

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ**  
**CAMPUS DE CASCAVEL**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE NA FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO**  
**SOB DIFERENTES INCLINAÇÕES**

**ALLAN REMOR LOPES**

**CASCAVEL – Paraná – Brasil**

**2019**

**ALLAN REMOR LOPES**

**CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE NA FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO  
SOB DIFERENTES INCLINAÇÕES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Antonio Vilas Boas

**CASCAVEL – Paraná – Brasil**

**2019**

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Lopes, Allan Remor

Controle estatístico da qualidade na fertirrigação por gotejamento sob diferentes inclinações / Allan Remor Lopes; orientador(a), Marcio Antonio Vilas Boas, 2020. 165 f.

Tese (doutorado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, 2020.

1. Gráficos de Controle. 2. Microirrigação. 3. Uniformidade. I. Vilas Boas, Marcio Antonio. II. Título.

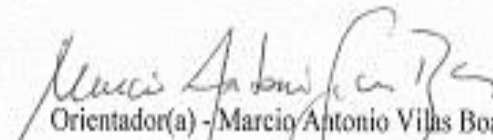
Revisora de inglês, português e normas: Dhandara Capitani.

Data das revisões: 5 de fevereiro de 2020.

## ALLAN REMOR LOPES

Controle estatístico da qualidade na fertirrigação por gotejamento sob diferentes inclinações

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, linha de pesquisa Recursos Hídricos, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



Orientador(a) - Marcio Antonio Villas Boas

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Mauricio Guy de Andrade

Universidade Federal do Paraná (UFPR)



Benedito Martins Gomes

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Flavio Daniel Szekut

União de Ensino do Sudoeste do Paraná - UNISEP (UNISEP)



Maritane Prior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Cascavel, 2 de dezembro de 2019

## **BIOGRAFIA**

Allan Remor Lopes nasceu em 12 de fevereiro de 1986 na cidade de Curitiba, Paraná, Brasil, e cursou Engenharia Agrícola na Universidade Estadual de Maringá (UEM), Campus do Arenito, em Cidade Gaúcha, Paraná, durante os anos de 2004 a 2010. Cursou o mestrado no Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Aplicada à Agricultura pela Universidade Paranaense (UNIPAR), Campus de Umuarama, Paraná, durante os anos de 2011 a 2013. Em 2016 ingressou no Programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI), nível doutorado, na área de concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, orientado pelo professor Dr. Marcio Antonio Vilas Boas.

A minha amada Camila Moreno Giarola, meu pai,  
Eduardo Lopes (*in memoriam*), e minha mãe,  
Assunta Maria Remor Lopes.

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, por ter me concedido sabedoria, disposição e saúde para que eu pudesse chegar até aqui;

Ao meu orientador, Marcio Antonio Vilas Boas, pelas longas conversas, pela amizade, a orientação, os ensinamentos, a confiança, a paciência e a fundamental colaboração para minha formação profissional e pessoal ao longo dos últimos quatro anos;

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE) e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI), pela oportunidade de realização desse curso;

À minha noiva Camila, que mesmo longe teve toda a compreensão, o apoio e a paciência nos momentos necessários, e especialmente dando sentido e amor a cada passo nesse período;

Agradeço a minha família, à minha mãe, Assunta Maria Remor Lopes, e ao meu irmão, Daniel Lopes, que sempre me apoiaram e incentivaram, e ao meu pai, Eduardo Lopes (*in memoriam*), que me ensinou os melhores e mais importantes valores da vida;

À banca avaliadora, pelas sugestões e correções;

Aos colegas Felix Augusto Pazuch e Luciano Dalla Corte, que sempre estiveram presentes nos ensaios, contribuindo com essa pesquisa;

A todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

# CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE NA FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO SOB DIFERENTES INCLINAÇÕES

## RESUMO GERAL

Para que um sistema de fertirrigação por gotejamento tenha um excelente funcionamento, sua uniformidade deve ser alta. A avaliação da uniformidade de um sistema de fertirrigação por gotejamento é baseada na verificação da vazão, pressão, condutividade elétrica e pH. A uniformidade é influenciada por diversos fatores, dentre eles a topografia do terreno. Para que a uniformidade seja monitorada com maior qualificação, é importante o uso de técnicas estatísticas, como o controle estatístico da qualidade, através dos gráficos de controle, de Shewhart, Média Móvel Exponencialmente Ponderada (EWMA), Soma Cumulativa (CUSUM) e Zonas, que possibilitam o seu monitoramento. Sendo assim, o objetivo do trabalho foi avaliar o processo da fertirrigação por gotejamento utilizando o controle estatístico da qualidade. O trabalho foi dividido em três artigos, com os objetivos específicos de avaliar a influência da inclinação do sistema na uniformidade da vazão da irrigação por gotejamento; a uniformidade de um sistema de fertirrigação por gotejamento com o uso do fosfato monopotássico (MKP); e a influência da inclinação na uniformidade de um sistema de fertirrigação por gotejamento com uso de turfa líquida. Os ensaios foram realizados em laboratório, com uma bancada, com menor influência de fatores externos. Em relação às diferentes inclinações na irrigação por gotejamento, a irrigação em declive foi a mais uniforme; nos sistemas em nível e aclive, as maiores vazões foram observadas no início das linhas, enquanto que no declive o final da linha apresentou as maiores vazões. O gráfico de Zonas se mostrou altamente sensível, quando comparado ao gráfico CUSUM e Shewhart. Para o uso do fosfato monopotássico (MKP) na fertirrigação, a utilização do MKP mostrou excelência na uniformidade da vazão, condutividade elétrica, pH e pressão. O sistema em nível se mostrou o mais uniforme, com maior uniformidade de todos os atributos analisados. Para a uniformidade da vazão, os gráficos de controle demonstraram que o sistema em nível esteve sob controle estatístico, e os sistemas em aclive e declive, não. Em todas as inclinações a uniformidade da pressão foi excelente, com índices próximos a 100%. No entanto, todos os gráficos de controle mostraram que o processo esteve fora de controle estatístico. A utilização da turfa líquida demonstrou que, em todas as inclinações, a vazão dos gotejadores aumenta e diminui durante a linha e a condutividade elétrica durante a linha diminui no aclive e aumenta no declive. A turfa líquida em todas as inclinações obteve uniformidade excelente para todos os parâmetros avaliados. O gráfico CUSUM se mostrou muito sensível no monitoramento da uniformidade da turfa líquida, quando comparado ao gráfico de Shewhart.

**PALAVRAS-CHAVE:** gráficos de controle; microirrigação; uniformidade.



# STATISTICAL QUALITY CONTROL IN DRIP FERTIGATION WITH DIFFERENT SLOPES

## ABSTRACT

For a drip fertigation system to function excellently, its uniformity must be high. The uniformity evaluation of a drip fertigation system is based on the verification of flow, pressure, electrical conductivity, and pH. Uniformity is influenced by several factors, including terrain topography. For uniformity to be better monitored, it is important to use statistical techniques, such as statistical quality control, through Shewhart control charts, Exponentially Weighted Moving Average (EWMA), Cumulative Sum (CUSUM) and Zones, which enable its monitoring. Thus, the objective of this work was to evaluate the process of drip fertigation using statistical quality control. The work was divided into three articles, with the specific objectives of evaluating the influence of the system slope on drip irrigation flow uniformity; the uniformity of a drip fertigation system using monopotassium phosphate (MKP); and the influence of slope on the uniformity of a drip fertigation system using liquid peat. The tests were performed in the laboratory, using a bench, with less influence of external factors. Regarding the different slopes in drip irrigation, downslope irrigation was the most uniform; as for the level and upslope systems, the highest flows were observed at the beginning of the lines, while for the downslope the end of the line presented the highest flows. Zones control chart was highly sensitive when compared to CUSUM and Shewhart control charts. For the use of Monopotassium Phosphate (MKP) in fertigation, the use of MKP showed excellence in uniformity of flow, electrical conductivity, pH, and pressure. The level system was the most uniform, with the highest uniformity of all attributes analyzed. For flow uniformity, the control charts showed that the level system was under statistical control and the upslope and downslope systems were not. In all slopes the pressure uniformity was excellent with indices close to 100%. However, all control charts showed that the process was out of statistical control. The use of liquid peat showed that at all slopes, the drip flow increases and decreases throughout line, and the electrical conductivity throughout the line decreases at upslope and increases at downslope. Liquid peat on all slopes obtained excellent uniformity for all parameters evaluated. The CUSUM control chart was very sensitive in monitoring the uniformity of liquid peat when compared to the Shewhart control chart.

**KEYWORDS:** control charts; microirrigation; uniformity.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELAS</b> .....	xi
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	xii
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	1
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	3
2.1 Objetivo Geral.....	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	4
3.1 Irrigação por gotejamento .....	4
3.2 Fertirrigação.....	4
3.3 Avaliação de sistemas de fertirrigação por gotejamento .....	5
3.4 Uniformidade em sistemas de fertirrigação por gotejamento.....	6
3.5 Controle estatístico da qualidade .....	6
3.6 Gráficos de controle.....	7
<b>4 REFERÊNCIAS</b> .....	9
<b>5 ARTIGOS</b> .....	12
5.1 ARTIGO 1: CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE NA UNIFORMIDADE DA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO COM DIFERENTES INCLINAÇÕES.....	12
5.1.1 INTRODUÇÃO.....	12
5.1.2 MATERIAL E MÉTODOS .....	13
5.1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	17
5.1.4 CONCLUSÕES.....	24
5.1.5 REFERÊNCIAS .....	25
5.2 ARTIGO 2: MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO UTILIZANDO FOSFATO MONOPOTÁSSICO .....	28
5.5.1 INTRODUÇÃO.....	29

<b>5.2.2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>31</b>
<b>5.2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>35</b>
<b>5.2.4 CONCLUSÕES .....</b>	<b>45</b>
<b>5.2.5 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>46</b>
<b>5.3 ARTIGO 3: CONTROLE DA QUALIDADE DA FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO COM TURFA LÍQUIDA.....</b>	<b>50</b>
<b>5.3.1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>51</b>
<b>5.3.2 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>52</b>
<b>5.3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>57</b>
<b>5.3.4 CONCLUSÕES.....</b>	<b>65</b>
<b>5.3.5 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>66</b>
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>69</b>
<b>APÊNDICE .....</b>	<b>70</b>

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

Tabela 1 Classificação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) .....	21
Tabela 2 Pontuações para cada sigma do gráfico de Zonas.....	21
Tabela 3 Parâmetros físico-químicos para a água utilizada na irrigação por gotejamento com diferentes inclinações .....	24
Tabela 4 Estatística descritiva dos coeficientes de uniformidade CUC e CUD da vazão dos 25 ensaios de um sistema de irrigação por gotejamento em nível, aclave e declive .....	26

