotejadores em cada ponto de pressão dentro da faixa operacional e verificar a ocorrência de entupimento por partículas sólidas na malha hidráulica e as formas de recuperação de vazão. O projeto foi implantado e conduzido em casa de vegetação na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola da (UFPG) de Campina Grande, PB. Na avaliação para o gotejo superficial, quando irrigado com água de abastecimento, apresentou desempenho superior aos irrigados com água residuária tratada por WETLAND e WASB/WETLAND. Já para o gotejo subsuperficial os coeficientes de uniformidade foram superiores em todas as pressões estudadas, quando se utilizou água residuária tratada pela WETLAND. Os coeficientes de uniformidade quando o gotejador estava novo, 20 horas de funcionamento, não foram influenciados pela salinidade da água de irrigação. Para os emissores usados, quando se elevou a salinidade da água de irrigação, nas diferentes pressões, observou-se redução dos coeficientes, excetuando-se o coeficiente de variação de fabricação.

PALAVRAS-CHAVE: Qualidade de água, variação de vazão, uniformidade de distribuição

## **HYDRAULIC PERFORMANCE OF TUBES DRIPPERS USED WITH WASTEWATER AND DIFFERENT ELECTRICAL CONDUCTIVITY ( $EC_w$ )**

### **ABSTRACT**

Due to several hydraulic factors involved in irrigation, it becomes critical to examine the dripper tube's hydraulic characteristics, to provide elements for the irrigation system's operation. So the objective of this work is to characterize the functioning of drippers tubes at each point of pressure within the operating range and verify the occurrence of blockage by solid particles in hydraulic loop and the forms of flow recovery. The project was deployed and conducted in a greenhouse in the academic unit of agricultural engineering (UFPG) of Campina Grande, PB. In the evaluation for surface drip when irrigated with water supply, show superior performance to irrigated with wastewater treated by WETLAND and WASB/WETLAND. On the subsurface drip the uniformity coefficients were superior in all the studied pressures, when using wastewater treated by WETLAND. The uniformity coefficients when the dripper was new, 20 hours of operation, were not influenced by salinity of the irrigation water. For the emitters used, when it amounted to salinity of the irrigation water, at different pressures, reduction coefficients were observed, apart from the coefficient of variation of manufacturing.

KEYWORDS: water quality, flow variation, distribution uniformity

<sup>1</sup>Aluna do Curso de Engenharia Agrícola, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFPG, Campina Grande, PB, e-mail: sabrina.lcordeiro@gmail.com

<sup>2</sup>Engenharia Agrícola, Professor Doutor, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFPG, Campina Grande, PB, e-mail: zedantas1955@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Na irrigação localizada, vários fatores podem comprometer a uniformidade de distribuição de água, tais como: a desuniformidade dos emissores devido a processos de fabricação, o dimensionamento inadequado do sistema, bem como o entupimento dos emissores, causado pelas partículas minerais ou orgânicas presentes na água.

Embora a agricultura irrigada demande de uma grande quantidade de água, a atividade pode tolerar o uso de águas de qualidade inferior. Deste modo, é inevitável o uso de tecnologias para se encontrar na agricultura a solução dos problemas relacionados com o reúso de efluentes e com a utilização de águas com alto teor de sais.

Entretanto, o entupimento de emissores é o fator limitante para utilização de água de qualidade inferior em sistemas de irrigação, a magnitude do problema depende principalmente da qualidade da água utilizada, sendo fundamental a adoção de tratamentos de água mais eficientes, economicamente viáveis e ambientalmente seguros, a fim de garantir que os sistemas de irrigação possam utilizar efluentes de melhor qualidade.

Para a minimização do entupimento são sugeridas diversas técnicas na literatura. As práticas mais usuais são a filtragem e a cloração. O conjunto de medidas adotadas que buscam reduzir ou evitar o entupimento de emissores irá variar em função da fonte causadora do entupimento. A avaliação sistemática do sistema de irrigação e o monitoramento da qualidade da água são essenciais para prevenir o entupimento.

Dada à relevância da temática, objetivou-se com o presente trabalho determinar e caracterizar o comportamento hidráulico de tubos gotejadores quanto ao uso de água residuária tratada por WETLAND e WASB/WETLAND e água de abastecimento com diferentes níveis de condutividade elétrica (CE) na água de irrigação, a  $0,6 \text{ dS.m}^{-1}$ ,  $1,5 \text{ dS.m}^{-1}$ ,  $2,5 \text{ dS.m}^{-1}$ ,  $3,5 \text{ dS.m}^{-1}$  e  $4,5 \text{ dS.m}^{-1}$ .

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### Irrigação

A irrigação é o conjunto de técnicas destinadas a deslocar a água no tempo ou no espaço para modificar as possibilidades agrícolas de cada região, visando corrigir a distribuição natural das chuvas, proporcionando alcançar a máxima produção (WERNECK et al.2009).

No mundo, do total de área plantada, somente 18% é irrigada, representando 44% da produção mundial de grãos. No Brasil, da área cultivada, 5% são irrigadas, representando 16% da produção de grãos, perfazendo um valor agregado (quantidade + qualidade) da ordem de 25%, em relação ao valor de produção mundial (CHRISTOFIDIS, 2006).

O contínuo crescimento da população mundial vem exigindo uma agricultura competitiva e tecnicada, que possibilite a produção de alimentos de melhor qualidade e em maior quantidade (MANTOVANI et al. 2007.)

### Irrigação Localizada

De acordo com López et al. (1992), a irrigação localizada, denominada internacionalmente micro irrigação, é a aplicação da água no solo, numa zona restrita ao sistema radicular. Assim, somente uma porção da superfície do solo será molhada, o que diminui a evaporação direta da água do solo para a atmosfera, quando comparada com a irrigação por aspersão e por superfície, permitindo maior controle da água aplicada e maior eficiência de aplicação.

A mesma se caracteriza, ainda, pela baixa intensidade (1 a 160 L.h<sup>-1</sup>) e pela alta frequência de aplicação (turno de rega de um a quatro dias) (BERNARDO et al., 2005).

### Qualidade da água de irrigação

#### *Salina*

A qualidade da água de irrigação pode variar significativamente, segundo o tipo e a quantidade de sais dissolvidos. Os sais encontram-se em quantidades relativamente pequenas, porém significativas, e têm sua origem na dissolução ou intemperização das rochas e solos, incluindo a dissolução lenta do calcário, do gesso e de outros minerais, além de serem transportados pelas águas de irrigação e depositados no solo, onde se acumulam a medida em que a água se evapora ou é consumida pelas culturas (Ayers e Westcot - 1999).

#### *Residuária*

Para Smanhotto (2008) o reúso de água na agricultura é como instrumento adicional para a gestão dos recursos hídricos, visando ao controle da poluição de corpos d'água, disponibilização de água e fertilizantes para as culturas, reciclagem de nutrientes e aumento de produção agrícola. Caovilla et al. (2005) lembram que um dos principais fatores que justifica o uso de águas residuárias na agricultura refere-se à possibilidade de reduzir o uso de fertilizantes químicos. Estudos reportam que a economia no custo de produção pode atingir até 50% com o uso desta técnica.

### Entupimento dos emissores

O entupimento de emissores está relacionado diretamente à qualidade da água de irrigação que inclui fatores como carga de partícula suspensa, composição química, tipo microbiano e população da mesma. No sistema por gotejamento, a qualidade da água deve ser observada, pois, ela escoar por orifícios de pequenos diâmetros e com velocidade de escoamento lenta, podendo causar obstrução devido à deposição do material que carrega em suspensão. O entupimento de emissores é um grave problema associado ao gotejamento, pois dificulta a operação de sistemas de irrigação, é de difícil detecção e a limpeza ou substituição dos emissores entupidos é onerosa (NAKAYAMA & BUCKS, 1991).

Problemas de desuniformidade de vazão também estão associados à diminuição da vazão nominal do gotejador, devido às obstruções provocadas pela precipitação de CaCO<sub>3</sub> nos reduzidos diâmetros dos condutos e bocais dos emissores e pela lenta velocidade de escoamento, ou pelo aumento da vazão nominal do gotejador, devido à deposição de materiais na membrana flexível dos gotejadores autocompensantes, assim como pela deterioração da mesma (GILBERT & FORD, 1986).

