

# Desempenho hidráulico em sistemas de irrigação por gotejamento utilizando efluente doméstico

## Hydraulic performance in drip irrigation systems using domestic effluent

Denise de Jesus Lemos FERREIRA [1](#); Mayra Gislayne Melo de LIMA [2](#); Abel Henrique Santos GOMES [3](#); Vera Lúcia Antunes de LIMA [4](#); Delfran Batista dos SANTOS [5](#); Rafael Oliveira BATISTA [6](#)

Recibido: 23/11/16 • Aprobado: 11/12/2016

### Conteúdo

- [1. Introdução](#)
  - [2. Material e métodos](#)
  - [3. Resultados e discussão](#)
  - [4. Conclusões](#)
- [Referências bibliográficas](#)

#### RESUMO:

O objetivo desse estudo é investigar o desempenho hidráulico dos sistemas de irrigação por gotejamento operando com efluente de reator anaeróbio. O experimento foi conduzido no Laboratório de Irrigação e Drenagem da UFCG-PB. Avaliaram-se sistemas de irrigação por gotejamento, operando com água de abastecimento e efluente doméstico tratado. Foram analisados estatisticamente com o auxílio do Software MINITAB 15, os principais parâmetros de desempenho hidráulico. Para os tratamentos com água de abastecimento, manteve-se uma normalidade e baixo entupimento, já para os tratamentos com efluente tratado, a perda de desempenho foi na ordem de 20% e 15%, para vazão e coeficiente de variação, respectivamente e, o entupimento máximo foi 20,45%. Para sistemas de irrigação por gotejamento operando com efluente é mais relevante o desenho arquitetônico do gotejador ao mecanismo de compensação.

**Palavras-chave:** Água residuária; Entupimento; Uniformidade.

#### ABSTRACT:

The objective of this study is to investigate the hydraulic performance of drip irrigation systems operating with effluent of anaerobic reactor. The experiment was conducted in Irrigation and Drainage Laboratory at UFCG-PB. Were evaluated drip irrigation systems in operation with water of supply and treated domestic effluent. Were statistical analyzed, aided by software MINITAB 15, the principal parameters of hydraulic performance. For the system in operation with urban supply water, the irrigation was maintained on the normality and low obstruction, for the system in operation with treated domestic effluent there was a loss of hydraulic performance of 20% and 15%, for flow rate and variation coefficient, respectively and the maxim obstruction of 20,45%. For drip irrigation systems operating with treated domestic effluent, the architectural design of the dripper is more relevant of the than the compensation mechanism.

**Keywords:** Wastewater; Obstruction; Uniformity.

# 1. Introdução

A irrigação é uma técnica importante no setor agrícola, cujo valor é claramente perceptível aos profissionais que atuam na área, sobretudo por ser uma tecnologia que permite o aumento da produtividade agrícola, atendendo à demanda crescente por alimentos.

Dentre os sistemas de irrigação que o mercado oferece ao produtor rural, o que vem apresentando destaque no cenário nacional com grande expansão é a irrigação por gotejamento, tendo como principal vantagem a economia de água. Neste viés, torna-se relevante a busca por técnicas de aperfeiçoamento dos sistemas de irrigação visando à sua maior eficiência, assim, é importante se proceder a sua avaliação para obtenção de informações relacionadas à eficácia de uso da água e a necessidade de manutenção.

Nascimento et al. (2009), afirma que a eficiência e a uniformidade em sistemas de irrigação localizada são afetadas pela variação de vazão dos emissores ao longo da linha lateral, principalmente por fatores internos, como: variação de pressão por perda de carga e por desnível geométrico, obstrução de emissores e variação de temperatura da água ao longo da linha de emissão. Ainda de acordo com Merriam e Keller (1978), a uniformidade do sistema também é influenciada por falhas no manejo, por mudanças físicas dos componentes, pelo envelhecimento dos emissores e pelo controle de qualidade nos processos de fabricação.

Além do manejo adequado e do controle das perdas de água dos sistemas de irrigação, outra via para economia da água, de acordo com Lima et al. (2010), está relacionada ao uso de águas servidas, especialmente, oriundas de esgoto doméstico e de atividades agropecuárias.

Duarte (2006), afirma que a decisão quanto ao reuso da água na agricultura, especialmente na irrigação de culturas, deve ser tomada com base em múltiplos aspectos, incluindo os de natureza ambiental, sanitário, cultural, técnico e econômico, de forma que os benefícios decorrentes do reuso superem os custos e riscos envolvidos neste processo. Segundo Gobbi (2010), o uso de águas residuárias brutas e parcialmente tratadas, sobretudo para irrigação agrícola, é uma prática comum em algumas regiões do Brasil, sendo, entretanto, utilizada de forma indiscriminada e sem a proteção da saúde dos trabalhadores agrícolas e consumidores. Entretanto, de acordo com Batista et al. (2013), o sistema de irrigação por gotejamento também pode ser usado para aplicação de águas residuárias por causa da elevada eficiência de aplicação do efluente e do baixo risco de contaminação do produto agrícola e de operadores no campo.