### ARTIGO 2

Tabela 1 Classificação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) .....	45
Tabela 2 Classificação do Coeficiente de Uniformidade de Pressão (CUP) .....	46
Tabela 3 Parâmetros físico-químicos da solução com MKP.....	49
Tabela 4 Estatística descritiva do CUC da vazão dos 25 ensaios de um sistema de fertirrigação por gotejamento com MKP em nível, aclave e declive .....	51
Tabela 5 Estatística descritiva do CUC do pH dos 25 ensaios de um sistema de fertirrigação por gotejamento com MKP em nível, aclave e declive .....	54
Tabela 6 Estatística descritiva do CUC da CE dos 25 ensaios de um sistema de fertirrigação por gotejamento com MKP em nível, aclave e declive .....	56
Tabela 7 Estatística descritiva do Coeficiente de Uniformidade da Pressão dos 25 ensaios de um sistema de fertirrigação por gotejamento com MKP em nível, aclave e declive.....	59

### ARTIGO 3

Tabela 1 Características físico-químicas da turfa líquida utilizada no experimento .....	75
Tabela 2 Classificação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) .....	77
Tabela 3 Classificação do Coeficiente de Uniformidade de Pressão (CUP).....	78
Tabela 4 Estatística descritiva do CUC da vazão dos 25 ensaios de um sistema de fertirrigação por gotejamento com turfa líquida em nível, aclave e declive.....	81
Tabela 5 Estatística descritiva do CUC do pH dos 25 ensaios de um sistema de fertirrigação por gotejamento com turfa líquida em nível, aclave e declive.....	83
Tabela 6 Estatística descritiva do CUC da CE dos 25 ensaios de um sistema de fertirrigação por gotejamento com turfa líquida em nível, aclave e declive.....	85
Tabela 7 Estatística descritiva do CUP dos 25 ensaios de um sistema de fertirrigação por gotejamento com turfa líquida em nível, aclave e declive.....	87

## LISTA DE FIGURAS

### ARTIGO 1

Figura 1 Ilustração da bancada de testes utilizada no LIF .....	19
Figura 2 Mapas de distribuição da vazão em Nível, Aclive e Declive .....	25
Figura 3 Gráficos de Controle de Shewhart para CUC em Nível, Aclive e Declive.....	27
Figura 4 Gráficos de Controle de Shewhart para CUD em Nível, Aclive e Declive.....	28
Figura 5 Gráficos de Controle de Zonas para CUC em Nível, Aclive e Declive .....	29
Figura 6 Gráficos de Controle de Zonas para CUD em Nível, Aclive e Declive .....	30
Figura 7 Gráficos de Controle CUSUM para CUC em Nível, Aclive e Declive.....	31
Figura 8 Gráficos de Controle CUSUM para CUD em Nível, Aclive e Declive.....	32

### ARTIGO 2

Figura 1 Ilustração da bancada de testes utilizada no LIF .....	43
Figura 2 Mapa de distribuição da vazão em Nível, Aclive e Declive.....	50
Figura 3 Entupimento no tubo gotejador ocasionado pelo fertilizante MKP .....	52
Figura 4 Gráficos de Controle Shewhart para CUC da vazão em Nível, Aclive e Declive ....	53
Figura 5 Gráficos de Controle EWMA para CUC da vazão em Nível, Aclive e Declive .....	54
Figura 6 Gráficos de Controle Shewhart para CUC do pH em Nível, Aclive e Declive .....	55
Figura 7 Gráficos de Controle EWMA para CUC do pH em Nível, Aclive e Declive. ....	56
Figura 8 Gráficos de Controle Shewhart para CUC da Condutividade Elétrica em Nível, Aclive e Declive.....	57
Figura 9 Gráficos de Controle EWMA para CUC da Condutividade Elétrica em Nível, Aclive e Declive.....	58
Figura 10 Gráficos de Controle Shewhart para Coeficiente de Uniformidade da Pressão em Nível, Aclive e Declive .....	59
Figura 11 Gráficos de Controle EWMA para Coeficiente de Uniformidade da Pressão em Nível, Aclive e Declive .....	60

### ARTIGO 3

Figura 1 Ilustração da bancada de testes utilizada no LIF .....	74
Figura 2 Mapa de distribuição da vazão em Nível, Aclive e Declive.....	80
Figura 3 Gráficos de Controle Shewhart para CUC da vazão em Nível, Aclive e Declive ...	82
Figura 4 Gráficos de Controle CUSUM para CUC da vazão em Nível, Aclive e Declive .....	83
Figura 5 Gráficos de Controle Shewhart para CUC do pH em Nível, Aclive e Declive .....	84
Figura 6 Gráficos de Controle CUSUM para CUC do pH em Nível, Aclive e Declive .....	85

Figura 7 Gráficos de controle Shewhart para CUC da condutividade elétrica em Nível, Aclive e Declive.....	86
Figura 8 Gráficos de controle CUSUM para CUC da condutividade elétrica em Nível, Aclive e Declive.....	87
Figura 9 Gráficos de controle Shewhart para CUP em Nível, Aclive e Declive.....	88
Figura 10 Gráficos de controle CUSUM para CUP em Nível, Aclive e Declive.....	89

## 1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial e a necessidade do aumento da produção de alimentos (SAATH; FACHINELLO, 2018), a agricultura necessita se modernizar, possibilitando aumentar sua produtividade, com redução de custos e impactos ambientais. Para esse aumento de produtividade, é necessário o uso de tecnologias, como a agricultura de precisão, a mecanização agrícola, o melhoramento genético e a irrigação, dentre outros (PETRY et al., 2019).

Para uma agricultura irrigada moderna, se faz necessário uma melhor utilização da água, e o sistema por gotejamento é aquele sistema em que se possui maior eficiência e uniformidade, promovendo melhor qualidade de produção, menores impactos ambientais e melhor uso da água na agricultura (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2008).

Além da irrigação por gotejamento promover uma melhor utilização da água, ainda possibilita o uso de fertilizantes associados à irrigação, a fertirrigação. Essa técnica promove diversos benefícios, como economia na mão-de-obra, rapidez na aplicação de fertilizantes, aumento de produção, economia de fertilizantes, melhor distribuição de fertilizantes no perfil do solo, adubação segundo necessidade das culturas em cada estágio de desenvolvimento e menor dano ao solo (BISCARO, 2014).

Como forma de se avaliar um sistema de irrigação por gotejamento, emprega-se um índice de avaliação denominado de uniformidade de aplicação de água. Esse índice caracteriza um sistema de irrigação em função da diferença de volume de água aplicado pelos emissores ao longo da linha lateral (NASCIMENTO et al., 2009). Para a fertirrigação, além da pressão e da vazão, o pH e a condutividade elétrica são parâmetros que devem ser monitorados (BERNERT et al., 2015).

Diversos fatores afetam a uniformidade de um sistema de fertirrigação por gotejamento: pressão de serviço, entupimentos, tipo de fertilizante, tempo de uso, perdas de carga, variações de vazão e inclinação das linhas. Para Suszek et al. (2019), o acompanhamento da uniformidade pode prevenir ou mostrar problemas no sistema.

O monitoramento da fertirrigação por gotejamento é essencial para que os sistemas apresentem altas uniformidades, podendo este monitoramento ser realizado pelo controle estatístico da qualidade, através de gráficos de controle, verificando as variabilidades existentes. O uso de ferramentas de controle na identificação de problemas causados com base na inclinação e na qualidade da água na irrigação é de extrema importância, uma vez que a metodologia utilizada para avaliar a uniformidade pode estar sujeita a erros (SILVA et al., 2016).

Com o intuito de expandir o uso das técnicas de controle estatístico da qualidade para a fertirrigação, este trabalho foi dividido em três artigos. O primeiro artigo se refere à avaliação da uniformidade de distribuição de um sistema de irrigação por gotejamento em diferentes

inclinações, sendo monitorados por diferentes gráficos de controle. O segundo artigo se reporta à influência da inclinação de um sistema de fertirrigação por gotejamento utilizando fosfato monopotássico. No terceiro artigo, a uniformidade de um sistema de fertirrigação por gotejamento com turfa líquida é monitorada por gráficos de controle.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral da pesquisa foi avaliar o processo da fertirrigação por gotejamento utilizando o controle estatístico da qualidade.

### **2.2 Objetivos Específicos**

Avaliar a utilização dos gráficos de controle de Shewhart, CUSUM e Zonas na uniformidade de distribuição da vazão de um sistema de irrigação por gotejamento sob diferentes inclinações;

Verificar a influência da inclinação de um sistema de fertirrigação por gotejamento com fosfato monopotássico na uniformidade da vazão, pH, condutividade elétrica e pressão através dos gráficos de controle de Shewhart e EWMA;

Avaliar a utilização dos gráficos de controle de Shewhart e CUSUM na uniformidade da vazão, pH, condutividade elétrica e pressão em um sistema de fertirrigação por gotejamento com turfa líquida em diferentes inclinações.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Irrigação por gotejamento

A irrigação por gotejamento se caracteriza pela aplicação da água diretamente sobre a região radicular, em pequenas intensidades (2 a 20 L h<sup>-1</sup>), porém com alta frequência, mantendo a umidade do solo próxima à capacidade de campo (OMOFUNMI; ILESANMI; ORISABINONE, 2019). A irrigação por gotejamento possui emissores, denominados de gotejadores, através dos quais a água escoar após ocorrer uma dissipação de pressão ao longo da rede de condutos (MANTOVANI; BERNARDO; PALARETTI, 2009).

A aplicação de água no solo, na irrigação por gotejamento, é sob forma de “ponto fonte”, ficando a superfície do solo com uma área molhada com forma circular e o seu volume molhado com forma de um bulbo. Quando os pontos de gotejamento são próximos uns dos outros, forma-se uma faixa molhada contínua (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2008).

Dentre as principais vantagens da irrigação por gotejamento, têm-se: Maior eficiência no uso de água, maior produtividade, maior eficiência na adubação, maior eficiência no controle fitossanitário, não interferência nas práticas culturais, adaptação a solos e topografia, utilização com água salina ou em solos salinos e economia de mão-de-obra (BERNARDO; SOARES; MANTOVANI, 2008).

Entretanto, apesar dos pontos positivos, a irrigação por gotejamento apresenta suas limitações, dentre elas o entupimento dos emissores, que acaba afetando sua uniformidade de distribuição de água (LIMA et al., 2017). Para Silva et al. (2012), além do entupimento, a pressão de serviço do emissor, a velocidade da água na tubulação e o alinhamento da linha lateral podem afetar a uniformidade de distribuição.

#### 3.2 Fertirrigação

Entende-se por fertirrigação a aplicação de fertilizantes necessários às culturas através da água de irrigação. Para isto, utiliza-se a própria estrutura dos sistemas de irrigação (FOLEGATTI, 1999).

Comparada com as técnicas convencionais de aplicação de fertilizantes, a fertirrigação apresenta as seguintes vantagens: economia de mão-de-obra e energia, redução da compactação do solo e danos mecânicos às culturas, eficiência de uso e economia de fertilizantes, controle e flexibilidade de aplicação, distribuição do fertilizante e comodidade (FRIZZONE et al., 2012).