## Uniformidade de aplicação da água

Um sistema de irrigação para ter um bom desempenho deve apresentar uma boa uniformidade de vazão de seus emissores. Para avaliar o sistema de irrigação existem várias formas de representar a uniformidade de aplicação de água, sendo os mais usados o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), usa-se também outros coeficientes como a Uniformidade de Emissão (UE), Uniformidade estatística (Us). Pizarro (1996) explica que para classificar os gotejadores em categorias de qualidade utiliza-se o Coeficiente de Variação de Fabricação (CVf).

Segundo Bernardo (1995); Denículi et al. (1980); Keller & Karmeli, (1974), a uniformidade de aplicação de água em sistemas de irrigação por gotejamento pode ser expressa através de vários coeficientes, destacando-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), e o coeficiente de variação de fabricação, (CVf).

É comum expressar a uniformidade de distribuição de água por um coeficiente de uniformidade. Quando este coeficiente é maior ou igual a certo valor arbitrário, a uniformidade de distribuição da lamina de irrigação aplicada na superfície do solo. Muitos coeficientes de uniformidade foram propostos, mais antigos e amplamente utilizados é proposto por Christiansen (1942). Apesar de muitos outros coeficientes terem sido apresentados como alternativas ao de Christiansen; nenhum apresentou vantagens significativas (FRIZZONE, 1992).

Conforme a ABNT (1986), o coeficiente de variação de fabricação CVf é obtido através da relação entre o desvio-padrão e a média das vazões dos emissores amostrados. O CVf, é uma medida estatística que avalia a variação do processo de fabricação dos emissores. É utilizado também, para avaliar a variação de fluxo do emissor ao longo de uma linha lateral de irrigação localizada. Apesar de ser impossível a fabricação de um grupo de emissores com o mesmo coeficiente de descarga, a variação resultante do processo de fabricação normalmente tende a distribuir-se em torno de um valor médio (KELLER & KARMELI, 1974).

A tabela 1 classifica o CUC e CVf quanto a sua uniformidade de aplicação conforme os autores ASAE (1996); Mantovani (2002); ABNT (1986); Keller & Bliesner (1990).

Tabela 1 - Classificação do coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e coeficiente de variação de fabricação (CVf).

CUC%	Uniformidade	Fonte
90 < CUC < 100 80 < CUC < 90 70 < CUC < 80 60 < CUC < 70 < 60	Excelente Bom Razoável Ruim Inaceitável	ASAE, 1996.
90 < CUC < 100 80 < CUC < 90 70 < CUC < 80 60 < CUC < 70 < 60	Excelente Bom Razoável Ruim Inaceitável	Mantovani, 2002.
CUD%	Uniformidade	Fonte
> 90 85 < CUD < 90 70 < CUD < 80 < 70	Excelente Boa Regular Ruim	Keller & Karmeli, 1974.
> 90 85 < CUD < 90 70 < CUD < 80 < 70	Excelente Boa Regular Ruim	Merriam & Keller, 1978.
CVF%	Uniformidade	Fonte
≤ 10% 10% < CVf < 20% 20% < CVf < 30% > 30%	Boa Média Marginal Inaceitável	ABNT, 1986.
< 0,05 0,05 < CVf < 0,07 0,07 < CVf < 0,11 0,11 < CVf < 0,15 > 0,15	Excelente Média Marginal Pobre Inaceitável	Keller & Bliesner, 1990.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O projeto foi implantado e conduzido em casa de vegetação na Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), PB, sendo dividido em duas etapas. Foi utilizada bancada de ensaios em estrutura metálica, com 3,0 m de comprimento por 1,0 m de largura e 1,60 m de altura.

Na primeira etapa, aonde se conduziu o experimento com águas Residuárias, os tratamentos foram compostos pela combinação de dois fatores: três tipos de água residuária (água de abastecimento (A.ABAST); água passando apenas por um tratamento (WETLAND); água passando por dois tipos de tratamento (UASB/WETLAND), e dois sistemas de irrigação (gotejador superficial e gotejador enterrado).

O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizado, com quatro repetições, de modo que os fatores estudados foram arranjos em esquema fatorial 3 x 2. Os 6 tratamentos propostos foram dispostos em 24 parcelas. A unidade experimental foi constituída por um recipiente em PVC com dimensões em milímetros: 100 x 600 (d x h), contendo cada recipiente um gotejador.

As linhas laterais possuíam 8m de comprimento, mantendo o espaçamento entre os gotejadores originais, com o intuito de não modificar as reais condições de fabricação, e permitindo que fossem avaliados no mínimo 8 emissores para cada modelo de tubo gotejador ensaiado. Para o sistema enterrado os tubos gotejadores foram enterrados a 10 cm de profundidade da superfície do solo.

Para a segunda etapa o experimento foi desenvolvido em uma estrutura improvisada instalada na casa de vegetação, que possui cinco reservatórios de água com capacidade para 200 litros e um conjunto moto-bomba Maqtron Modelo IBD 35 ½ CV Monofasica 60 HZ 220/380 para pressurizar a água pelas tubulações de PVC de 1 ¼ de polegada, com um filtro de tela de 1" com vazão máxima de  $5\text{m}^3\text{h}^{-1}$ . As linhas laterais têm comprimento de 8m e 1 manômetro do tipo Bourdon testados e aferidos antes dos ensaios.

Os tratamentos da segunda etapa foram compostos pela combinação de dois fatores: cinco níveis de salinidade da água de irrigação  $CE_a$  ( $S_1 = 0,6$ ;  $S_2 = 1,5$ ;  $S_3 = 2,5$ ;  $S_4 = 3,5$  e  $S_5 = 4,5$   $\text{dS m}^{-1}$ ), e quatro pressões de serviço fornecida ao sistema de irrigação (6; 10; 14 e 16 mca) registradas por manômetro de Bourdon (0 a 100 mca), conectado na entrada das linhas de emissores.

O emissor utilizado foi da Rain Bird modelo XFS dripline, com as seguintes características : vazão  $2,3\text{ Lh}^{-1}$ , pressão variando de 6 a 42 m.c.a.

Funcionamento da mangueira gotejadora, modelo XFS dripline da Rain Bird usada no experimento encontra-se na (Figura 1).

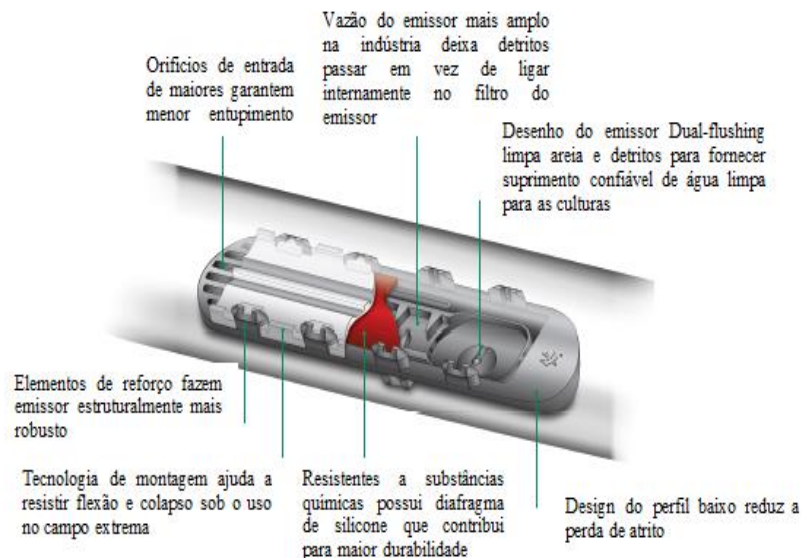


Figura 1. Modelo de gotejador modelo XFS Dripline da Rain Bird.

O delineamento estatístico adotado foi o inteiramente casualizados, com três repetições, de modo que os fatores estudados foram arranjos em esquema fatorial 5x4. Os 20 tratamentos propostos foram dispostos em 60 parcelas. A unidade experimental foi constituída por um recipiente em PVC com dimensões em milímetros: 100 x 600 (d x h), contendo cada recipiente um gotejador.