Na busca pela otimização no desempenho hidráulico dos sistemas de irrigação por gotejamento, a observação estatística tem relevância como suporte à tomada de decisões, principalmente relacionadas ao seu melhor manejo. Através da análise estatística pode-se estimar a melhor modelagem matemática de parâmetros hidráulicos que influenciam diretamente no bom desempenho dos sistemas de irrigação, bem como, é possível verificar a influência de diferentes fontes de água e sua relação diagnosticando possíveis problemas e propondo soluções eficazes.

Entretanto, ainda observa-se uma ampla deficiência de estudos voltados para análise qualitativa dos sistemas de irrigação. Portanto, esta pesquisa tem como objetivo avaliar o desempenho hidráulico dos sistemas de irrigação por gotejamento operando com efluente de reator anaeróbio.

---

## 2. Material e métodos

O projeto foi desenvolvido em três bancadas experimentais localizadas em ambiente protegido pertencente ao Laboratório de Irrigação e Drenagem, LEID, da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, no município de Campina Grande, PB. As coordenadas geográficas do local são: 7°12'52" de latitude Sul, 35°54'24" de longitude Oeste e altitude média de 550 m.

As bancadas experimentais possuem as seguintes dimensões: 0,60 m de largura por 4,40 m de comprimento, sendo apoiadas em cinco peças de 1,20 m de altura, distanciadas de 1,10 m,

onde foram instaladas quatro linhas laterais espaçadas em 0,15 m umas das outras. O sistema de irrigação por gotejamento era composto dos seguintes equipamentos: reservatório com capacidade para 500 litros (caixa d'água de fibra de vidro), o bombeamento para a bancada se deu por meio do conjunto eletrobomba da Kajima modelo QB 60 de ½ CV (monofásica) 220 V, um filtro de disco de 120 mesh, dois manômetros de glicerina (um na saída da bomba, outro na extremidade final da linha principal), válvula de retenção, registros globo, tubo de PVC, mangueira de polietileno, fita gotejadora e gotejadores.

Foram avaliados dois modelos de gotejadores, cujas especificações encontram-se apresentados na Tabela 1. Duas bancadas foram utilizadas para os testes com efluente tratado através do reator UASB (Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente). O reator UASB consiste de um leito de lodo, uma zona de sedimentação, e o separador de fase.

**Tabela 1.** Especificações técnicas dos gotejadores escolhidos para o estudo

Fabricante	Modelo	Vazão	DN	OS	Sistema de Funcionamento
		L h <sup>-1</sup>	Mm	kPa	
Naandanjain	Taldrip	1,7	17	50-300	NC*
Netafim1	PCJ-CNL saída cilíndrica	2,0	16	50-400	AC*

\*NC=Não compensante e AC=autocompensante

O experimento foi estruturado com duas bancadas operando sistemas de irrigação com água residuária submetida ao tratamento do reator UASB e uma bancada operando com água de abastecimento. Os ensaios foram realizados a partir da retirada de 4,40 m de fita gotejadora (17 mm) e da mangueira de polietileno com 16 mm para cada linha lateral, o espaçamento adotado foi o recomendado pelo fabricante para a fita gotejadora e, para a mangueira de polietileno foi utilizado o mesmo espaçamento para a inserção do botão gotejador, tal procedimento foi realizado visando submeter às mesmas condições dos diferentes modelos de gotejador para a posterior comparação do desempenho hidráulico para os dois modelos.

A coleta de dados foi amostral, conforme metodologia proposta por Deniculi et al. (1980). O sistema contou com quatro linhas laterais, em cada linha foram selecionados 8 gotejadores, totalizando 32 gotejadores por bancada. Os tratamentos consistiram em: sistema de irrigação por gotejamento operando com água de abastecimento e o gotejador PCJ-CNL saída cilíndrica (AA1), sistema de irrigação operando com água de abastecimento e a fita gotejadora Taldrip (AA2), sistema de irrigação operando com água residuária do reator UASB e o gotejador PCJ-CNL saída cilíndrica (AR1), sistema de irrigação operando com água residuária do reator UASB e a fita gotejadora Taldrip (AR2).

As coletas da água e do efluente nos ensaios das bancadas de irrigação, foram realizadas utilizando-se recipientes coletores de 300 ml, com cinco repetições, o período de tempo estipulado para cada repetição foi de cinco minutos, marcando-se este com o auxílio de um cronômetro, logo após a água foi quantificada através de provetas de 100 ml. A partir da coleta dos volumes de água foi possível determinar os indicadores de desempenho (vazão - q, coeficiente de uniformidade de distribuição - CUD, grau de entupimento - GE e, coeficiente de variação de vazão total - CVt).

Com volumes de água coletados nos gotejadores, determinou-se a vazão dos emissores a partir da equação 1, a seguir:

$$q = \frac{V}{1000 \cdot t} \cdot 60 \quad (1)$$

em que:

- q – vazão do gotejador, L h<sup>-1</sup>;
- V – volume de água coletada, mL;
- t – tempo de coleta da água, min.