Embora a fertirrigação tenha muitas vantagens, apresenta também algumas limitações: corrosão do sistema de irrigação, escolha do fertilizante, reação química dos

fertilizantes dentro do sistema de irrigação, contaminação, custos, manejo por pessoal especializado e baixa uniformidade (FRIZZONE et al., 2012).

Há inúmeros fertilizantes que podem ser utilizados na fertirrigação. No entanto, a escolha deve ser precedida de um estudo das características dos produtos, para que sua utilização seja adequada aos demais elementos envolvidos (sistema de irrigação, solo, água e planta) (FRIZZONE et al., 2012).

Para serem utilizados em fertirrigação, os fertilizantes devem apresentar algumas características. As principais exigências para um fertilizante ser usado em fertirrigação são: apresentar boa solubilidade em água, ser compatível com outros fertilizantes, ser puro e não ser corrosivo nem de manejo perigoso (BISCARO, 2014).

Os fertilizantes utilizados na fertirrigação variam em relação a sua forma (líquidos ou sólidos), seus componentes (nitrogenados, potássicos, fosfatados e demais nutrientes) e sua origem (mineral, orgânica e organomineral).

### **3.3 Avaliação de sistemas de fertirrigação por gotejamento**

A avaliação de um sistema de fertirrigação por gotejamento é um procedimento pelo qual se pode comprovar o correto funcionamento de dito sistema, de forma que possa cumprir o objetivo primordial da fertirrigação: satisfazer as necessidades nutricionais da planta. Ao mesmo tempo, a avaliação permitirá observar se os materiais usados na instalação e suas características estão adequados (VILAS BOAS, 2016).

A avaliação da operação dos sistemas de fertirrigação está ligada a diversos parâmetros no desempenho, como vazão, pressão, condutividade elétrica e pH da solução a ser aplicada (BERNERT et al., 2015).

É essencial para o dimensionamento e o manejo de um sistema de irrigação por gotejamento que haja informações referentes à vazão e à pressão dos emissores (NAKAYAMA; BUCKS, 1986). A pressão é definida como uma força normal exercida por um fluido por unidade de área (ÇENGEL; SIMBALA, 2015). Para uma irrigação eficiente, é necessária a avaliação das condições da pressão dentro do sistema de irrigação (SILVA; SILVA, 2005).

Além da vazão e da pressão, são usados a avaliação da condutividade elétrica e do pH na fertirrigação. Basicamente, a condutividade elétrica da água de irrigação considera a quantidade total de sais presentes na água. Devido aos perigos que a salinidade pode ocasionar, se torna necessário um monitoramento frequente da condutividade elétrica da solução utilizada na irrigação.

O monitoramento do pH da solução é extremamente necessário, pois vários fertilizantes, dependendo da sua concentração, causam a acidificação da solução devido aos seus constituintes e às reações geradas pelo processo (BISCARO, 2014). Para Almeida et al.

(2013), o parâmetro que rege as reações químicas é o pH da solução, pois influencia a precipitação nas tubulações, interferindo na eficiência da aplicação de água e fertilizantes.

Os sistemas de irrigação por gotejamento, dimensionados adequadamente e operando com emissores de qualidade, quando instalados no campo podem sofrer a influência de fatores (temperatura, topografia, entupimentos) não considerados na concepção do projeto. Para avaliar o efeito desses fatores na qualidade do sistema de irrigação, ensaios devem ser realizados (PRADO et al., 2014).

### **3.4 Uniformidade em sistemas de fertirrigação por gotejamento**

A uniformidade de distribuição representa a variabilidade da vazão dentro de um sistema de irrigação. Existem vários meios de se obter a uniformidade de distribuição de sistemas de irrigação, sendo que o mais difundido é o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) (JUSTI; SAIZAKI, 2015).

A uniformidade de aplicação de água no gotejamento está intimamente relacionada com a variação da vazão dos gotejadores, variação esta devida às perdas de energia por atrito ao longo do tubo e nas inserções dos gotejadores, ganho ou perda de energia de posição, qualidade da matéria prima e dos processos de fabricação, obstruções e efeitos da temperatura da água sobre o regime de escoamento e geometria do gotejador (SILVA et al., 2012).

Gil et al. (2008) relatam que uma uniformidade de distribuição baixa indica que áreas isoladas da irrigação recebem mais água e fertilizante, resultando em desenvolvimento desuniforme das plantas. Para Ribeiro et al. (2014), a uniformidade é de fundamental importância na fertirrigação, pois com sua prática sucessiva algumas plantas podem receber quantidade menor de fertilizantes que outras, respondendo diferentemente na produção.

Além da uniformidade da vazão dos gotejadores e da pressão, na fertirrigação por gotejamento, as determinações da uniformidade da condutividade elétrica e do pH devem ser consideradas devido à importância desses parâmetros no manejo da fertirrigação (BERNERT et al., 2015).

### **3.5 Controle estatístico da qualidade**

O controle estatístico da qualidade é um conjunto de ferramentas que permite solucionar problemas e obter estabilidade no processo, reduzindo sua variabilidade. Várias informações dos parâmetros são fornecidas, permitindo monitoramento e maior eficiência. O objetivo fundamental do controle estatístico da qualidade é detectar rapidamente mudanças e causas não identificadas no processo (MONTGOMERY, 2016).

A técnica de controle estatístico da qualidade prevê que um sistema está sujeito a alterações e variações, sendo importante avaliar se são significativas. Quando um processo está sob controle estatístico, este se apresenta dentro dos limites de controle inferior e superior, e pode, assim, ser considerado como um bom processo (BORGES; FERREIRA; OLIVEIRA, 2008).

Para Silva et al. (2016), o uso do controle estatístico da qualidade não garante a solução de todos os problemas do processo, mas é um caminho lógico, racional e organizado para determinar onde os problemas estão e para encontrar maneiras de resolvê-los. Chinchilla et al. (2018) afirmam que o controle estatístico da qualidade pode ser uma ferramenta poderosa no monitoramento de sistemas de irrigação, a fim de estabelecer medidas corretivas em tempo hábil.

### **3.6 Gráficos de controle**

Um gráfico de controle é representado, basicamente, por linhas paralelas e horizontais, dispostas em um eixo cartesiano. A linha central representa o valor médio da característica sob investigação e as outras linhas são representadas simetricamente em relação à linha central e encontram-se os limites inferior e superior. Os pontos incluídos no gráfico representam as médias ou as medidas de cada subamostra (ZANINI et al., 2016).

O gráfico de controle é o método mais usado para monitorar o desempenho de um processo ao longo do tempo (VIEIRA, 2014). Um gráfico de controle é uma representação gráfica dos resultados das medidas amostrais de um processo. Um gráfico de controle é construído a partir dos eixos do sistema de coordenada (x e y), onde são plotados a linha central, os limites de advertência (superior e inferior) e os limites de controle (superior e inferior) (RAMOS; ALMEIDA; ARAÚJO, 2013).

Wadsworth Jr. (1986) afirmam que o gráfico de controle é uma das mais úteis ferramentas para estudar a variação, visto que ele mostra a quantidade e a natureza da variação ao longo do tempo, indica a presença de controle estatístico ou a falta dele, e torna possível a interpretação dos padrões e a detecção das mudanças.

Os gráficos de controle mais utilizados são os de Shewhart, devido a sua simplicidade de construção e interpretação, sendo aplicado em situações em que a amostra consiste em uma única unidade (MONTGOMERY, 2016). O sucesso dos gráficos de Shewhart é devido à sua simplicidade, na qual a facilidade da regra de decisão se baseia apenas no exame do último ponto observado. Porém, esta é também uma grande desvantagem, pois ignora qualquer informação dada pela sequência anterior de pontos, o que torna o gráfico de Shewhart relativamente insensível a pequenas mudanças no processo (WALTER et al., 2013).

No gráfico de controle EWMA, a decisão sobre o processo é baseada na informação de cada subgrupo racional com um percentual de peso dos anteriores. Dessa forma, pode-se

conseguir detectar menores desajustes que possam estar ocorrendo na média da variável resposta Y, em relação ao gráfico de Shewhart (RIBEIRO JÚNIOR, 2013). O gráfico de controle EWMA é muito utilizado para detectar pequenas variações nos dados, fornecendo uma estimativa da nova média do processo, a qual poderá mudar a característica da qualidade desejada. Este gráfico acumula informações sucessivas, ponderando as amostras e atribuindo maior peso para as informações mais recentes (FRIGO et al., 2016).

Os gráficos de controle CUSUM guardam informações acumuladas de toda a sequência de pontos, e por isso tornam-se mais sensível para detectar pequenos desvios da média de um processo, sendo capazes de reconhecer rapidamente pequenas alterações. É um gráfico de controle avançado, desenvolvido para situações específicas, mas que ao mesmo tempo minimiza a ocorrência de alarmes falsos (SAMOHYL, 2012).

Vilas Boas (2016) cita que o uso de gráficos de controle na irrigação proporciona diversos benefícios: atendimento às normas da qualidade de irrigação, monitoramento de erros sistemáticos no processo de irrigação, informações quanto ao status do processo de irrigação, cálculo da incerteza da medição na irrigação, evidência objetiva para a demonstração da qualidade nas medições e fonte de dados históricos sobre o processo de medida na irrigação.

A utilização dos gráficos de controle para a avaliação de sistemas de irrigação já é consagrada. Zocoler et al. (2015) verificaram pelo gráfico de Shewhart que curvas características de vazão em um sistema de gotejamento operando com água salina permaneceram dentro do limite de controle. Em um estudo proposto por Andrade et al. (2017), em que foi avaliado a uniformidade de um sistema de irrigação por microaspersão com energia fotovoltaica, o gráfico EWMA determinou pequenas variações e momentos exatos da variabilidade do processo. Para Frigo et al. (2016), o gráfico CUSUM, quando comparado aos gráficos de Shewhart e EWMA, foi considerado o mais sensível, pois detectou variações climáticas que interferiram na uniformidade de um sistema de irrigação por aspersão convencional. No entanto, o estudo da fertirrigação com alguns tipos de fertilizantes em diferentes situações topográficas ainda é limitado.