As águas de diferentes concentrações salinas foram preparadas mediante metodologia proposta por Richards (1954), sendo elas 0,6; 1,5; 2,5; 3,5 e 4,5 dS m<sup>-1</sup>. Para cada pressão dentro de cada nível de salinidade foram feitas três repetições com um tempo de coleta de 5 minutos cronometrado em cronômetro digital.

Para a condução do ensaio, foram retirados de uma bobina, ao acaso, 5 linhas de gotejadores, cada uma com 8 metros, sendo avaliados em cada linha oito gotejadores, o que resultou na avaliação de um total de 40 gotejadores. No sentido de agilizar a medição da vazão dos gotejadores, foi utilizada uma série de coletores graduados de 300 mL, em seguida o volume foi medido em provetas de 1000 mL.

Para a coleta dos dados (vazão/gotejador), foram utilizadas cinco linhas laterais de tubo de polietileno flexível, com diâmetro interno de 16 milímetros (mm), espessura da parede 1,2mm e vazão de 2,3 L.h<sup>-1</sup>, de acordo com informações do fabricante. Os gotejadores são espaçados em 0,3 metros e são de modelo integrado de parede delgada.

Para se obter maior exatidão dos dados coletados em ambos os experimentos foi utilizado o método gravimétrico para a determinação do volume coletado de cada emissor, expressando-se os valores de vazão em L h<sup>-1</sup>, utilizando-se uma balança de precisão certificada, foi coletado o volume de água para cada emissor (repetições) num período de cinco minutos e depois de tabulados os pesos para cada emissor selecionado aleatoriamente.

De posse dos dados de vazão dos gotejadores procedeu-se os cálculos dos seguintes parâmetros: Coeficiente de Uniformidade Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD), Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE), Coeficiente de Variação de fabricação de gotejadores novos e usados (CVf e CVq), Variação de vazão ( $\Delta Q$ ), Grau de Entupimento(GE) curva vazão versus pressão equações (1), (2), (3), (4), (5) e (6) respectivamente.

$$CUC = 100 \left( 1 - \frac{\sum_i^n |Q_i - Q|}{n Q} \right) \quad (1)$$

Em que:

$Q_i$  = vazão coletada em cada gotejador (Lh<sup>-1</sup>);

$Q$  = média das vazões coletadas de todos os gotejadores (Lh<sup>-1</sup>);

$n$  = número de gotejadores analisados.

$$CUD = \frac{Q_{25\%}}{Q_{med}} * 100 \quad (2)$$

Em que:

$Q_{25\%}$  = média de 25% do total de gotejadores com as menores vazões, (Lh<sup>-1</sup>);

$Q_{med}$  = média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, (Lh<sup>-1</sup>).

$$CUE = 100 * \left( 1 - \frac{Sd}{Q_{med}} \right) \quad (3)$$

Em que:

CUE - coeficiente de uniformidade estatístico, em %;

$Sd$  = desvio-padrão dos valores de precipitação, em (L h<sup>-1</sup>);

$Q_{med}$  = média das vazões coletadas nos gotejadores na subárea, (Lh<sup>-1</sup>).

$$CVF = \left( \frac{Sd}{Q_{med}} \right) \quad CVq = \left( \frac{Sd}{Q_{med}} \right) \quad (4)$$

Em que:

CVF = coeficiente de variação de fabricação, decimal;

Sd novo = desvio padrão das vazões novos, L h<sup>-1</sup>;

Q<sub>méd</sub> novo = vazão média dos gotejadores novos, L h<sup>-1</sup>.

CVq = coeficiente de variação de uso, decimal;

Sd usado = desvio-padrão da vazão dos gotejadores usados;

Q<sub>méd</sub> usado = vazão média dos gotejadores usado, em L h<sup>-1</sup>.

$$\Delta Q = \frac{Q_{m\acute{a}x} - Q_{m\grave{a}n}}{Q_{m\acute{a}x}} * 100 \quad (5)$$

Em que:

ΔQ = variação de vazão na lateral, %;

Q<sub>máx</sub> = valor máximo de vazão na lateral, L h<sup>-1</sup>;

Q<sub>mín</sub> = valor mínimo de vazão na lateral, L h<sup>-1</sup>.

$$GE = 100 * \left( 1 - \frac{Q_{25\%}}{2,3} \right) \quad (6)$$

Em que:

GE = Grau de entupimento %;

Q<sub>25%</sub> = média da vazão dos 25% menores valores coletados em (L h<sup>-1</sup>).

Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F) e comparação de médias (teste Tukey), com nível de significância de 5% (p < 0,05). Os fatores quantitativos foram analisados estatisticamente por meio de regressão polinomial (linear e quadrática) com auxílio do programa computacional Sisvar (Ferreira, 2008).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Desempenho dos tubos gotejadores utilizados com água Residuária

O desempenho dos emissores usados com diferentes tipos de água e diferentes posições no solo, submetidos as pressões de serviço de 5, 10, 15, 20 m.c.a, correspondendo respectivamente a 506,6; 1013,2; 1519,5 e 2026,4 Kpa estão evidenciados nas Tabelas 1, 2 e 3.

Para água residuária tratada por WETLAND a vazão foi maior no emissor sub-superficial do que no superficial em todas as pressões analisadas (Tabela 1), entretanto o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) foi maior nos emissores superficiais em todas as pressões estudadas. De modo geral de acordo com a classificação da ASAE (1996) os valores de CUC e CUE são classificados como excelentes.

**Tabela 1** - Valores de Vazão média em  $L h^{-1}$ , Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE), gotejador superficial e subsuperficial usado, para água de irrigação tratada por WETLAND.

Parâmetros	Pressão (m.c.a)							
	5		10		15		20	
	Sup	Sub-Sup	Sup	Sub-Sup	Sup	Sub-Sup	Sup	Sub-Sup
Vazão média	1,95	2,10	1,98	2,16	1,95	2,19	2,01	2,19
CUC	97,69	92,86	96,97	91,67	97,69	89,04	95,52	91,78
CUE	96,92	96,70	96,50	95,46	96,92	94,75	94,28	97,26

Para água residuária tratada por UASB/WETLAND a vazão foi maior no emissor superficial do que no subsuperficial em todas as pressões analisadas (Tabela 2), entretanto o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) foi maior nos emissores subsuperficiais em todas as pressões estudadas. De acordo com a classificação da ASAE (1996) e Mantovani (2002) os valores de CUC e CUE são classificados como bons (abaixo de 90%) e excelentes (acima de 90%).

**Tabela 2** - Valores de Vazão média em  $L h^{-1}$ , Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE), gotejador superficial e subsuperficial usado, para água de irrigação tratado por UASB/WETLAND.

Parâmetros	Pressão (m.c.a)							
	5		10		15		20	
	Sup	Sub-Sup	Sup	Sub-Sup	Sup	Sub-Sup	Sup	Sub-Sup
Vazão média	2,16	1,95	2,25	1,98	2,19	2,04	2,31	2,10
CUC	90,28	97,69	88,00	96,97	89,04	97,06	87,01	95,71
CUE	100,00	96,92	94,89	96,50	93,11	95,20	97,40	94,29

Quando se usou a água de abastecimento no sistema de irrigação a vazão permaneceu constante no emissor superficial, caracterizando sua autocompensação (Tabela 3). No subsuperficial a vazão aumentou nas pressões 15 e 20 m.c.a. Os maiores coeficientes de uniformidade de Christiansen (CUC) e estatístico (CUE) foram encontrados maior nos emissores quando se usou a pressão de 20 m.c.a no gotejo superficial. De acordo com a classificação da ASAE (1996) os valores de CUC e CUE são classificados como bons (abaixo de 90%) e excelentes (acima de 90%).

**Tabela 3** - Valores de Vazão média em  $L h^{-1}$ , Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), Coeficiente de Uniformidade Estatístico (CUE), gotejador superficial e subsuperficial usado, para irrigação com água de abastecimento.

Parâmetros	Pressão (m.c.a)							
	5		10		15		20	
	Sup	Sub-Sup	Sup	Sub-Sup	Sup	Sub-Sup	Sup	Sub-Sup
Vazão média	2,19	2,16	2,19	2,16	2,19	2,28	2,19	2,28
CUC	89,04	90,28	90,41	92,96	93,15	89,47	95,89	92,11
CUE	97,26	95,46	97,26	97,18	97,26	93,92	97,26	95,70

De acordo com os dados obtidos para o gotejo superficial (Figura 2), a água de irrigação tratada por UASB/WETLAND foi a que evidenciou maior vazão média em  $L h^{-1}$ , na II e IV avaliação, na primeira avaliação a água de abastecimento foi superior as demais, contudo para a III avaliação a água de abastecimento e a tratada UASB/WETLAND foram semelhantes, diferindo apenas da água tratada por WETLAND.