Com a vazão dos gotejadores calculada, procedeu-se a determinar o coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), conforme a equação 2:

$$CUD = 100 \cdot \frac{q_{25}}{q} \quad (2)$$

- em que:
- CUD – coeficiente de uniformidade de distribuição de água, %;
  - q<sub>25</sub> – vazão média de 25% do total de provetas que receberam as menores precipitações, L h<sup>-1</sup>;
  - $\bar{q}$  – vazão média ponderada, considerando todas as provetas, L h<sup>-1</sup>.

O coeficiente de variação (CV) foi calculado conforme equação 3, a seguir:

$$CV = \frac{S_n}{q} \cdot 100 \quad (3)$$

- em que:
- CV – coeficiente de variação, %;
  - S<sub>n</sub> – desvio padrão da vazão dos gotejadores novos, L h<sup>-1</sup>;
  - $\bar{q}$  – vazão média ponderada do gotejador novo, L h<sup>-1</sup>.

A determinação do grau de entupimento (GE) dos gotejadores foi calculada a partir da equação 4.

$$GE = \left( 1 - \frac{q_{usado}}{q_{novo}} \right) \cdot 100 \quad (4)$$

- em que:
- GE – grau de entupimento, %;
  - q<sub>usado</sub> – vazão do gotejador usado, L h<sup>-1</sup>;
  - q<sub>novo</sub> – vazão do gotejador novo, L h<sup>-1</sup>.

Os dados foram tabulados em planilha eletrônica do programa computacional Excel e analisados pelo Software Minitab 15. As medidas estatísticas empregadas para os indicadores de desempenho foram: Média aritmética das vazões, Erro da média, Desvio padrão, Coeficiente de variação (CV), Valor mínimo encontrado (Qmin), Valor máximo encontrado (Qmax), simetria, curtose, valor de probabilidade do teste de hipótese (P valor) do teste de normalidade de Anderson-Darlin.

A análise estatística foi realizada em função do arranjo amostral do número de amostras (n) de vazões:

n = 832 - corresponde ao número de vazões coletadas ao longo do tempo, de cada

tratamento. Resulta da soma das vazões dos 32 emissores (e) nas 26 coletas.

n = 104 - as vazões dos 4 linhas laterais para cada tratamento nas 26 coletas; cada linha lateral (L) identificada pela sua ordem, L1, L2, L3 e L4.

n = 208- as vazões dos 8 emissores (e) de cada linha lateral nas 26 coletas, os 8 emissores (e) identificados pela sua posição conforme a metodologia de Deniculi et al. (1980).

e1- vazões dos 4 primeiros emissores de cada linha lateral;

e2 - vazões dos 4 emissores localizados a 1/7 do comprimento de cada linha lateral;

e3 - vazões dos 4 emissores localizados a 2/7 do comprimento de cada linha lateral;

e4 - vazões dos 4 emissores localizados a 3/7 do comprimento de cada linha lateral;

e5 - vazões dos 4 emissores localizados a 4/7 do comprimento de cada linha lateral;

e6 - vazões dos 4 emissores localizados a 5/7 do comprimento de cada linha lateral;

e7 - vazões dos 4 emissores localizados a 6/7 do comprimento de cada linha lateral;

e8 - vazões dos 4 emissores localizados no fim de cada linha lateral.

Salienta-se que os tratamentos AA1 e AA2 possuem apenas duas linhas laterais cada um, ficando o arranjo estatístico dos dados para gotejadores e linhas laterais com apenas duas repetições na bancada.

### 3. Resultados e discussão

Os indicadores de desempenho: vazão média ( $Q_m$ ), coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD) e coeficiente de variação de vazão total (CVt) e grau de entupimento (GE) para os tratamentos estudados, são apresentados na Tabela 2. Verifica-se que os valores médios dos tratamentos apresentaram: uniformidade de distribuição acima de 80%, sendo para os tratamentos AA1 e AR1, os valores de CUD variaram entre 96,57% e 84,86%, respectivamente; já para os tratamentos AA2 e AR2, os valores variaram de 97,31% a 89,25%, respectivamente. Fazendo-se um estudo geral das médias de CUD observadas pode-se afirmar que os tratamentos apresentaram uniformidade entre boa e excelente de acordo com Bralts (1986), além disso, observa-se que quando os sistemas de irrigação são submetidos à operação com efluente tratado, o tratamento que mantém o melhor CUD ao longo do tempo de funcionamento é o AR2, indicando preliminarmente que o gotejador utilizado nesse sistema apresenta um melhor desempenho para as condições estudadas. Com relação aos valores de vazão média observa-se que, para os tratamentos AA1 e AR1, ocorreu ao longo das 500 horas de funcionamento perda de vazão maior que 20% para o sistema operando com efluente tratado; já para os tratamentos AA2 e AR2 a redução de vazão foi da ordem de cerca de 8% para o tratamento com efluente tratado.