#### 4 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, C. D. G. C.; SILVA, S. S.; ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; SILVA, E. F. F. Susceptibilidade ao entupimento de microtubos gotejadores sob fertirrigação. **Irriga**, v. 18, n. 3, p. 454-470, 2013.
- ANDRADE, M. G.; VILAS BOAS, M. A.; SIQUEIRA, J. A. C.; DIETER, J.; SATO, M.; HERMES, E.; MERCANTE, E.; TOKURA, L. K. Statistical quality control for the evaluation of the uniformity of microsprinkler irrigation with photovoltaic solar energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 78, p. 743-753, 2017.
- BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8 ed. Viçosa: Editora UFV, 2008.
- BERNERT, M. R.; ESCHEMBACK, V.; JADOSKI, S. O.; LIMA, A. S.; POTT, C. A. Características do pH e condutividade elétrica no manejo de fertirrigação. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 8, n. 1, p. 80-87, 2015.
- BISCARO, G. A. **Sistemas de irrigação localizada**. 1 ed. Dourados: Editora UFGD, 2014.
- BORGES, R. C.; FERREIRA, E. B.; OLIVEIRA, M. S. Estudo do padrão de não-aleatoriedade "sequência" controle estatístico do processo. **Symposium**, v. 6, n. 2, p. 31-35, 2008.
- ÇENGEL, Y. A.; CIMBALA, J. M. **Mecânica dos fluidos: fundamentos e aplicações**. 3 ed. Porto Alegre: AMGH, 2015.
- CHINCHILLA, S. R. A.; SILVA, E. F. F.; ALMEIDA, C. D. G. C.; SILVA, A. O.; SANTOS, P. R. Statistical process control in the assessment of drip irrigation using wastewater. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 1, p. 47-54, 2018.
- FOLEGATTI, M. V. **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. 1 ed. Guaíba: Agropecuária, 1999.
- FRIGO, J. F.; VILAS BOAS, M. A.; FRIGO, J. P.; FRIGO, E. P. Comparação entre gráficos de controle de Shewhart, CUSUM e MMEP no processo de irrigação por aspersão convencional. **Irriga**, Edição especial, p. 56-70, 2016.
- FRIZZONE, J. A.; FRETAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: gotejamento e microaspersão**. 1 ed. Maringá: EDUEM, 2012.
- GIL, M.; SINOBAS, L. R.; JUANA, L.; SANCHEZ, R. Emitter discharge variability of subsurface drip irrigation in uniform soils: Effect on water-application uniformity. **Irrigation Science**, v. 26, p. 451-458, 2008.
- JUSTI, A. L.; SAIZAKI, P. M. Desempenho da irrigação e fertirrigação avaliadas por controle estatístico de qualidade. **Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 6, p. 541-551, 2016.
- LIMA, M. G. M.; DANTAS NETO, J.; FERREIRA, D. J. L.; GOMES, A. H. S.; VASCONCELOS, G. N. Comportamento hidráulico de sistema de irrigação por gotejamento em função da pressão de serviço adotada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 1, p. 167-171, 2017.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. 3 ed. Viçosa: Editora UFV, 2009.
- MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

- NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production, design, operation and management**. 1 ed. New York: Elsevier, 1986.
- NASCIMENTO, J. M. S.; LIMA, L. A.; CARARO, D. C.; CASTRO, E. M.; SILVA, M. V. G. Avaliação da uniformidade de aplicação de água em um sistema de gotejamento para pequenas propriedades. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1728-1733, 2009.
- OMOFUNMI, O. E.; ILESANMI, O. A.; ORISABINONE, T. Performance evaluation of hydraulic parameters of a developed drip irrigation system. **Malaysian Journal of Civil Engineering**, v. 31, n. 2, p. 9-16, 2009.
- PETRY, J. F.; SEBASTIÃO, S. A.; MARTINS, E. G.; BARROS, P. B. A. Inovação e difusão de tecnologia na agricultura de várzea na Amazônia. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 23, n. 5, p. 619-635, 2019.
- PRADO, G.; NUNES, L. H.; TINOS, A. C. Avaliação técnica de dois tipos de emissores empregados na irrigação localizada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 1, p. 12-25, 2014.
- RAMOS, E. M. L. S.; ALMEIDA, S. S.; ARAÚJO, A. R. **Controle estatístico da qualidade**. 1 ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- RIBEIRO, P. H. P.; TEIXEIRA, M. B.; COELHO, R. D.; UYEDA, C. A.; DANTAS NETO, J. Caracterização hidráulica e histerese em tubos gotejadores utilizados na irrigação subsuperficial. **Irriga**, v. 19, n. 3, p. 430-440, 2014.
- RIBEIRO JÚNIOR, J. I. **Métodos estatísticos aplicados ao controle de qualidade**. 1 ed. Viçosa: Editora UFV, 2013.
- SAATH, K. C. O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 2, p. 195-212, 2018.
- SAMOHYL, R. W. **Controle estatístico da qualidade**. 1 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.
- SILVA, C. A.; SILVA, C. J. Avaliação de uniformidade em sistemas de irrigação localizada. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 4, n. 8, p. 1-17, 2005.
- SILVA, K. B.; SILVA JÚNIOR, M. J.; BATISTA, R. O.; SANTOS, D. B.; BATISTA, R. O.; LEMOS FILHO, L. C. A. L. Irrigação por gotejamento com água residuária tratada da indústria da castanha de caju sob pressões de serviço. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 695-706, 2014.
- SILVA, L. P.; SILVA, M. M.; CORREA, M. M.; SOUZA, F. C. D.; SILVA, E. F. F. Desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 480-486, 2012.
- SILVA, P. F.; DANTAS NETO, J.; MATOS, R. M.; LIMA, S. C.; SANTOS, D. B. Statistical process control in self compensating emitters using water at different saline concentrations. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 30, p. 2736-2743, 2016.
- SILVA, S.; DANTAS NETO, J.; TEODORO, I.; SANTOS, M. A. L.; ANDRADE, A. B. A.; CORDÃO, M. A. Qualidade da irrigação por gotejamento em cultivos consecutivos de cana-de-açúcar. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 2, p. 1-8, 2015.
- SUSZEK, F. L.; VILAS BOAS, M. A.; SAMPAIO, S. C.; JUCHEN, C. R.; LIMA, V. L. A. Desobstrução de emissores com ácido fosfórico em fertirrigação com cloreto de potássio vermelho. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 9-24, 2019.



VIEIRA, S. **Estatística para a qualidade**. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

VILAS BOAS, M. A. **Fundamentos de irrigação localizada**. 1 ed. Cascavel: Edunioeste, 2016.

WADSWORTH JR., H.; STEPHENS, K. S.; GODFREY, A. B. **Modern methods for quality control and improvement**. New York: John Wiley & Sons, p. 690, 1986.

WALTER, O. M. F. C.; HENNING, E.; CARDOSO, M. E.; SAMOHYL, R. W. Aplicação individual e combinada dos gráficos de controle Shewhart e CUSUM: uma aplicação no setor metal mecânico. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 2, p. 271-286, 2013.

ZANINI, R. R.; SOUZA, A. M.; JACOBI, L. F.; PERIPOLLI, A.; DAPPER, S. N.; SILVA, A. C. J. A utilização dos gráficos de controle para acompanhamento dos processos de vigilância. **Revista Espacios**, v. 37, n. 27, p.

ZOCOLER, J. L.; RIBEIRO, P. H. P.; SILVA, N. S.; CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; SOARES, F. A. L. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento com água salina. **Irriga**, Edição Especial, 20 anos Irriga + 50 anos FCA, p. 234-247, 2015.

## 5 ARTIGOS

### 5.1 ARTIGO 1: CONTROLE ESTATÍSTICO DA QUALIDADE NA UNIFORMIDADE DA IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO COM DIFERENTES INCLINAÇÕES<sup>1</sup>

#### RESUMO

A topografia influencia diretamente o funcionamento de um sistema de irrigação, sendo necessária a determinação da uniformidade para a verificação de seu desempenho. O controle estatístico da qualidade é uma ferramenta poderosa para a verificação da qualidade de um processo. Sendo assim, objetivou-se utilizar o controle estatístico da qualidade na avaliação da uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento em diferentes inclinações. Foram determinados os Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC) e de Uniformidade de Distribuição (CUD), sendo estes analisados pelos gráficos de controle de Shewhart, Zonas e CUSUM, em diferentes inclinações (nível, aclive e declive). A irrigação em declive foi a mais uniforme (CUC = 99,03% e CUD = 98,45%); no entanto, para todos os gráficos estudados a irrigação em declive esteve fora de controle estatístico. Os gráficos de Zonas se mostraram mais sensíveis que os gráficos de CUSUM e Shewhart.

**PALAVRAS-CHAVE:** Microirrigação; gráficos de controle; uniformity.

#### ARTICLE 1: STATISTICAL QUALITY CONTROL IN UNIFORMITY OF DRIP IRRIGATION WITH DIFFERENT SLOPES

#### ABSTRACT

The topography directly influences the functioning of an irrigation system, being necessary the determination of the uniformity to verify its performance. Statistical quality control is a powerful tool for verifying the quality of a process. Thus, it was aimed to use the statistical control of quality in the evaluation of the uniformity of a drip irrigation system in different slopes. Both Christiansen's uniformity coefficient (UC) and Uniformity of Distribution (UD) were determined and analyzed by the control graphs of Shewhart, Zones and CUSUM in different slopes (0%, 2% and -2%). The slope irrigation was more uniform (UC = 99.03% and UD = 98.45%); however, for all the graphs studied it was out of statistical control. Zone charts were more sensitive than the CUSUM and Shewhart charts.

**KEYWORDS:** Microirrigation; control charts; uniformity.

#### 5.1.1 INTRODUÇÃO

A irrigação por gotejamento se caracteriza pela aplicação de água na forma de gotas, permitindo fornecer água em pequenas quantidades (RESENDE et al., 2004). Os benefícios deste sistema são: economia de água, favorecimento do desenvolvimento de plantas, redução de salinidade, possibilidade de quimigação, limitação do desenvolvimento de plantas daninhas, redução da mão-de-obra e do consumo de energia (FRIZZONE et al., 2012).

A avaliação do sistema de irrigação em operação é determinada por parâmetros que devem ser definidos com base em determinações de campo, como vazão e uniformidade de aplicação (SOUZA et al., 2006). O desempenho de um sistema de irrigação é diretamente

---

<sup>1</sup> Artigo publicado na revista Journal of Agricultural Science, v. 11, n. 16, p. 195-205, 2019.

proporcional à melhoria das variáveis produtivas da cultura (GEISENHOFF et al., 2015) e à minimização com gastos de água e energia (GRIS; HERMES; VILAS BOAS, 2012). A uniformidade de aplicação é a principal maneira utilizada para determinar se um sistema de irrigação é aceitável ou não (BRENNAN, 2008).

A avaliação dos sistemas de irrigação por gotejamento em áreas com declive e acive se faz necessária por ocorrer variação de pressão no sistema, originando diferentes vazões que interferem na uniformidade de distribuição (LIMA et al., 2003). A porcentagem de um custo total de um sistema de irrigação localizada devido à declividade pode ser de até 8,86% por hectare (CUNHA et al., 2014). Souza et al. (2018) concluíram que a declividade na irrigação influencia nas dimensões e na geometria do bulbo úmido.

O controle estatístico da qualidade é uma ferramenta composta por gráficos de controle e pelo controle estatístico do processo, que procura manter variáveis dentro de limites ou padrões pré-estabelecidos por normas técnicas, buscando que determinado processo se comporte de forma adequada. Para Justi, Vilas Boas e Sampaio (2010), os sistemas de irrigação estão perfeitamente adaptados à aplicação do controle estatístico da qualidade.

Os gráficos de controle são utilizados com a finalidade de monitorar o processo e sinalizar aos analistas a necessidade de investigá-lo e ajustá-lo, conforme o tamanho dos desvios encontrados (WALTER et al., 2013).