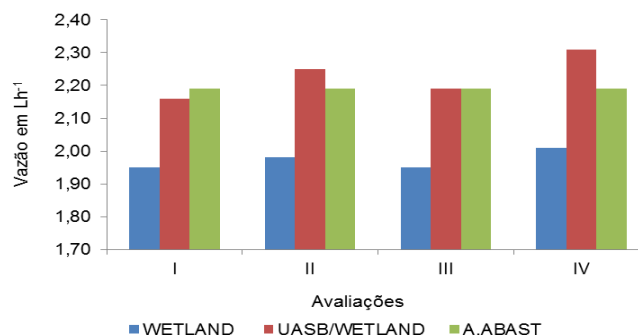


Figura 2. Vazão média em  $L h^{-1}$  em gotejo superficial em função do tipo de água de irrigação.

De acordo com os dados obtidos para o gotejo subsuperficial (Figura 3), a água de irrigação do sistema de abastecimento (A.ABAST) obteve vazão média superior para todas as avaliações, quando comparadas com as águas tratadas. Concordando com os resultados encontrados por Rav-Acha et al. (1995) em seus estudos que observaram diminuição de 68% na vazão de unidades de aplicação localizada abastecidas



com esgotos sanitários tratados, após 60 horas do início do experimento.

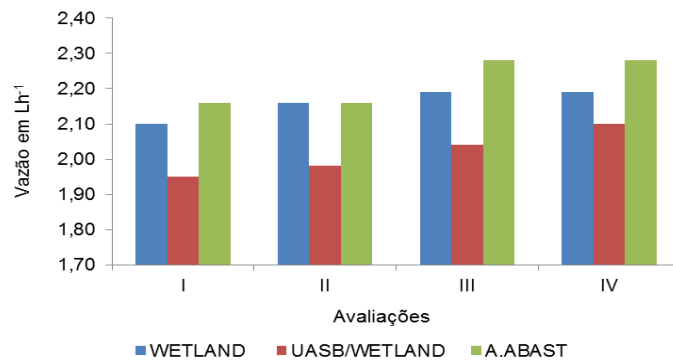


Figura 3. Vazão média em  $L h^{-1}$  em gotejo subsuperficial em função do tipo de água de irrigação.

Batista (2004), trabalhando com a aplicação de esgoto sanitário tratado via sistema de irrigação por gotejamento, constatou reduções de 12,22; 20,40; e 19,15 % em unidades de aplicação com três distintos modelos de gotejadores, devido à formação de biofilme resultante da interação entre bactérias e algas no interior das linhas laterais e dos gotejadores.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) em gotejo superficial em função dos diferentes tipos de água de irrigação encontra-se na (Figura 3). De acordo com os resultados observa-se que para a água de irrigação tratada com WETLAND o coeficiente de uniformidade foi superior aos demais, seguido pela água de abastecimento. Verifica-se ainda que de acordo com (Figura 2), que a vazão da WETLAND foi a menor observada no gotejo superficial, todavia para o CUC a água tratada por WETLAND foi superior as demais águas utilizadas, sendo classificado como excelentes de acordo com Mantovani (2002).

Frigo et al. (2006), investigando o desempenho de sistemas de irrigação por gotejamento em tubos porosos aplicando água residuária de suinocultura em diversas diluições em linhas laterais de 2,5 m, também obtiveram valores de CUC classificados como excelentes nos gotejadores novos, o que mostra excelente uniformidade em sistemas de gotejamento no início de sua vida útil.

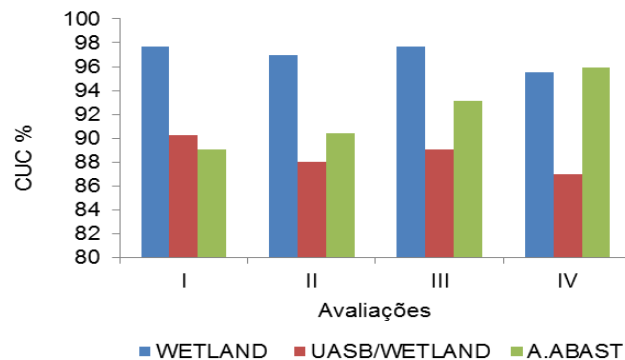


Figura 4. O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) em gotejo superficial em função do tipo de água de irrigação.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) em gotejo subsuperficial em função dos diferentes tipos de água de irrigação encontra-se na (Figura 5). De acordo com os resultados observa-se que para a água de irrigação tratada com UASB/WETLAND o coeficiente de uniformidade foi superior aos demais. Verifica-se ainda que de acordo com (Figura 3), que a vazão da UASB/WETLAND foi a menor observada no gotejo subsuperficial, todavia para o CUC a água tratada por UASB/WETLAND foi superior às demais águas utilizadas, sendo classificado como excelentes de acordo com Mantovani (2002).

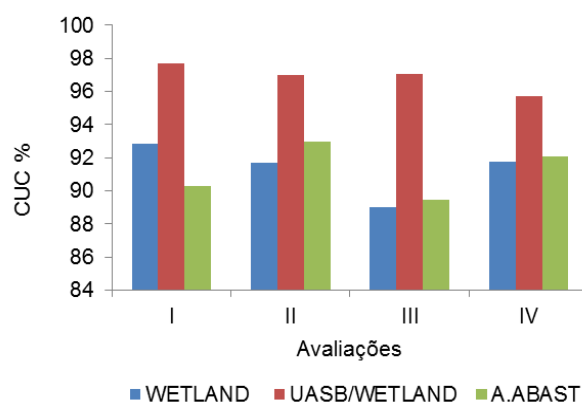


Figura 5. O coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) em gotejo subsuperficial em função do tipo de água de irrigação.

Para Thebaldi et al. (2013) em seu estudo sobre diferentes tipos de água e seu efeito na uniformidade de gotejadores na cultura de tomate, observaram que a maior redução no valor de CUC ocorreu na irrigação subsuperficial utilizando água residuária, em que se obteve um CUC de 95,43% para gotejadores novos e após o ciclo da cultura o valor de uniformidade foi de 91,96% (também o menor valor encontrado), o que configura uma redução de 3,47%. Resultado semelhante ao encontrado no presente trabalho, uma vez que ao longo das avaliações os valores de CUC foram reduzindo.

#### Desempenho dos tubos gotejadores utilizados com diferentes Condutividades Elétricas (CE)

O resumo da análise de variância para os parâmetros coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC), coeficiente de uniformidade estatística (CUE), com 20, 210 e 350 horas de funcionamento em função da salinidade da água de irrigação e das diferentes pressões de serviço fornecidas (Tabela 4).

Observa-se efeito significativo da salinidade sobre os parâmetros CUD, CUC e CUE nas diferentes horas de funcionamento. Exceto CUD e CUE com 20 horas e CUE com 350 horas de funcionamento. A pressão foi significativa para CUD, CUC e CUE em todas as horas de funcionamento, ao nível de 1 e 5% , respectivamente.

Verifica-se com base nos resultados da análise de variância Tabela 8, efeito significativo pelo teste F para a interação entre os fatores estudados (Salinidade da água de irrigação e Pressão de Serviço), para todos os parâmetros estudados aos 20, 210 e 350 horas de funcionamento ao nível de 1 e 5%, respectivamente, excetuando-se o CUD com 20 horas de funcionamento. O que indicar que as diferentes pressões de serviço fornecidas às mangueiras gotejadoras, comportaram-se de maneira diferente em relação aos níveis de salinidade da água de irrigação utilizados durante a condução do trabalho.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC) e coeficiente de uniformidade estatística (CUE) com 20, 210 e 350 horas de funcionamento de mangueiras gotejadoras submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e diferentes pressões de serviço.