**Tabela 2.** Valores médios dos indicadores de desempenho hidráulico dos sistemas de irrigação por gotejamento

Tratamento	PS (Kpa)	$Q_m$ (L/h)	CUD (%)	CVt(%)	GE (%)
AA1	100	2,00	96,57	3,92	0,14
AA2	100	1,50	97,31	2,15	11,68
AR1	100	1,59	84,86	11,76	20,45

AR2	100	1,37	89,25	7,66	19,61
-----	-----	------	-------	------	-------

Ainda pela Tabela 2, quanto ao CVt para os sistemas de irrigação operando com água de abastecimento os coeficientes se mantiveram dentro da faixa recomendada pela Norma ABNT ISO 9261 (2006), já os sistemas que operaram com o efluente tratado apresentaram valores médios acima dessa faixa, estando assim, fora do padrão para sistemas de irrigação por gotejamento pela referida norma. Vale salientar que, a faixa de CV recomendada pela Norma ABNT ISO 9261 (2006) foi adotada para sistemas de irrigação operando com água de abastecimento. Quanto ao grau de entupimento (GE), o tratamento AA1 foi o que apresentou mínima perda de vazão (0,14%), a máxima perda observada foi para o tratamento AR1 (20,45%), demonstrando maior sensibilidade quanto ao entupimento; de modo geral, os tratamentos com água de abastecimento (AA1 e AA2) e os tratamentos com efluente doméstico tratado (AR1 e AR2), apresentaram grau de entupimento baixo e médio, respectivamente, de acordo com Morataet al. (2014).

Na Tabela 3, se encontra a análise da estatística descritiva para os dados de vazão no tratamento AA1 (sistema de irrigação operando com água de abastecimento e o gotejador PCJ-CNL com saída cilíndrica). Observa-se a partir dos dados da referida tabela que, em sua totalidade, as vazões (n=416) se mantiveram próximo à vazão de 2,00 L h<sup>-1</sup> no conduto (linhas laterais) ao longo do tempo de funcionamento do sistema de irrigação por gotejamento, o que era previsto por se tratar de um gotejador autocompensante, com exceção da linha 1 (L1) para os gotejadores sete (posição 19 na LL) e oito (posição 21 na LL) que excederam a proporção de 10% da variação de vazão na linha lateral, este incremento na vazão média dos referidos gotejadores pode ter ocorrido em razão da dilatação do material do tubo ao longo da linha lateral, já que sobre o final da linha na bancada de testes que operava com água de abastecimento ocorreu a incidência de luz solar durante as tardes no decorrer do período dos ensaios.

Tabela 3. Análise da estatística descritiva para o tratamento AA1 (água de abastecimento operando com o gotejador PCJ-CNL com saída cilíndrica) ao longo das 500 horas de funcionamento do sistema de irrigação

<b>N</b>	<b>Média q(L/h)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>CVt</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Mediana</b>	<b>Máximo</b>	<b>Assimetria</b>	<b>Curtose</b>
<b>416</b>	1,997	0,0808	4,05	1,826	1,981	2,335	1,51	2,98
<b>208 L1</b>	2,025	0,0924	4,56	1,882	1,990	2,335	1,42	1,24
<b>208 L2</b>	1,969	0,0551	2,8	1,826	1,969	2,124	0,16	0,34
<b>52 e1</b>	1,941	0,0565	2,91	1,826	1,939	2,035	-0,11	-1,07
<b>52 e2</b>	1,986	0,0433	2,18	1,882	1,976	2,059	0,07	-0,57
<b>52 e3</b>	1,959	0,0297	1,52	1,867	1,958	2,028	-0,40	1,42
<b>52 e4</b>	1,976	0,0267	1,35	1,898	1,978	2,040	-0,46	1,37
<b>52 e5</b>	1,966	0,0271	1,38	1,901	1,967	2,057	0,24	1,92
<b>52 e6</b>	2,015	0,0441	2,19	1,937	2,010	2,124	0,50	-0,30
<b>52 e7</b>	2,084	0,1157	5,55	1,860	2,072	2,323	0,11	-0,98



<b>e2</b>	1,519	0,0471	3,10	1,390	1,518	1,661		1,11
<b>52 e3</b>	1,497	0,0683	4,56	1,162	1,499	1,627	-2,26	10,61
<b>52 e4</b>	1,510	0,0522	3,46	1,385	1,513	1,625	-0,18	0,08
<b>52 e5</b>	1,502	0,0483	3,21	1,390	1,511	1,620	-0,20	0,27
<b>52 e6</b>	1,492	0,0531	3,56	1,368	1,502	1,615	-0,24	0,20
<b>52 e7</b>	1,502	0,0553	3,68	1,320	1,506	1,646	-0,68	2,30
<b>52 e8</b>	1,485	0,0604	4,06	1,342	1,498	1,620	-0,44	0,00

Na Tabela 5 observa-se a análise estatística para o tratamento AR1 (água residuária operando com o gotejador PCJ-CNL com saída cilíndrica). A partir da análise dos dados pôde-se verificar que, apesar de se tratar de um sistema de irrigação operando com gotejadores autocompensantes as médias das vazões (1,59 L h<sup>-1</sup>) apresentaram, na sua totalidade (n=832), perdas proporcionais de vazão na razão de aproximadamente 25%, o que é uma variação considerável e orienta que deve ocorrer mudança de estratégia de manejo para o método de irrigação localizado operando com efluentes. O coeficiente de variação de vazão total foi de 23,33% ultrapassando o valor recomendado pela norma ABNT NBR ISO 9261 (2006) evidenciando que o mecanismo de compensação automática do gotejador não obteve efeito durante parte do tempo transcorrido do experimento com o uso da água residuária.