O estudo do controle estatístico da qualidade já é conhecido na avaliação da uniformidade de sistemas de irrigação. No entanto, o seu estudo em sistemas de irrigação por gotejamento com diferentes situações topográficas ainda é desconhecido.

Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi analisar os resultados da utilização dos gráficos de controle e índice da capacidade de processo na uniformidade de um sistema de irrigação por gotejamento em diferentes inclinações.

### **5.1.2 MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi realizado no Laboratório de Irrigação e Fertirrigação (LIF), no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola (NEEA), da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), localizado no município de Cascavel, estado do Paraná, Brasil (latitude 24° 58' Sul e longitude 53° 27' Oeste).

O experimento foi realizado com auxílio de uma bancada de 5,0 m de comprimento, com 4 linhas laterais; por meio de roldanas, é possível realizar a volta da linha lateral, obtendo linhas laterais de 10,0 m (Figura 1). A bancada é constituída de uma motobomba Acquapump (Ferrari®), motor de 0,5 cv, vazão máxima (Q) de 1,8 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, altura manométrica máxima (Hm) de 22 mca.

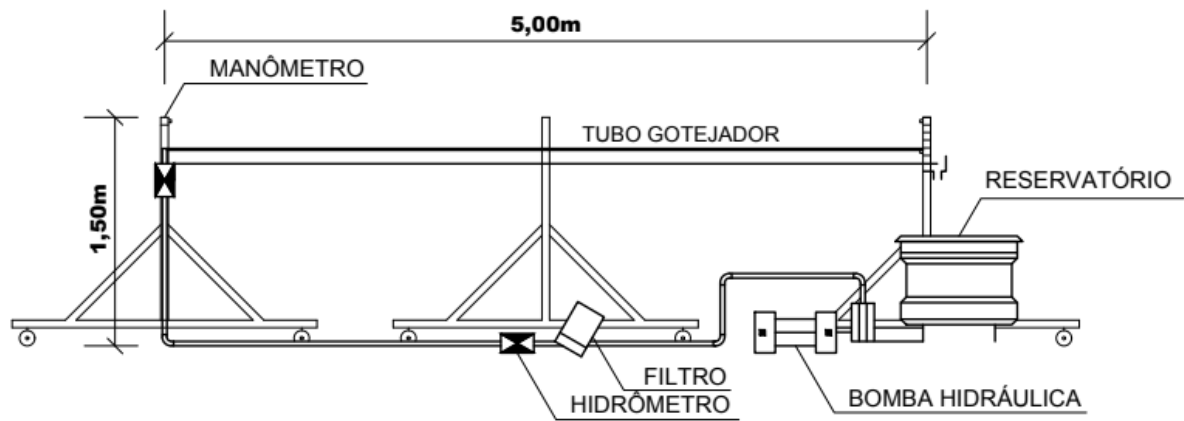


Figura 1 Layout da bancada de testes utilizada no LIF.

Os gotejadores testados foram da marca IRRITEC, modelo P1, espaçados a 0,5 m, caracterizados com 16 mm de diâmetro, pressão nominal máxima de trabalho de 80 kPa, coeficiente de proporcionalidade da equação do emissor (K) 1,26 e expoente de descarga (x) de 0,48.

A coleta dos dados foi realizada por meio da metodologia proposta por Keller Karmeli (1975). Essa metodologia consiste na determinação da vazão em 4 emissores por linha lateral, ou seja, o primeiro gotejador, os gotejadores situados a 1/3 (7º gotejador) e a 2/3 (13º gotejador) do comprimento da linha lateral e o último gotejador (20º) em 4 linhas.

A vazão dos gotejadores foi mensurada pelo método gravimétrico, a fim de se obter maior precisão na determinação. Com o volume coletado nos emissores durante 3 minutos, conforme recomendado pela NBR 9261 (ABNT, 2006), determinou-se a vazão dos emissores, conforme a Equação 1:

$$q = \frac{V}{1000 \times t} \times 60 \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

q - Vazão do gotejador, L h<sup>-1</sup>;

V - Volume da solução coletada, mL;

t - Tempo de coleta, min.

Foram realizados 25 ensaios para cada inclinação: Aclive (2%), Nível (0%) e Declive (2%) (ASABE, 1993); este número de amostras é recomendado por Montgomery (2016) para testes de controle de qualidade.

A partir dos dados de vazões coletados foram calculados os Coeficientes de Uniformidade de Christiansen (CUC), proposto por Christiansen (1942), e de Distribuição (CUD), proposto por Merriam e Keller (1978), demonstrados nas Equações 2 e 3, respectivamente.

$$CUC = \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n\bar{q}} \right) \times 100 \quad \text{Eq. (2)}$$

$$\text{CUD} = \left( \frac{q_{25\%}}{\bar{q}} \right) \times 100 \quad \text{Eq. (3)}$$

Em que:

$\bar{q}$  - Média aritmética das vazões (L h<sup>-1</sup>);

$q_i$  - Vazão no gotejador de ordem  $i$ , (L h<sup>-1</sup>);

$n$  - Número de gotejadores avaliados no sistema de irrigação;

$q_{25}$  - Média de ¼ das vazões com menores valores, (L h<sup>-1</sup>).

Para a classificação dos dados de CUC e CUD foi utilizada a classificação abaixo, que está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 Classificação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC) e do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD)

CUC – CUD (%)	Classificação
90% ou maior	Excelente
80% até 90%	Bom
70% até 80%	Regular
60 até 70%	Ruim
Menor que 60%	Inaceitável

Fonte: Frizzone et al. (2012).

No processo de controle de qualidade foram utilizados os gráficos de controle de Shewhart, CUSUM e Zonas.

O gráfico de controle de Shewhart consiste em uma linha central, que representa a média da característica de qualidade desejada, uma linha superior do limite de controle superior (LCS) e outra linha inferior do limite de controle inferior (LCI) (FRIGO et al., 2016).

O gráfico de Zonas é constituído de oito zonas (quatro de cada lado da linha central) (ZHANG et al., 2018), sendo delimitados por uma linha central, os limites: 1-sigma, 2-sigma e 3-sigma. Seu uso é recomendado para uso na prática devido a seu desempenho, simplicidade e eficiência, facilidade de uso e compreensão (HO; CASE, 1994). Para a interpretação dos gráficos de Zonas, foram utilizadas as regras de pontuações (DAVIS; HOMER; WOODALL, 1990), descritas na Tabela 2, sendo que um gráfico é considerado fora de controle estatístico quando atinge 8 pontos.

Tabela 2 Pontuações para cada sigma do gráfico de Zonas

Zona	Pontuação
Entre Linha Central e 1-sigma	1
Entre 1 e 2-sigma	2
Entre 2 e 3-sigma	4
Além de 3-sigma	8

Fonte: Davis, Homer, Woodall (1990).

Para a construção dos gráficos de controle de Shewhart e Zonas foi necessário calcular os limites superior de controle (LSC) e inferior (LIC) de especificação, obtidos pelas Equações 4 e 5, respectivamente:

$$LSC = \bar{x} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad \text{Eq. (4)}$$

$$LIC = \bar{x} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad \text{Eq. (5)}$$

Em que:

$\bar{x}$  - Média dos dados;

$\overline{MR}$  - Média da amplitude móvel dos dados;

$d_2$  - Constante quando usada uma amplitude móvel de  $n = 2$  observações ( $d_2 = 1,128$ ) (MONTGOMERY, 2016).

No gráfico de controle de CUSUM, os desvios em relação à média são acumulados ao longo do tempo, gerando uma soma cumulativa obtida conforme a Equação 6. O gráfico de CUSUM acumula desvios que estão abaixo ou acima do valor alvo, com estatísticas (CUSUM superior) e (CUSUM inferior) que estão expressas pelas Equações 7 e 8.

$$C_i = \sum_{j=1}^i (x_j - u_0) \quad \text{Eq. (6)}$$

$$C_i^- = \max [0; (u_0 + K) - x_i + C_{i-1}^-] \quad \text{Eq. (7)}$$

$$C_i^+ = \max [0; x_i - (u_0 + K) + C_{i-1}^+] \quad \text{Eq. (8)}$$

Em que:

$x_j$  - Média da  $j$ -ésima amostra de tamanho  $n \geq 1$ ;

$C_i$  - Soma cumulativa até a  $i$ -ésima amostra;

$u_0$  - Média da amostra;

$K$  - Valor de compensação ou folga.

A interpolação dos dados da vazão dos gotejadores foi realizada pelo modelo estatístico denominado "Inverso da Distância", descrito na Equação 9:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i} z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i}} \quad \text{Eq. (9)}$$

Em que:

$z$  - Valor estimado para o ponto  $z$ ;

$n$  - Número de observações;

$z_i$  - Valores observados;

$d_i$  - Distâncias entre valores observados e estimado ( $z_i$  e  $z$ ).

Todas as análises estatísticas e gráficos foram realizados no software MINITAB 18.

### 5.1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados apresentados na Tabela 3 representam as características físico-químicas da água utilizada na irrigação.

Tabela 3 Parâmetros físico-químicos para a água utilizada na irrigação por gotejamento com diferentes inclinações

Parâmetros	Resultado
Ferro Total (mg L <sup>-1</sup> )	0,34**
Manganês (mg L <sup>-1</sup> )	0,050*
Sólidos totais dissolvidos (mg L <sup>-1</sup> )	60*
Sólidos em suspensão (mg L <sup>-1</sup> )	20*
Condutividade elétrica (µS cm <sup>-1</sup> )	0,06*
Sódio (mg L <sup>-1</sup> )	2,0*
pH	7,60**
Sulfeto de hidrogênio	<0,07*
Cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	2,40*
Magnésio (mg L <sup>-1</sup> )	4,86*

\*Baixo risco de entupimento, \*\* Risco moderado de entupimento e \*\*\*Risco severo de entupimento.

A análise físico-química da água não apresentou nenhum parâmetro com risco severo de entupimento segundo os índices de Nakayama e Bucks (1980), e Capra e Scicolone (1998), apenas as concentrações de ferro total e pH apresentaram risco moderado de entupimento, e os demais parâmetros tendo como baixo risco de entupimento.

O entupimento dos gotejadores é afetado diretamente pela qualidade da água (SILVA et al., 2012), que prejudica o funcionamento geral do sistema de irrigação, diminuindo sua uniformidade (LIU; HUANG, 2009). Para Meneghelli et al. (2016), outro problema relacionado à qualidade da água para irrigação refere-se ao sistema solo-planta. A prática da irrigação com águas de qualidade inferior pode acarretar a incorporação de sais ao perfil do solo, por conter sais solúveis na água.