Fonte de Variação	G.L	Estatística F								
		CUD 20h	CUD 210h	CUD 350h	CUC 20h	CUC 210h	CUC 350h	CUE 20h	CUE 210h	CUE 350h
Salinidade (S)	4	0,29 <sup>ns</sup>	123,650 <sup>**</sup>	5,82 <sup>**</sup>	5,32 <sup>**</sup>	13,019 <sup>**</sup>	22,209 <sup>**</sup>	0,795 <sup>ns</sup>	52,154 <sup>**</sup>	1,792 <sup>ns</sup>
Reg. Linear	1	0,28 <sup>ns</sup>	390,508 <sup>**</sup>	7,812 <sup>**</sup>	19,36 <sup>**</sup>	12,952 <sup>**</sup>	38,416 <sup>**</sup>	0,272 <sup>ns</sup>	11,651 <sup>*</sup>	2,895 <sup>ns</sup>
Reg. Quadrática	1	0,53 <sup>ns</sup>	22,465 <sup>**</sup>	3,314 <sup>**</sup>	1,504 <sup>ns</sup>	0,020 <sup>ns</sup>	1,322 <sup>ns</sup>	1,750 <sup>ns</sup>	11,104 <sup>*</sup>	1,868 <sup>ns</sup>
Pressão(P)	3	916,04 <sup>**</sup>	41,681 <sup>**</sup>	13,757 <sup>**</sup>	20,32 <sup>**</sup>	4,272 <sup>*</sup>	19,205 <sup>**</sup>	3,832 <sup>*</sup>	15,041 <sup>**</sup>	37,283 <sup>**</sup>
Reg. Linear	1	653,8 <sup>**</sup>	21,839 <sup>**</sup>	25,342 <sup>**</sup>	41,17 <sup>**</sup>	0,086 <sup>ns</sup>	37,603 <sup>**</sup>	8,715 <sup>**</sup>	43,848 <sup>**</sup>	31,499 <sup>**</sup>
Reg. Quadrática	1	1919,21 <sup>**</sup>	85,125 <sup>**</sup>	8,659 <sup>**</sup>	12,93 <sup>**</sup>	0,004 <sup>ns</sup>	9,580 <sup>**</sup>	2,563 <sup>ns</sup>	0,043 <sup>ns</sup>	74,294 <sup>**</sup>
Interação (SxP)	12	0,26 <sup>ns</sup>	54,506 <sup>**</sup>	2,994 <sup>**</sup>	2,29 <sup>*</sup>	6,774 <sup>**</sup>	10,500 <sup>**</sup>	2,091 <sup>*</sup>	6,754 <sup>**</sup>	10,396 <sup>**</sup>
C.V (%)		0,23	0,23	0,77	0,29	0,23	0,45	0,44	0,21	16,17

ns, \*\*, \* respectivamente não significativo, significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$  pelo teste F

De acordo com os estudos de regressão para o fator pressão de serviço isolado, observa-se efeito linear crescente com 20 horas de funcionamento (Figura 6 A). Quando aumentou a pressão de serviço elevou-se o coeficiente de uniformidade de distribuição, ou seja, quanto maior a pressão maior o CUD. Segundo ASAE (1996) o coeficiente de uniformidade de distribuição esta dentro da classificação considerada como excelente.

O efeito da interação níveis de salinidade da água de irrigação e diferentes pressões teve comportamento diferenciado com 210 horas de funcionamento (Figura 6 B), observa-se que com 6 mca e 16 mca o comportamento foi linear, ou seja quando se aumentou o nível de salinidade da água de irrigação reduziu o coeficiente de uniformidade de distribuição. Já com 14 mca o comportamento foi quadrático, ou seja teve um incremento chegando a um ponto de máxima com a salinidade de  $1,88 \text{ dS m}^{-1}$ , com posterior redução. No entanto, os valores de CUD estão dentro da faixa classificada como excelente de acordo com (BRALTS, 1986; ASAE, 1996).

O desdobramento da interação para o CUD com 350 horas de funcionamento encontra-se na (Figura 5 C), observa-se efeito significativo para 6 e 16 mca. Com a pressão de 6 mca o comportamento foi linear com decréscimo a partir de 6 mca. Já com a pressão de 16 mca o comportamento foi quadrático, sendo o maior CUD obtido com  $2,47 \text{ dS m}^{-1}$ , após este nível de salinidade houve decréscimo do coeficiente de uniformidade de distribuição, porém vale ressaltar que os valores do coeficiente de uniformidade de distribuição nas três épocas de estudo estão dentro da classificação considerada excelente.

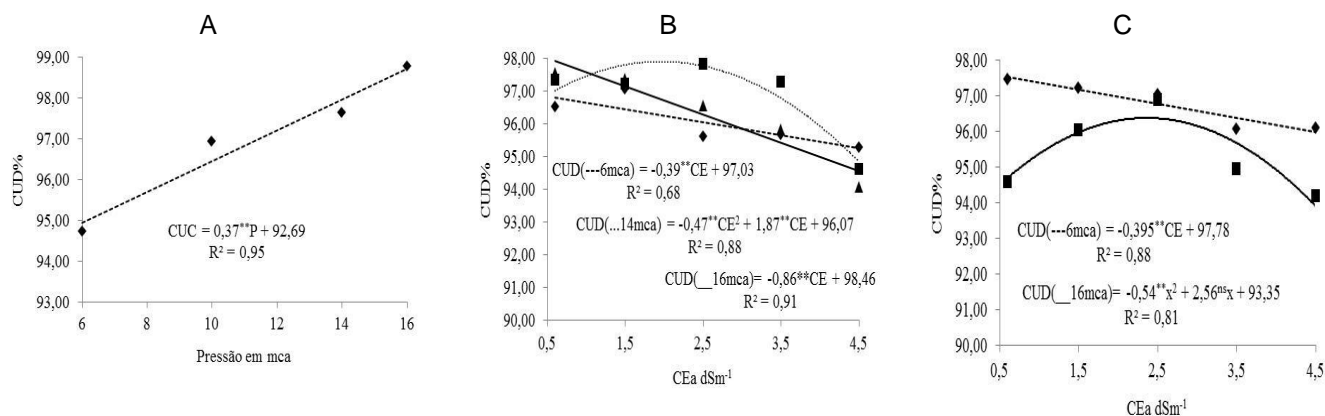


Figura 6. Coeficiente de uniformidade de distribuição com 20 horas de funcionamento em função da pressão (A), com 210 e 350 horas de funcionamento em função da interação salinidade da água de irrigação e pressões de serviço (A e C)

O desdobramento da interação dos fatores estudados para o coeficiente de uniformidade de Christiansen com diferentes horas de funcionamento encontra-se na (Figura 7). O CUC com 20 horas de funcionamento a equação que melhor se ajustou foi linear com redução do coeficiente a partir do primeiro nível de salinidade da água de irrigação, sendo evidenciada significância para a pressão de 16 mca (Figura 7 A).

Para as 210 horas de funcionamento, observou-se decréscimo linear para as pressões de 14 e 16 mca, sendo a redução a partir de  $0,6 \text{ dS m}^{-1}$ , o que demonstrou que por mais que se elevasse a pressão de serviço fornecida não se observou aumento no CUC, quando se aplicou águas com essas concentrações salinas nas mangueiras gotejadoras (Figura 7 B).

O coeficiente de uniformidade de Christiansen com 350 horas de funcionamento decresceu linearmente com o aumento da concentração salina nas pressões de 6 e 10 mca (Figura 7 C), comportamento este semelhante ao observado para as demais avaliações. Contudo vale ressaltar que o CUC mesmo sofrendo a influência da salinidade esteve classificado como excelente segundo (Bernardo et al., 2006). Este fato pode ter sido observado neste estudo em função dos gotejadores utilizados serem autocompensantes. Silva et al. (2010), também estudando a uniformidade em gotejadores autocompensantes externos, obtendo valores de 96% e 94%, para CUC e CUD, respectivamente.