Tabela 5. Análise da estatística descritiva para o tratamento AR1 (água residuária operando com o gotejador PCJ-CNL com saída cilíndrica) ao longo das 500 horas de funcionamento do sistema de irrigação

<b>N</b>	<b>q(L/h)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>CV</b>	<b>Min</b>	<b>Mediana</b>	<b>Max</b>	<b>Assimetria</b>	<b>Curtose</b>
<b>832</b>	1,591	0,3712	23,33	0,362	1,642	2,100	-0,600	-0,51
<b>208 L1</b>	1,552	0,4248	27,38	0,362	1,631	2,078	-0,630	-0,53
<b>208 L2</b>	1,645	0,3486	21,20	0,768	1,729	2,066	-0,730	-0,61
<b>208 L3</b>	1,575	0,0345	21,91	0,648	1,577	2,088	-0,370	-0,82
<b>208 L4</b>	1,593	0,3569	22,41	0,569	1,598	2,100	-0,500	-0,61



<b>104 e1</b>	1,760	0,3346	19,02	0,773	1,932	2,081	-1,280	0,48
<b>104 e2</b>	1,732	0,3204	18,50	0,900	1,878	2,057	-1,270	0,25
<b>104 e3</b>	1,606	0,3869	24,09	0,742	1,672	2,088	-0,500	-1,03
<b>104 e4</b>	1,583	0,3270	20,65	0,768	1,561	2,083	-0,230	-0,95
<b>104 e5</b>	1,538	0,3209	20,87	0,948	1,514	2,066	0,010	-1,09
<b>104 e6</b>	1,562	0,3642	23,32	0,362	1,606	2,033	-0,990	0,98
<b>104 e7</b>	1,498	0,3720	24,84	0,648	1,543	2,066	-0,160	-0,93
<b>104 e8</b>	1,451	0,4301	29,65	0,434	1,519	2,100	-0,410	-0,70

Na Tabela 6 tem-se a análise da estatística descritiva dos dados para o tratamento AR2 (água residuária operando com o gotejador Taldrip). De acordo com os dados observa-se que o sistema de irrigação operando com o gotejador não-compensante manteve uma média de (1,37 L h<sup>-1</sup>) na sua totalidade (n=832); desta forma, pode-se afirmar que o gotejador apresentou um decréscimo de vazão na ordem de 20% quando comparado com o gotejador novo. O coeficiente de variação de vazão total chegou a 16,91% ultrapassando o valor recomendado pela norma ABNT NBR ISO 9261 (2006), o que já era previsto em virtude do sistema estar operando com água residuária, que apresenta uma carga orgânica e físico-química diferenciada da água de abastecimento.

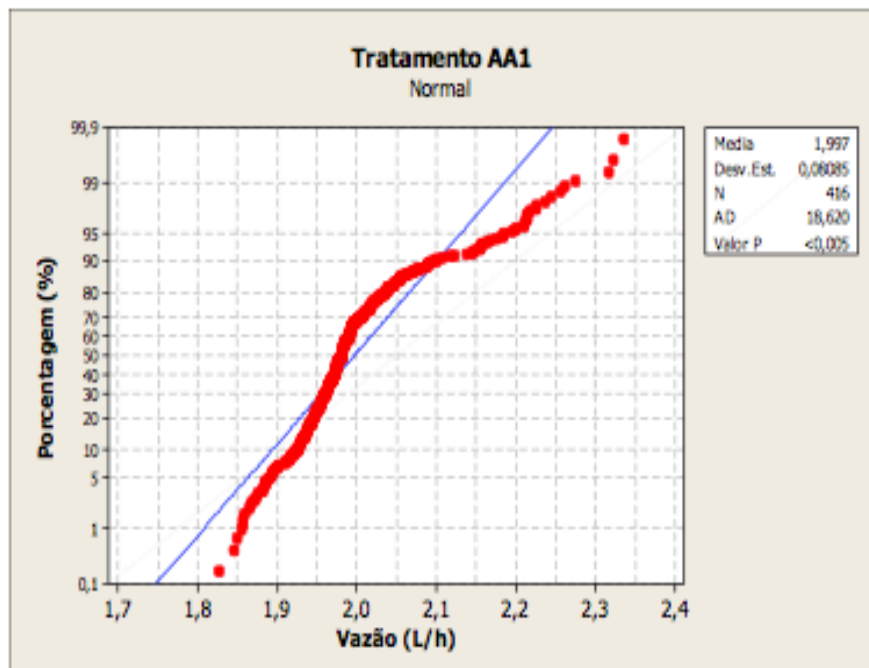
Tabela 6. Análise da estatística descritiva para o tratamento AR2 (água residuária operando com o gotejador Taldrip) ao longo das 500 horas de funcionamento do sistema de irrigação