A Figura 2 mostra o gráfico de contorno das vazões do sistema em nível, aclive e declive. De acordo com o gráfico de contorno, observa-se semelhança nos sistemas em nível e em aclive, com as maiores vazões no início das linhas e diminuição até o final destas. Essa redução da vazão no sistema ocorre devido à queda de pressão durante o trecho (ALVES et al., 2015). Para o sistema em declive ocorreu uma concentração das maiores vazões ao final da última linha, explicado pelo aumento gradual da pressão que ocorre até o final da tubulação (MARCUIZZO; WENGLAND, 2011).

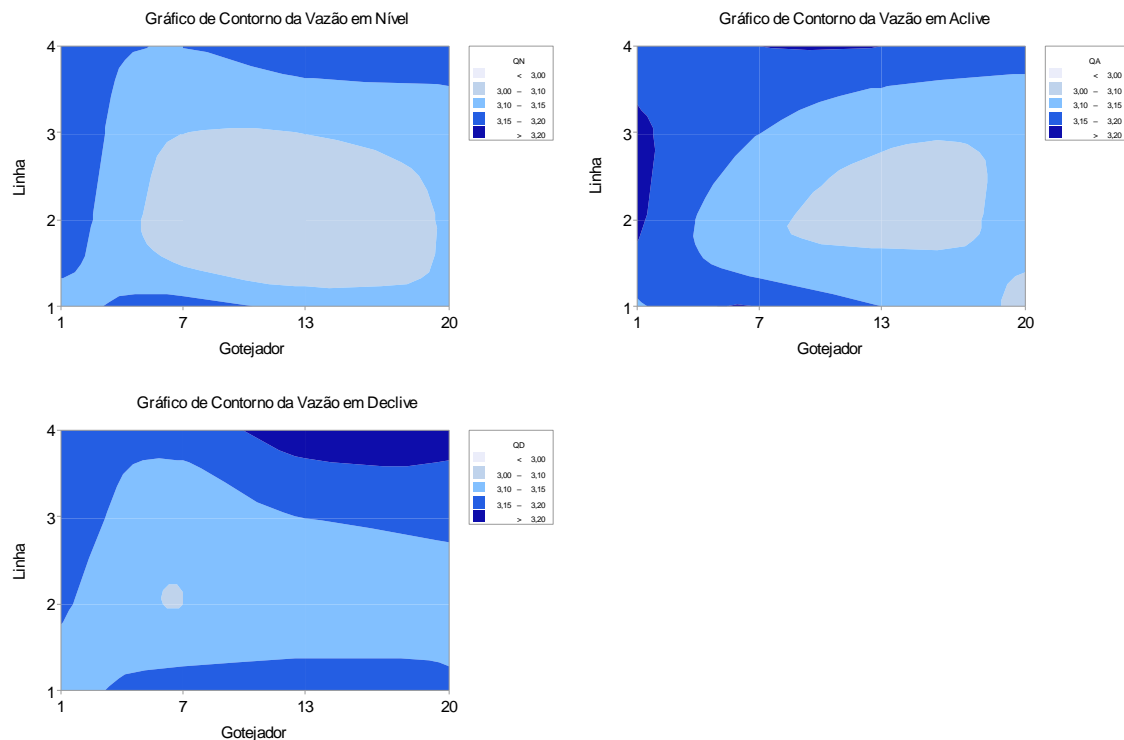


Figura 2 Mapa de distribuição da vazão em Nível, Active e Declive.

Na Tabela 4 apresenta-se a estatística descritiva para CUC e CUD, utilizando as diferentes inclinações.

Tabela 4 Estatística descritiva dos coeficientes de uniformidade CUC e CUD da vazão dos 25 ensaios de um sistema de irrigação por gotejamento em nível, active e declive

Coeficientes	Nível		Active		Declive	
	CUC	CUD	CUC	CUD	CUC	CUD
Mínimo	98,30	97,50	98,34	97,48	98,38	97,20
Q1	98,74	97,97	98,56	97,93	99,02	98,48
Média	98,79	98,11	98,64	98,05	99,03	98,45
Mediana	98,83	98,16	98,63	98,06	99,08	98,58
Q3	98,88	98,26	98,77	98,18	99,12	98,62
Máximo	98,87	98,45	98,87	98,56	99,22	98,72
D. Padrão	0,15	0,24	0,13	0,25	0,19	0,38

A uniformidade média (Tabela 4) se mostrou excelente para todas as situações (> 90%). O sistema em declive mostrou maior excelência em relação aos demais, com maior uniformidade média para CUC (99,03%) e para o CUD (98,45%). Ella, Reyes e Yoder (2009), ao estudarem a uniformidade de distribuição de água em um sistema de irrigação por gotejamento de baixo custo com diferentes inclinações e cargas hidráulicas, verificaram que a uniformidade diminuiu conforme ocorreu o aumento das inclinações. Nota-se também que o CUC sempre foi superior ao CUD, demonstrando a rigorosidade do CUD, por atingir índices menores.



O gráfico de controle de Shewhart para o CUC (Figura 3), observa-se que os sistemas em nível e em declive estiveram fora dos limites de controle. O sistema em nível apresentou um ponto fora dos limites de controle, e o sistema em declive apresentou dois pontos fora dos limites de controle. Entretanto, o sistema em aclave esteve sob controle estatístico. A desestabilização da pressão pode acarretar um ponto fora dos limites de controle (SILVA et al., 2015). Szeikut et al. (2018) relatam que linhas laterais posicionadas em declive indicam melhores condições de operação, quando comparadas com sistemas em nível e aclave.

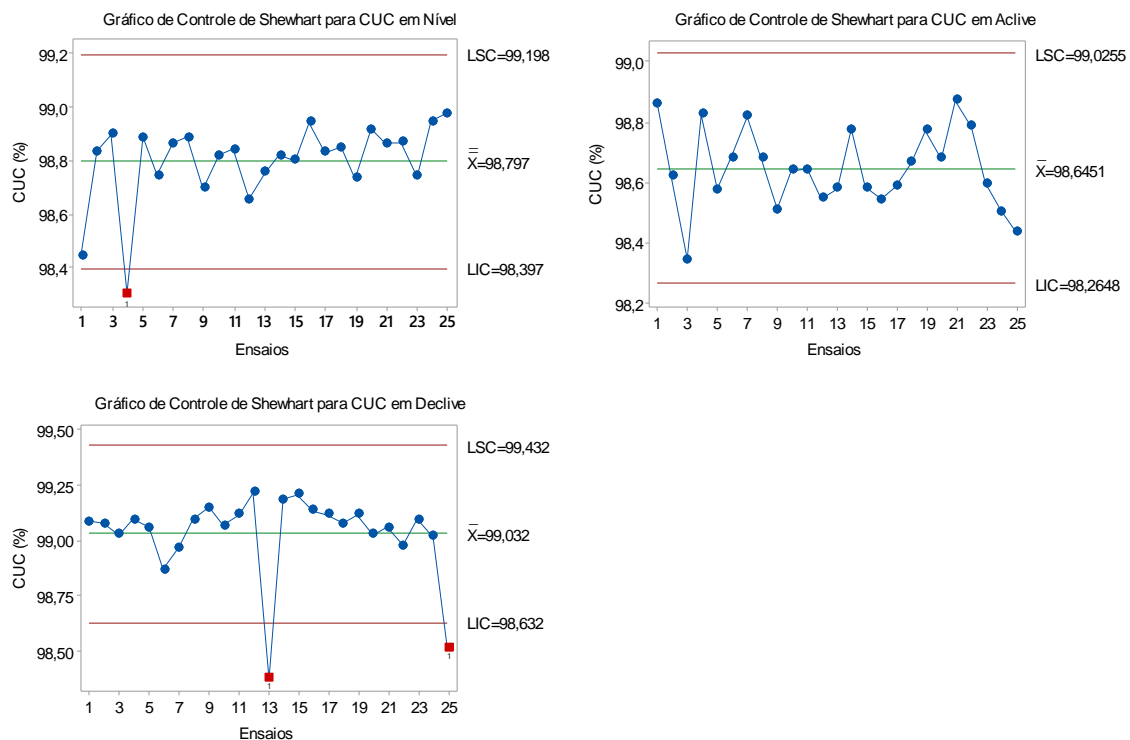


Figura 3 Gráficos de Controle de Shewhart para CUC em Nível, Aclave e Declive.

Ao comparar CUC e CUD, o sistema em nível apresenta um comportamento diferente, sendo que o sistema em nível esteve sob controle estatístico. O gráfico de controle de Shewhart se mostrou uma ótima ferramenta estatística no estudo da irrigação, demonstrando a variabilidade do processo (FRIGO et al., 2016).

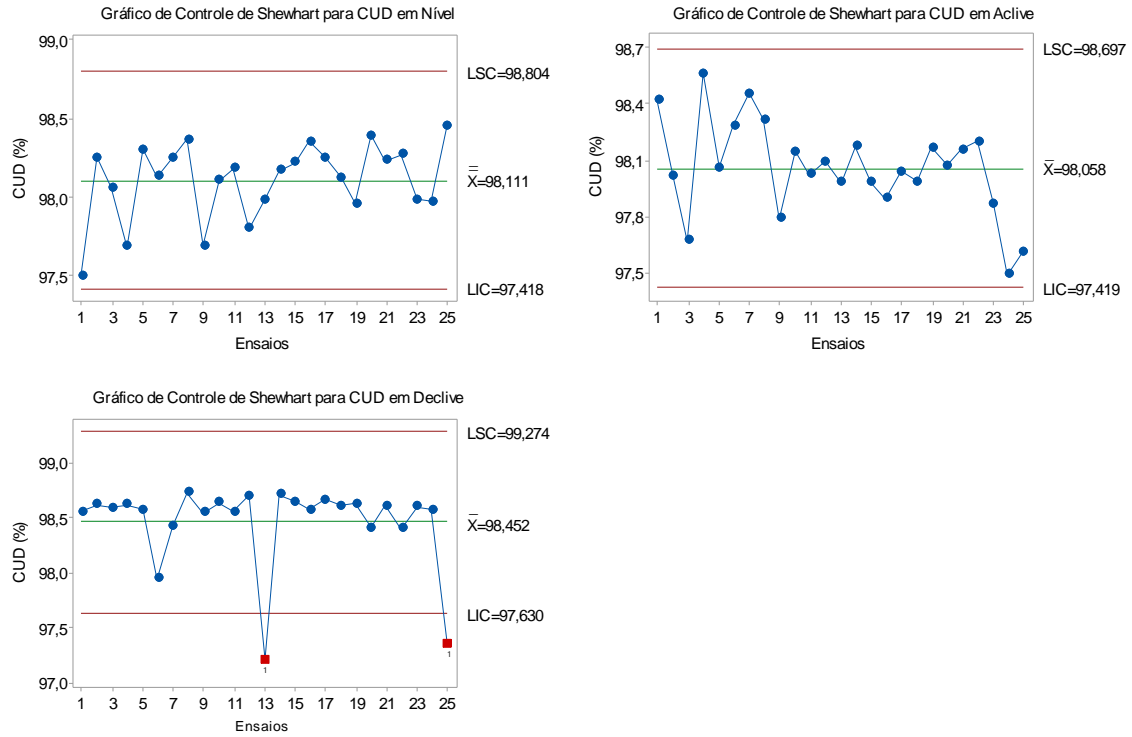


Figura 4 Gráficos de Controle de Shewhart para CUD em Nível, Active e Declive.