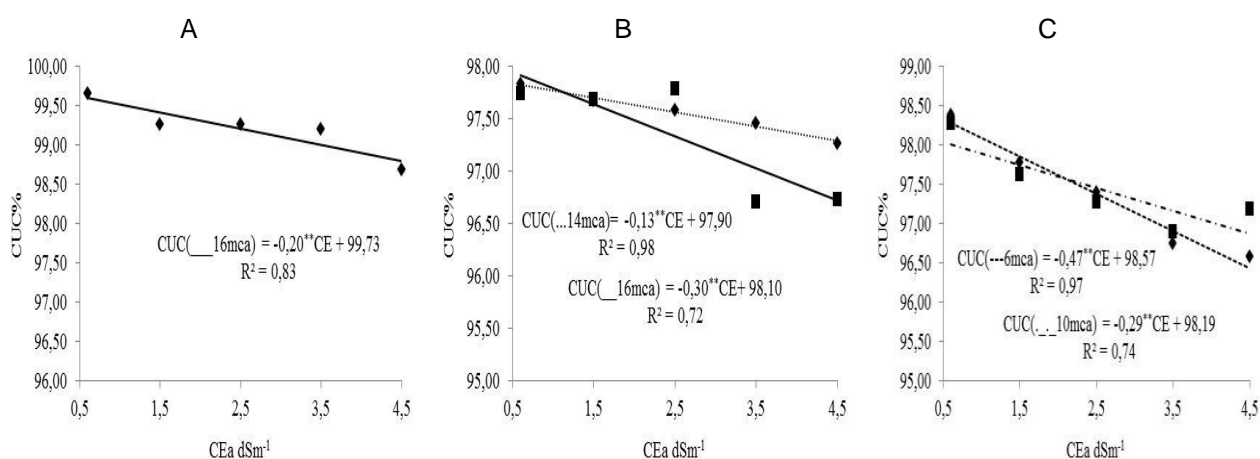


Tabela 7. Interação da salinidade da água de irrigação e diferentes pressões de serviço aplicadas a gotejadores autocompensantes com 20 (7 A); 210 (7 B) e 350 (7 C) horas de funcionamento sobre coeficiente de uniformidade de Christiansen.

Observou-se ainda no presente estudo que o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) foi menor que o coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC); este comportamento é esperado, pelo fato de que o primeiro considera a média das 25% menores lâminas coletadas e o de Christiansen ponderam à média da lâmina coletada em todos os coletores fazendo com que uma vazão compense a outra. Assim, quanto maior o valor do CUC, menor é a lâmina de irrigação necessária para alcançar a produção máxima e de acordo com Bernardo et al., (2008), o limite mínimo de CUC aceitável em um sistema de irrigação por gotejamento é de 80%.

Entretanto para Zocoler (2010), valores de coeficiente de uniformidade e de distribuição inferiores a 90% em sistemas localizados, só podem ser admitidos se a precipitação pluvial tem um valor significativo durante o cultivo, ou se a diminuição dos custos do sistema com a redução da uniformidade compensar a diminuição da receita devido à redução na produção da cultura.

A regressão para o fator pressão no coeficiente de uniformidade estatístico isolado com 20 horas de funcionamento (Figura 8 A) evidenciou que quanto maior a pressão de serviço maior o CUE. O desdobramento dos fatores estudados com 210 e 350 horas de funcionamento encontra-se nas (Figura 8 B e C). Observa-se que foi significativo para a pressão de 6 mca, sendo a redução do CUE a partir de 0,6 dS m<sup>-1</sup>, ou seja quando se aumentou o nível de salinidade da água de irrigação reduziu o coeficiente de uniformidade estatística de forma significativa.

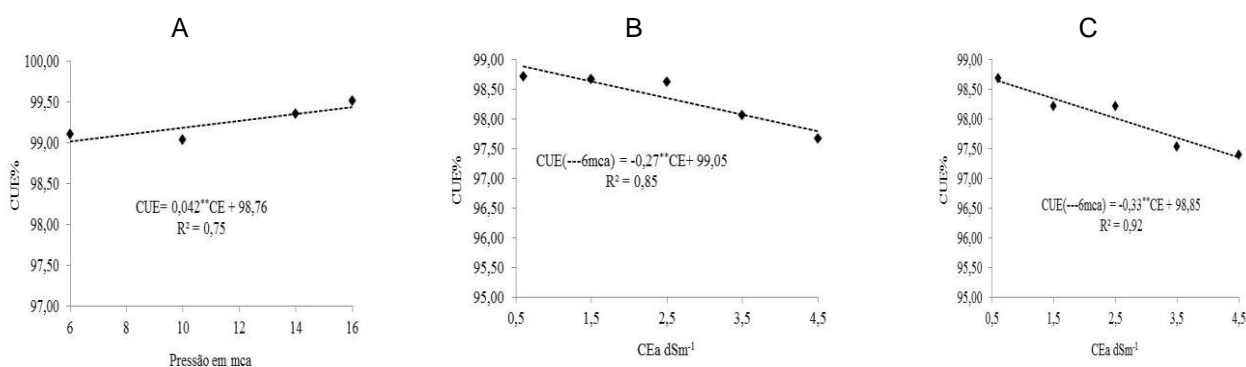


Tabela 8. Coeficiente de uniformidade estático com 20 horas de funcionamento em função da pressão (A), com 210 e 350 horas de funcionamento em função da interação salinidade da água de irrigação e pressões de serviço (A e C)

O CUE dos ensaios para as diferentes horas de funcionamento em todas as pressões e salinidades ficou acima de 95% sendo classificado como excelente. Concordando com os resultados encontrados por

Pletsch et al. (2009) em seu estudo sobre Desempenho de gotejadores com uso de esgoto doméstico tratado, onde o CUE do ensaio inicial, em todas as pressões, ficou acima dos 98% sendo classificado como excelente. Após 500 horas de utilização, o CUE, em todas as pressões, ficou acima dos 95%, classificado como excelente.

O resumo da análise de variância para os parâmetros coeficiente de variação de fabricação (CVF), coeficiente de variação de uso (CVq), grau de entupimento(GE) e variação de vazão ( $\Delta Q$ ) com 20, 210 e 350 horas de funcionamento de mangueiras gotejadoras submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e diferentes pressões de serviço fornecidas (Tabela 5).

Observou-se efeito da salinidade da água de irrigação sobre o coeficiente de variação de uso com 210 horas de funcionamento ao nível de 1% de probabilidade. O grau de entupimento não foi significativo para o fator salinidade da água com 20, 210 e 350 horas de funcionamento. Para a variação de vazão observou-se efeito da salinidade da água de irrigação com 210 e 350 horas de funcionamento a 1% de significância. No entanto, para o coeficiente de variação de fabricação e variação de vazão com 20 horas de funcionamento, ou seja, gotejador novo não se verificou efeito da salinidade.

O fator pressão de serviço isolado foi significativo a 1% e probabilidade em todos os parâmetros avaliados com 20, 210 e 350 horas de funcionamento, sugerindo que quando se diferenciou a pressão os coeficientes foram modificados.

A interação entre salinidade da água e pressão de serviço foi significativa a 1% de probabilidade para CVq e  $\Delta Q$  com 210 e 350 horas de funcionamento. No entanto os mesmos parâmetros com 20 horas, ou seja novos não sofreram alterações com ambos os fatores.

Tabela 5. Resumo da análise de variância para coeficiente de variação de fabricação(CVF), coeficiente de variação de uso (CVq), grau de entupimento(GE) e variação de vazão ( $\Delta Q$ ) com 20, 210 e 350 horas de funcionamento de mangueiras gotejadoras submetidas a diferentes níveis de salinidade da água de irrigação e diferentes pressões de serviço