<b>N</b>	<b>q(L/h)</b>	<b>Desvio Padrão</b>	<b>CV</b>	<b>Min</b>	<b>Mediana</b>	<b>Max</b>	<b>Assimetria</b>	<b>Curtose</b>
<b>832</b>	1,367	0,2311	16,91	0,084	1,457	1,598	-2,400	7,25
<b>208 L1</b>	1,368	0,2399	17,53	0,084	1,462	1,598	-2,680	8,90
<b>208 L2</b>	1,390	0,1769	12,72	0,614	1,466	1,582	-1,550	2,60
<b>208 L3</b>	1,353	0,2519	18,61	0,187	1,465	1,579	-2,140	5,01

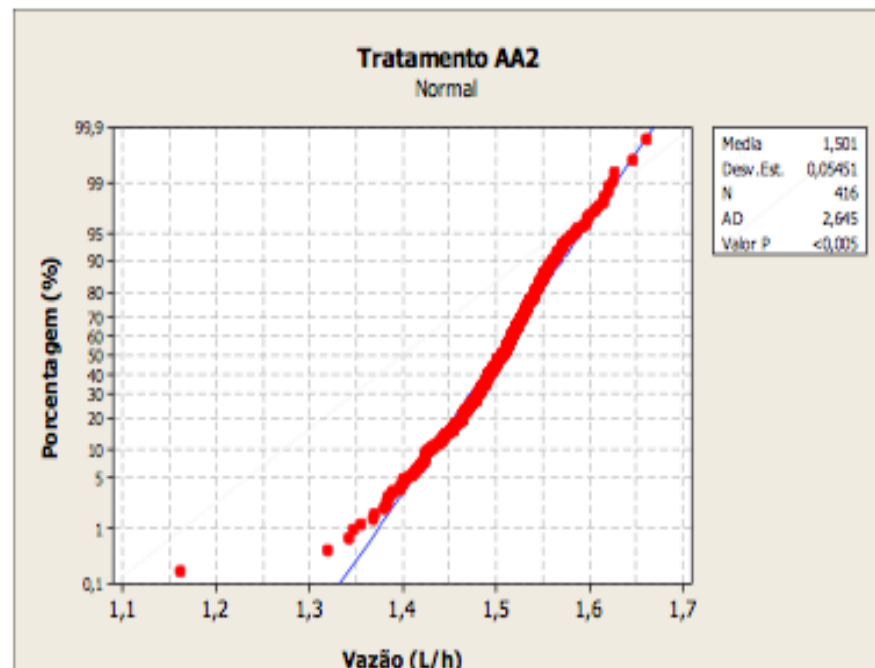
<b>208 L4</b>	1,356	0,2477	18,27	0,089	1,440	1,577	-2,490	7,56
<b>104 e1</b>	1,407	0,1428	10,15	0,977	1,466	1,579	-0,960	0,04
<b>104 e2</b>	1,396	0,1564	11,20	0,979	1,468	1,570	-0,780	-0,51
<b>104 e3</b>	1,385	0,1668	12,04	0,941	1,457	1,560	-0,920	-0,37
<b>104 e4</b>	1,386	0,2001	14,43	0,466	1,450	1,570	-2,110	5,44
<b>104 e5</b>	1,368	0,2456	17,95	0,470	1,465	1,598	-1,910	3,33
<b>104 e6</b>	1,381	0,1841	13,33	0,552	1,448	1,577	-1,760	4,13
<b>104 e7</b>	1,334	0,2823	21,17	0,187	1,447	1,577	-2,230	4,98
<b>104 e8</b>	1,279	0,3635	28,43	0,840	1,427	1,574	-1,930	2,75

A partir dos dados apresentados nas Tabelas 5 e 6, referentes à aplicação da estatística descritiva para os tratamentos AR1 e AR2, observa-se que apesar do tratamento AR2 ter operando com um gotejador não compensante apresentou melhores resultados que o AR1 quanto aos indicadores de desempenho vazão e coeficiente de variação, demonstrando que, para sistemas de irrigação por gotejamento operando com água residuária tratada, é mais relevante o desenho arquitetônico dos gotejadores do que o seu mecanismo de compensação. Troienet al. (2000) em seus estudos afirma que a sensibilidade ao problema de entupimento varia de acordo com as características do emissor e, Nakayama e Bucks (1991), completam a ideia da sensibilidade ao entupimento afirmando que tal parâmetro tem relação com a qualidade da água de irrigação quanto aos aspectos físicos, químicos e biológicos; corroborando com os resultados do presente estudo.