O gráfico de controle de Zonas apresenta alta sensibilidade, conforme demonstrado na Figura 5. O CUC apresenta todas as inclinações fora do controle estatístico, sendo que o sistema em nível obteve um ponto fora do controle, enquanto que o sistema em declive obteve 3 pontos fora de controle estatístico. Davis e Krehbiel (2002), ao compararem a performance do gráfico de controle de Shewhart e Zonas, concluíram que o gráfico de Zonas é ligeiramente melhor na detecção de processos que ocorrem mudanças lineares ao longo do tempo.

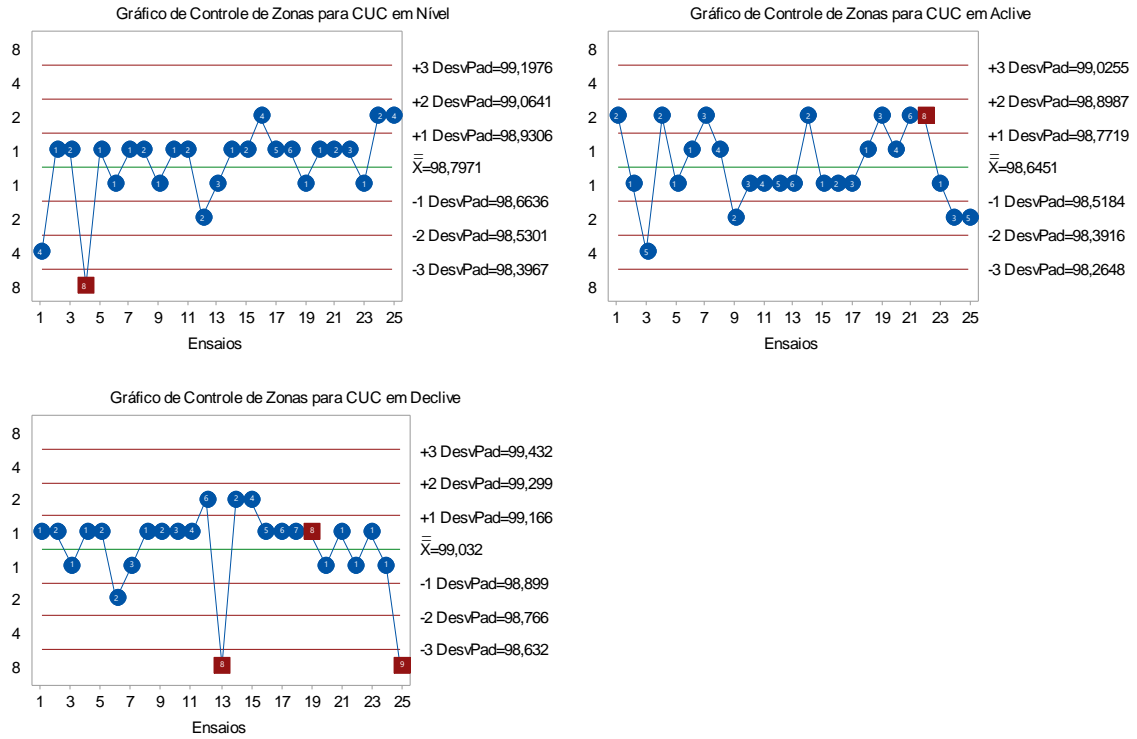


Figura 5 Gráfico de Controle de Zonas para CUC em Nivel, Active e Declive

Explorando os dados de CUD no gráfico de controle de Zonas (Figura 6), verificou-se que o sistema em nível se manteve sob controle estatístico pelo gráfico de controle de Zonas, enquanto que as inclinações em active e declive apresentaram-se fora de controle estatístico. Sendo assim, a inclinação em active, obteve 3 pontos e, em declive, 2 pontos fora de controle. Pontos isolados podem ser resultados de flutuações na pressão, fadiga do operador ou alguma variável no equipamento (JUSTI; SAIZAKI, 2015).

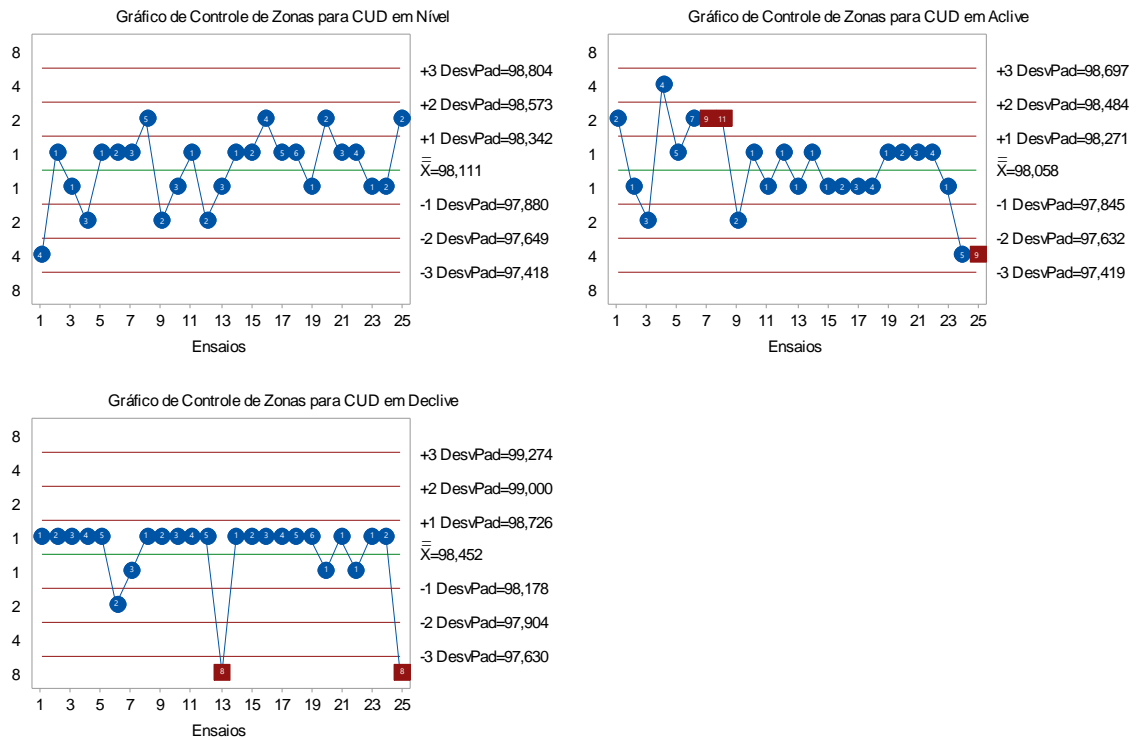


Figura 6 Gráfico de Controle de Zonas para CUD em Nivel, Active e Declive.

O gráfico CUSUM com os dados de CUC (Figura 7) em nível apresentou-se sob controle estatístico, diferenciando-se dos gráficos de Shewhart e Zonas, que se mostraram fora de controle estatístico. Para o sistema em declive, o gráfico CUSUM esteve fora de controle estatístico.

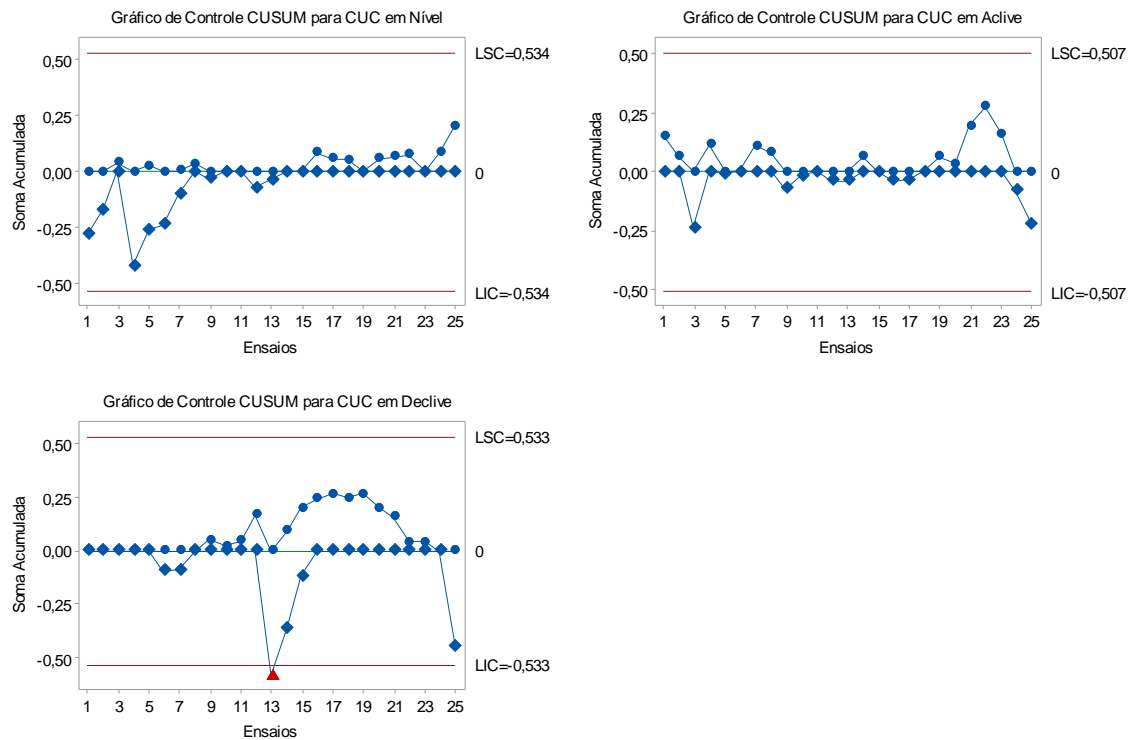


Figura 7 Gráfico de Controle CUSUM para CUC em Nivel, Active e Declive.

O gráfico CUSUM com CUD foi mais sensível à detecção de problemas na uniformidade em relação ao CUC. Para Mesquita et al. (2015), o CUD também se mostrou mais sensível à detecção da obstrução dos gotejadores em relação ao CUC.