Fonte de Variação	G.L	Estatística F								
		CVF	CVq	CVq	GE	GE	GE	$\Delta Q$	$\Delta Q$	$\Delta Q$
		20h	210h	350h	20h	210h	350h	20h	210h	350h
Salinidade (S)	4	0,149 <sup>ns</sup>	11,858 <sup>**</sup>	1,792 <sup>ns</sup>	0,490 <sup>ns</sup>	12,166 <sup>ns</sup>	3,847 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	8,333 <sup>**</sup>	14,625 <sup>**</sup>
Reg. Linear	1	0,048 <sup>ns</sup>	31,716 <sup>**</sup>	2,895 <sup>ns</sup>	0,686 <sup>ns</sup>	2,130 <sup>ns</sup>	7,890 <sup>**</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	20,554 <sup>**</sup>	13,913 <sup>**</sup>
Reg.Quadrática	1	0,345 <sup>ns</sup>	2,706 <sup>ns</sup>	1,868 <sup>ns</sup>	1,091 <sup>ns</sup>	0,368 <sup>ns</sup>	0,959 <sup>ns</sup>	0,002 <sup>ns</sup>	0,962 <sup>ns</sup>	0,092 <sup>ns</sup>
Pressão(P)	3	38,862 <sup>**</sup>	7,184 <sup>**</sup>	37,283 <sup>**</sup>	2896,806 <sup>**</sup>	24,867 <sup>**</sup>	87,508 <sup>**</sup>	323,987 <sup>**</sup>	55,638 <sup>**</sup>	9,756 <sup>**</sup>
Reg. Linear	1	98,741 <sup>**</sup>	2,326 <sup>ns</sup>	31,499 <sup>**</sup>	1111,628 <sup>**</sup>	68,862 <sup>**</sup>	246,053 <sup>**</sup>	347,296 <sup>**</sup>	31,404 <sup>**</sup>	10,621 <sup>**</sup>
Reg.Quadrática	1	2,473 <sup>ns</sup>	5,261 <sup>**</sup>	74,294 <sup>**</sup>	6648,414 <sup>**</sup>	0,745 <sup>ns</sup>	5,985 <sup>**</sup>	565,534 <sup>**</sup>	15,908 <sup>**</sup>	11,396 <sup>**</sup>
Interação (SxP)	12	0,149 <sup>ns</sup>	7,893 <sup>**</sup>	6,092 <sup>**</sup>	0,397 <sup>ns</sup>	3,130 <sup>ns</sup>	3,092 <sup>ns</sup>	0,008 <sup>ns</sup>	20,822 <sup>**</sup>	3,420 <sup>**</sup>
C.V (%)		47,68	17,74	16,17	18,15	11,60	12,85	14,33	6,97	15,75

ns, \*\*, \* respectivamente não significativo, significativo a  $p < 0,01$  e  $p < 0,05$  pelo teste F

De acordo com os estudos de regressão, para o coeficiente de variação de fabricação para pressão isolada (Figura 9 A), observa-se que quando se aumentou a pressão reduziu o CVF. As principais causas de variação de fabricação, segundo Nakayama & Bucks (1981), são a heterogeneidade do material utilizado e o projeto (concepção) do próprio emissor.

O desdobramento da interação dos fatores estudados para o coeficiente de variação de vazão de gotejadores usados com 210 e 350 horas de funcionamento encontra-se na (Figura 9 B e C). Observa-se que acordo com a regressão que quando se aumentou o nível de salinidade na pressão de 6mca em ambas as figuras aumentaram a variação de vazão, o mesmo ocorreu para a pressão de 16 mca na (Figura 8 B). Fato que pode ter sido influenciado em função do aumento da salinidade da água de irrigação sugerindo que os sais presentes na água obstruíram os emissores utilizados.

Ribeiro et al. (2010) afirmam que as alterações no coeficiente de variação de vazão de gotejadores usados estão relacionados ao processo de obstrução, cujo principal responsável é a qualidade da água usada na irrigação, uma vez que o problema não afeta igualmente todos os gotejadores ao longo da linha lateral, sendo dependente também do coeficiente de variação de fabricação.

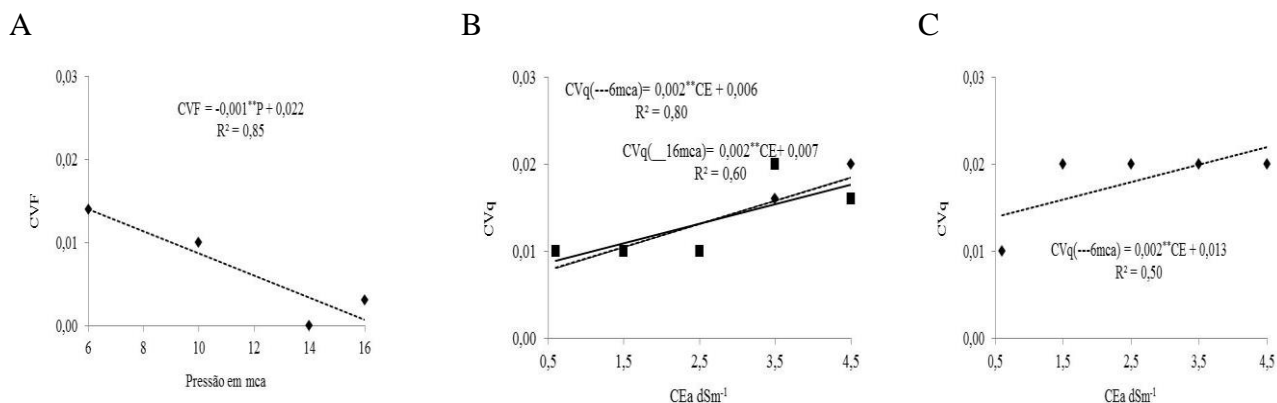


Figura 9. Coeficiente de variação de fabricação com 20 horas de funcionamento em função da pressão (A) e coeficiente de variação de vazão de uso com 210 e 350 horas de funcionamento em função da interação salinidade da água de irrigação e pressões de serviço (B e C)

Segundo a ASAE (1994) e a ISO-9261 (1991), o Coeficiente de Variação de Fabricação de gotejador (CVF) é um termo usado para descrever essa variação antecipada na vazão de uma amostra de gotejadores novos, quando operados numa pressão aproximadamente igual à pressão de serviço recomendada pelo fabricante.

Segundo Hillel (1982), o CVF pode classificar os emissores, de acordo com os seguintes valores para tubos gotejadores: (a) CVF até 10%, bons; (b) CVF entre 10 e 20 %, médios; (c) CVF acima de 20%, deficientes e inaceitáveis. Estando por tanto, o coeficiente de variação do presente estudo considerado como bons.

De acordo com os estudos de regressão (Figura 10 A), o grau de entupimento em para o fator pressão de serviço isolado apresentou ajuste quadrático com 20 horas de funcionamento, o ponto de maior entupimento observado com aproximadamente 10 mca de pressão, sendo que após este ponto reduziu o parâmetro entupimento de emissor.

Já com 210 e 350 horas de funcionamento o modelo que melhor se ajustou para o grau de entupimento em função da pressão de serviço isolada (Figura 10 B e C) foi linear, sendo que a partir de 6 mca de pressão fornecida, a variável decresceu linearmente, indicando que quando se elevou a pressão aumentou a vazão e conseqüentemente diminuiu o grau de entupimento.

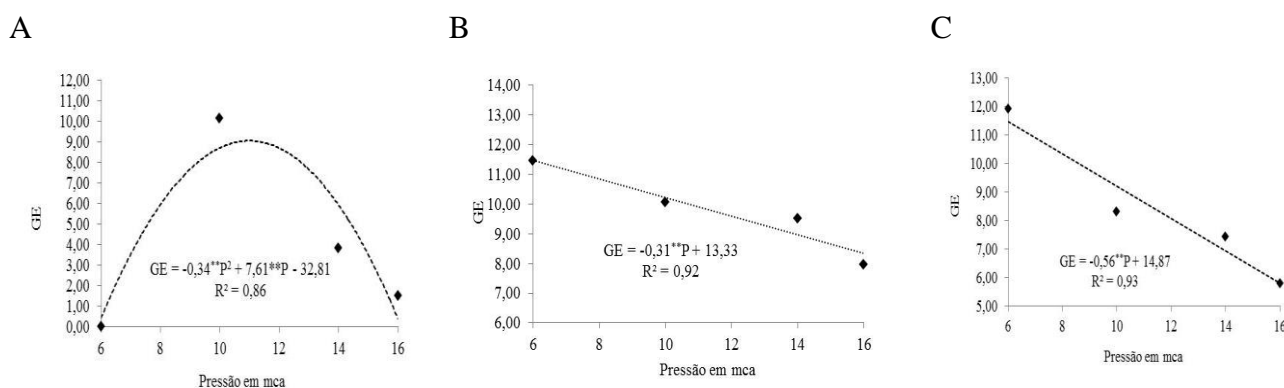


Figura 10. Efeito da pressão isolado sobre o grau de entupimento com 20, 210 e 350 horas de funcionamento (A, B e C).