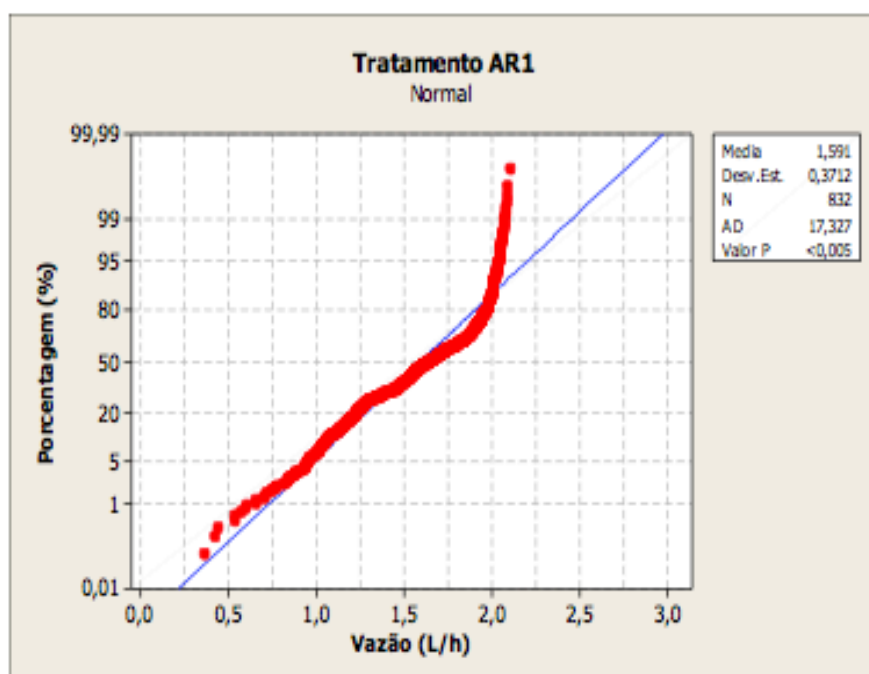
A partir da análise da Figura 1. (a) a (d) foi possível verificar, para os quatro tratamentos estudados que, com relação à aplicação do teste de normalidade de Anderson-Darlin a 5% de significância, os sistemas de irrigação por gotejamento apresentaram em todos os tratamentos (na sua totalidade) dados que seguiram um padrão de normalidade. Este fato é comprovado pelo "valor P" que não excedeu 5% demonstrando que, apesar dos sistemas de irrigação apresentar ao longo do tempo de funcionamento redução da sua vida útil, as vazões dos gotejadores se mantiveram dentro da normalidade estatística.



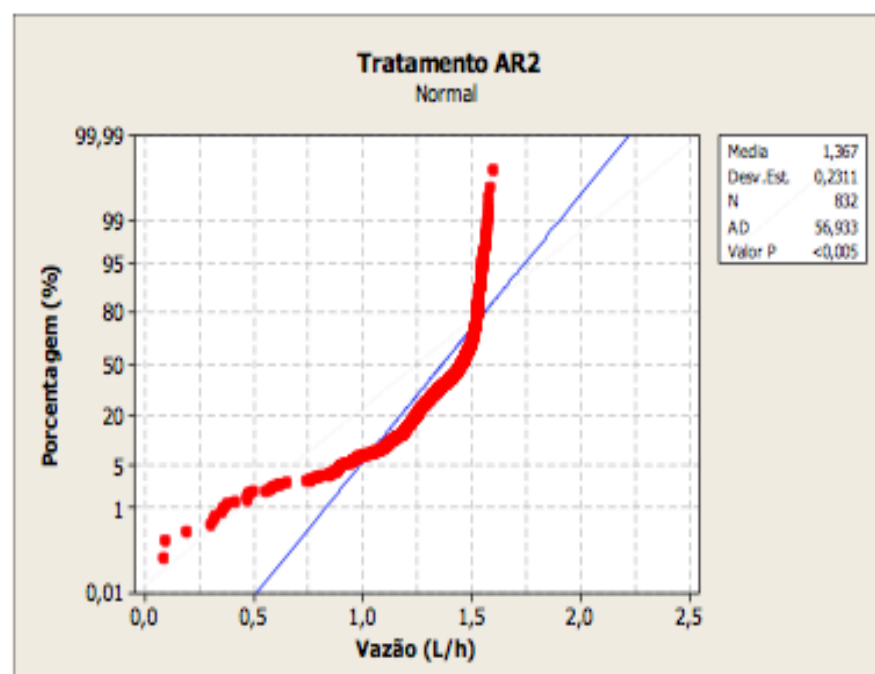
(a)



(b)



(c)



(d)

Figura 1. Gráficos de Normalidade para as vazões em sua totalidade para os tratamentos: (a) AA1; (b) AA2; (c) AR1 e (d) AR2

## 4. Conclusões

Para os sistemas de irrigação por gotejamento operando com água de abastecimento, embora tenham ocorrido algumas diferenças, de forma geral, os comportamentos foram semelhantes ao longo das 500 horas de funcionamento, fato que se deve, primordialmente, à qualidade da água que favoreceu o bom andamento dos sistemas e seus devidos manejos.

O desempenho dos sistemas de irrigação por gotejamento operando com efluente tratado foi diferenciado devido ao uso de tal fonte de água, verificou-se que o sistema de irrigação por gotejamento operando com o gotejador modelo PCJ-CNL com saída cilíndrica (AR1) é mais sensível ao entupimento, não tendo mantido o mecanismo de compensação durante todo o seu tempo de funcionamento, evidenciando que para sistemas de irrigação por gotejamento operando com efluente é mais relevante o desenho arquitetônico do gotejador do que o mecanismo de compensação.