O entupimento de emissores resulta em variações na uniformidade de fluxo do emissor e na hidráulica da linha lateral. O entupimento de alguns emissores reduz a vazão total na linha lateral e, desta forma, reduz também a fricção total na linha, que resultará no aumento da vazão daqueles emissores não entupidos (Bralts et al., 1982) afetando duplamente a uniformidade.

Observa-se de acordo com a (Figura 11 A) que quando se aumentou a pressão de serviço em mca reduziu linearmente a variação de vazão dos gotejadores, causa esta que pode esta relacionada com o fato da pressão inicial ser inferir a recomendada pelo fabricante que é em torno de 10 mca para o correto funcionamento.

Para o desdobramento da interação com 210 horas de funcionamento (Figura 11 B) para o parâmetro variação de vazão, observa-se que com a pressão de 6 mca, nota-se efeito linear com acréscimo da variação com o aumento da salinidade da água de irrigação. Já para a pressão de 16 mca o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático com ponto de maior variação em 2,5 dS m<sup>-1</sup>.

A variação de vazão com 350 horas de funcionamento teve comportamento linear para a pressão de 6mca (Figura 11 C), evidenciando que quando se aumentou a condutividade elétrica da água de irrigação, a variação de vazão também aumentou de forma significativa.

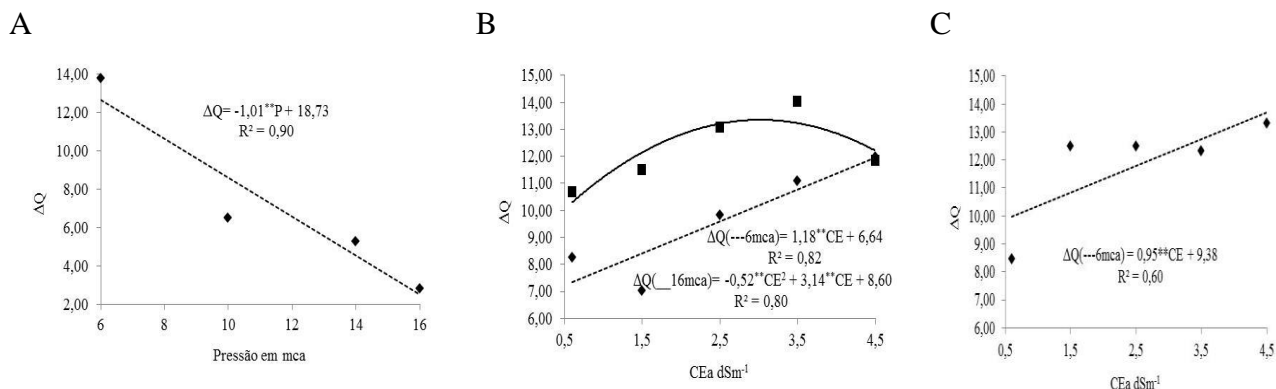


Figura 11. Variação de vazão com 20 horas de funcionamento em função da pressão (A) variação de vazão com 210 e 350 horas de funcionamento em função da interação salinidade da água de irrigação e pressões de serviço (B e C).

De acordo com Alves et al.(2008), a grande variação de vazão nos emissores é provocada principalmente pela baixa pressão de serviço fornecido aos emissores, no então no presente trabalho as pressões estão dentro do limite estabelecido pelo fabricante. Para Keller & Karmeli (1974) a variação de vazão nas subunidades, ou seja, nas mangueiras gotejadoras dever ser de no máximo 10%.

## CONCLUSÃO

Na avaliação para o gotejo superficial a água de irrigação água de abastecimento foi superior a WET e WASB/WET. Já para o gotejo subsuperficial os coeficientes foram superiores na água de irrigação usando WET nas diferentes pressões.

O coeficiente de uniformidade de Christiansen para o gotejo superficial foi classificado como excelente pra água de irrigação tratada por WETLAND. Para o gotejo subsuperficial a água de irrigação UASB/WETLAND foi a melhor.

Os coeficientes quando o gotejador estava novo, 20 horas de funcionamento, não sofreram influencia da salinidade da água de irrigação.

A pressão de serviço influenciou todos os parâmetros avaliados no sistema para 20, 210 e 350 horas de funcionamento.

A interação foi significativa para CUD, CUC, CUE, CVq e  $\Delta Q$ . Quando se elevou a salinidade da água de irrigação nas diferentes pressões observou-se redução dos parâmetros, excetuando-se o coeficiente de variação de fabricação.

## AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pela manutenção das bolsas, PIBIC e produtividade em pesquisa;

Aos colegas do Grupo de Irrigação e Drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola, onde este trabalho foi desenvolvido, por todo o apoio e contribuição.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Emissores para sistema de irrigação localizada: avaliação de características operacionais. Método de ensaio: Rio de Janeiro, 1986. 6 p. Projeto de norma 12:02.08.021.
- ASAE. American Society of Agricultural Engineers. Standard engineering practices data: EP 458. Field evaluation of microirrigation systems. St. Joseph: ASAE, p.792-797., 1996.
- AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na agricultura. Estudos FAO. Irrigação e Drenagem 29 (Revisado). Campina Grande – PB UFPB. trad: GHEYI, H.R.; MEDEIROS, J.F.; DAMASCENO, F.A.V. 1991, 218 p.
- BATISTA, R. O. Influência da aplicação de esgoto sanitário tratado sobre sistemas de irrigação por gotejamento. Viçosa: UFV, 2004, 97 f. (Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola).
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. Manual de irrigação. 7. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005, 611p.
- CAOVILLA, F. A.; SAMPAIO, S. C.; PEREIRA, J. O.; VILAS, B. A. M.; GOMES, B. M.; FIGUEIREDO, C. A. Lixiviação de nutrientes provenientes de águas residuárias em colunas de solo cultivado com soja. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, (Suplemento), p.283-287, 2005.
- CHRISTOFIDIS, D 2006. Recursos hídricos dos cerrados e seu potencial de utilização na irrigação. ITEM, Brasília, n.69/70, p. 87-97.
- FRIGO, E. P.; SAMPAIO, S. C.; FREITAS, P. L.; NÓBREGA, L. H.; SANTOS, R. F.; MALLMANN, L. S. Desempenho do sistema de gotejamento e de filtros utilizando água residuária da suinocultura. Irriga, Botucatu, v.11, n.3, p.305-318, 2006.
- KELLER, J., BLIESNER, R.D. Sprinkle and trickle irrigation. New York: Avibook, 1990. 649 p.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação: princípios e métodos. Viçosa: UFV, 2007. 318p.
- MANTOVANI, E.C. Avalia: manual do usuário. Viçosa: DEA/UFV–PNP&D/café Embrapa, 2002.
- Nakayama, F.S.; Bucks, D.A. Emitter clogging effects on trickle irrigation uniformity. Transaction of the ASAE, St Joseph, v.24, p.77-80, 1991.
- Pizarro, F. Riegos localizados de alta frecuencia - goteo - microaspersion exudacion. 3o ed. Madri: Ed. Mundi, 1996. 513p.
- RAV-ACHA, C.; KUMMEL, M.; SALAMON, I.; ADIN, A. The effect of chemical oxidants on effluent constituents for drip irrigation. Water Research, London, v. 29, n. 1, p. 119-129, 1995.
- SMANHOTTO, A. Aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja. 2008, 108f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista Júlio De Mesquita Filho, Faculdade De Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2008.
- THEBALDI, M. S.; ROCHA, M. S.; SANDRI, D.; FELISBERTO, A. B.; AVELINO NETO, S. Diferentes tipos de água e seu efeito na uniformidade de gotejadores na cultura de tomate. Irriga, Botucatu, v. 18, n. 2, p. 212-222, 2013.
- Werneck, J.E.F., Ferreira, R.S.A. & Christofidis, D. O uso da água para irrigação. Brasília, Brasil. Disponível em: <<http://www.cf.org.br/cf2004/irrigacao.doc>> . Acesso em: 20 fevereiro 2009.
- ZOCOLER, J. L. Avaliação de desempenho de sistemas de irrigação. Ilha Solteira – SP: UNESP. Disponível em <[cwww.agr.feis.unesp.br/curso5.htm](http://www.agr.feis.unesp.br/curso5.htm)>.