Nos tratamentos com uso de água de abastecimento os indicadores de desempenho (Qm e CVt) se mantiveram dentro das normas vigentes, o CUD apresentou níveis excelente e o entupimento (GE) foi classificado como baixo.

---

## Referências bibliográficas

- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR ISO 9261. (2006) Equipamentos de irrigação agrícola – Emissores e tubos emissores – Especificação e métodos de ensaio. Rio de Janeiro. 17p.
- Batista, R. O. et al. (2013) Sensibilidade ao entupimento de gotejadores operando com água residuária de suinocultura. *Water Resources Irrigation Management*, v.2, n.1, p. 19-25.
- Bralts, V. F. (1986) Field performance and evaluation. In: NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. (Ed). *Trickleirrigation for crop production*. Amsterdam: Elsevier. p. 216-240.
- Deniculi, W.; Bernado, S.; Thiebaut, J. T. L. (1980) Uniformidade de distribuição de água em condições de campo num sistema de irrigação por gotejamento. *Revista Ceres, Viçosa-MG*, V.27, N.150. p.155-162.
- Duarte, A. S. (2006) Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*Capsicum annuum* L.). Tese (Doutorado em Agronomia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006. Piracicaba: São Paulo, 187 p.
- Gobbi, S. A. (2010) Remoção de ovos de helmintos de esgotos secundários, por meio de filtros rápidos de areia, carvão antracitoso e zeólito para reuso agrícola e urbano não potável. Dissertação (Mestrado em Engenharia Hidráulica e Sanitária). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 120 p.
- Hermes, E. (2010) Efeito da carga hidráulica e qualidade de água na uniformidade de sistema de irrigação por gotejamento. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Cascavel: Paraná.
- Merriam, J. L.; Keller, J. (1978) *Farm irrigation system evaluation: guide for management*. Logan: Utah State University, 276 p.
- Minitab. (2007) *Statistical Software English*. Minitab 15.1.1.0.StateCollege.
- Morata, G. T. al. (2014) Entupimento de gotejadores com uso de efluente de esgoto sob dois sistemas de filtragem. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.8, n. 2, p. 86 - 97.
- Nakayama, F. S.; Bucks, D. A. (1991) Waterquality in drip/trickleirrigation: A review. *Irrigation Science*, v.12, p.187-192.
- Nascimento, A. K. S. et al. (2009) Desempenho hidráulico e manejo da irrigação em sistema irrigado por microaspersão. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.3, p.39-45.
- Puig-Bargués, J. et al. (2005) Hydraulic performance of drip irrigation subunits using WWTP effluents. *Agricultural Water Management*, v.77, p.249-262.
- Silva, R. P. et al. (2007) Variabilidade espacial e controle estatístico do processo de perdas na colheita mecanizada do algodoeiro. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v. 27, n. 3, p.742-752.
- Trooien, T. P. et al. (2000) Subsurface drip irrigation using livestock wastewater: Drip-line flow rates. *AppliedEngineering in Agriculture*, v.16, p. 505-508.
- Werkema, M. C. (1995) *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos*. Belo Horizonte: FCO - UFMG, 404 p.

---

1. Possui graduação em Engenharia Agrícola pela UFCG, mestrado em Engenharia Agrícola pela UFLA, doutorado em Engenharia Agrícola pela UFCG e especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Sociedade de Ensino Superior e Assistência Técnica, E-mail: [djlf\\_deni@yahoo.com.br](mailto:djlf_deni@yahoo.com.br)

2. Possui graduação em Engenharia Agrícola pela UFCG, atualmente aluna no Mestrado em Engenharia Agrícola pela UFCG, E-mail: [mayramelo.ufcg@live.com](mailto:mayramelo.ufcg@live.com)

3. Possui graduação e mestrado em Engenharia Agrícola pela UFCG, atualmente aluno do doutorado em Engenharia

Agrícola pela UFCG, E-mail: [abel\\_henrique@yahoo.com.br](mailto:abel_henrique@yahoo.com.br)

4. Possui graduação e mestrado em Engenharia Agrícola pela UFPB, doutorado em Engenharia Agrícola pela UFV. Atualmente é Professor Associado IV da UFCG, E-mail: [antuneslima@gmail.com](mailto:antuneslima@gmail.com)

5. Possui graduação em Agronomia pela UFBA, mestrado em Engenharia Agrícola pela UFPB, doutorado em Engenharia Agrícola pela UFV. Atualmente é Pró-Reitor de Pesquisa e Inovação do IFBaiano, E-mail: [delfran.batista@gmail.com](mailto:delfran.batista@gmail.com)

6. Possui graduação, mestrado e doutorado em Engenharia Agrícola pela UFV, Atualmente é Professor Adjunto IV da UFERSA, E-mail: [rafaelbatista@ufersa.edu.br](mailto:rafaelbatista@ufersa.edu.br)

7. O uso dos modelos e marcas na referida pesquisa não significam seu endosso, restringindo-se apenas a elemento de estudo

---

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015  
Vol. 38 (Nº 22) Año 2017

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](mailto:webmaster)]

©2017. revistaESPACIOS.com • Derechos Reservados