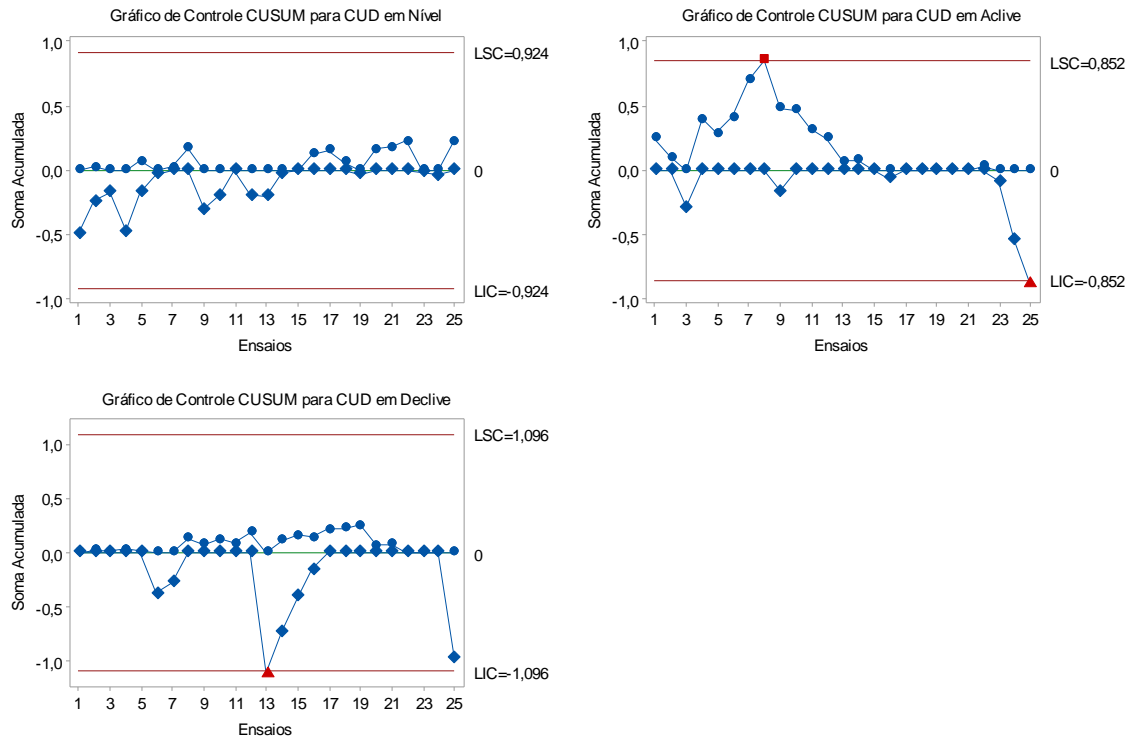


Figura 8 Gráfico de Controle CUSUM para CUD em Nivel, Active e Declive.

#### 5.1.4 CONCLUSÕES

Nos sistemas em nível e aclone, as maiores vazões foram observadas no início das linhas, enquanto que no declive o final da linha apresentou as maiores vazões.

A irrigação em declive foi a mais uniforme (CUC = 99,03% e CUD = 98,45%).

O CUD mostrou menor variabilidade no processo quando comparado ao CUC, indicando menos pontos fora dos limites de controle e menos gráficos fora de controle estatístico.

O gráfico de Zonas se mostrou altamente sensível, quando comparado ao gráfico CUSUM e Shewhart.

### 5.1.5 REFERÊNCIAS

ALVES, E. S.; ARAÚJO, L. M.; ALVES, J. S. D.; SANTOS, J. E. O.; ZUMBACK, C. R. L. Geoestatística aplicada à uniformidade de aplicação de água em sistema de irrigação por gotejamento usado e novo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 3, p. 127-135, 2015.

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS – ASABE. **Field evaluation of micro-irrigation systems**. St. Joseph, p. 792-797, 1996.

ANDRADE, M. G.; VILAS BOAS, M. A.; SIQUEIRA, J. A.; SATO, M.; DIETER, J.; HERMES, E.; MERCANTE, E. Uniformity microsprinkler irrigation system using statistical quality control. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, p. 1-7, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Equipamentos de irrigação agrícola – Emissores e tubos emissores – Especificações e métodos de ensaio**. ABNT NBR ISSO 9261. São Paulo: ABNT, 2006. 17p.

BRENNAN, D. Factors affecting the economics benefits of sprinkler uniformity and their implications for irrigation water use. **Irrigation Science**, v. 26, n. 2, p. 109-119, 2008.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 70, n. 4, p. 355-365, 1998.

CHRISTIANSEN, E. J. **Irrigation by sprinkling**. 1 ed. Berkley: University of California, 1942.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; FERREIRA, J. C.; PAIS, M. S.; GOMES FILHO, R. R. Influência do declive no custo total de uma rede de irrigação localizada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 6, n. 3, p. 247-258, 2012.

DAVIS, R. B.; HOMER, A.; WOODALL, W. H. Performance of the zone control chart. **Communications in Statistics – Theory and Methods**, v. 19, n. 5, p. 1581-1587, 1990.

DAVIS, R. B.; KREHBIEL, T. C. Shewhart and zone control chart performance under linear trend. **Communications in Statistics – Simulation and Computation**, v. 31, n. 1, p. 91-96, 2002.

ELLA, V. B.; REYES, M. R.; YODER, R. Effect of hydraulic head and slope on water distribution uniformity of a low-cost drip irrigation system. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 25, n. 3, p. 349-356, 2009.

FRIGO, J. P.; VILAS BOAS, M. A.; FRIGO, J. P.; FRIGO, E. P. Comparação entre gráficos de controle de Shewhart, CUSUM e MMEP no processo de irrigação por aspersão convencional. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 56-70, 2016.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: Gotejamento e microaspersão**. 1 ed. Maringá: EDUEM, p. 356, 2012.

GRIS, D. J.; HERMES, E.; VILAS BOAS, M. A. Aplicação de água residuária de processamento de mandioca em sistema de irrigação por gotejamento. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 11, p. 1-9, 2012.

GEISENHOF, L. O.; OLIVEIRA, F. C.; BISCARO, G. A.; ALMEIDA, A. C. S.; SCHWERZ, F. Produtividade do brócolis-de-cabeça sob diferentes sistemas de irrigação. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 5, p. 863-874, 2015.

- JUSTI, A. L.; SAIZAKI, P. M. Desempenho da irrigação e fertirrigação por controle estatístico de qualidade. **Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 6, p. 541-551, 2015.
- JUSTI, A. L.; VILAS BOAS, M. A.; SAMPAIO, S. C. Índice de capacidade do processo na avaliação da irrigação por aspersão. **Engenharia Agrícola**, v. 30, n. 2, p. 264-270, 2010.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v. 17, p. 678-684, 1975.
- LIMA, S. C. R. V.; FRIZZONE, J. A.; COSTA, R. N. T.; SOUZA, F.; PEREIRA, A. S.; MACHADO, C. C.; VALMIR JÚNIOR, M. Curvas de desempenho de válvulas reguladoras de pressão novas e com diferentes tempos de utilização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 201-209, 2003.
- LIU, H.; HUANG, G. Laboratory experiment on drip emitter clogging with fresh water and treated sewage effluent. **Agricultural Water Management**, v. 96, p. 745-756, 2009.
- MARCUZZO, F. F. N.; WENDLAND, E. Distribuição de pressão em rede de irrigação localizada otimizada por algoritmos genéticos. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 3, p. 497-505, 2011.
- MENEGHELLI, C. M.; LO MONACO, P. A. V.; CORREA, J. M.; BIRCHLER, R.; LOSS, J. B. Qualidade da água do Rio Santa Maria do Doce-ES para fins de irrigação. **Enciclopédia Biosfera**, v. 13, n. 2, p. 879-889, 2016.
- MERRIAN, J. L.; KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation**. 1 ed. Logan: Utah State University, p. 271, 1978.
- MESQUITA, F. O.; SILVA, K. B.; SOUZA, L.; DANTAS, T. B.; BATISTA, R. O. Uniformidade de aplicação de percolado de aterro sanitário diluído em unidades de irrigação por gotejamento. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 1, p. 145-156, 2015.
- MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, p. 549, 2016.
- NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production**. 1 ed. St. Joseph: Elsevier, p. 383, 1986.
- RESENDE, R. S.; COELHO, R. D.; LEAL, M. L. S.; MATA, S. S. Susceptibilidade à intrusão radicular de gotejadores convencionais na irrigação subsuperficial de cana-de-açúcar. **Irriga**, v. 9, n. 2, p. 150-165, 2004.
- SILVA, L. P.; SILVA, M. M.; CORREA, M. M.; SOUZA, F. C. D.; SILVA, E. F. F. Desempenho de gotejadores autocompensantes com diferentes efluentes de esgoto doméstico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 480-486, 2012.
- SILVA, P. F.; MATOS, R. M.; LIMA, S. C.; DANTAS NETO, J.; LIMA, V. L. A. Controle estatístico e índice de capacidade do processo em emissores autocompensante utilizando água salina. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 4, n. 1, p. 139-150, 2015.
- SILVA, S.; DANTAS NETO, J.; TEODORO, I.; SANTOS, M. A. L.; ANDRADE, A. B. A. Qualidade da irrigação por gotejamento em cultivos consecutivos de cana-de-açúcar. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 11, n. 2, p. 1-8, 2015.
- SOUZA, J. A. R.; MOREIRA, D. A.; SALOMÃO, L. C.; CUNHA, F. F.; PEDROSO, R. S.; SILVA, E. L.; GONÇALVES, J. M.; REZENDE, J. G. F.; COSTA, J. V. C.; SILVA FILHO, J. F. S. Wet bulb dimensions associated with different flow and terrain declivity. **African Journal of Agricultural Research**, v. 13, n. 9, p. 425-431, 2018.



SOUZA, L. O. C.; MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. A.; RAMOS, M. M.; FREITAS, P. S. L. Avaliação de sistemas de irrigação por gotejamento, utilizados na cafeicultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 541-548, 2006.

SZEKUT, F. D.; AZEVEDO, C. A. V.; VILAS BOAS, M. A.; ZUCULOTTO, T. Hydraulic performance of drippers with different waters and lateral line slopes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 12, p. 813-818, 2018.

TAMAGI, J. T.; URIBE-OPAZO, M. A.; JOHANN, J. A.; VILAS BOAS, M. A. Uniformidade de distribuição de água de irrigação por aspersores compensantes e não compensantes em diferentes alturas. **Irriga**, v. 21, n. 4, p. 631-647, 2016.

WALTER, O. M. F.; HENNING, E.; CARDOSO, M. F.; SAMOBYL, R. W. Aplicação individual e combinada dos gráficos de controle de Shewhart e CUSUM: uma aplicação no setor metal mecânico. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 2, p. 271-286, 2013.

ZHANG, Y.; SHANG, Y.; ZHANG, M.; WU, X. Zone control charts with estimated parameters for detecting prespecified changes in linear profiles. **Communications in Statistics – Simulation and Computation**, v. 47, n. 9, p. 2749-2774, 2018.

## 5.2 ARTIGO 2: MONITORAMENTO DA QUALIDADE DA FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO UTILIZANDO FOSFATO MONOPOTÁSSICO

### RESUMO

A utilização do fosfato monopotássico (MKP) é uma opção para a adubação fosfatada na fertirrigação por gotejamento. Para uma avaliação adequada de um sistema de fertirrigação se faz necessária a determinação de sua uniformidade de distribuição, pressão, e o monitoramento do pH e da condutividade elétrica. O objetivo deste trabalho foi avaliar a utilização dos gráficos de controle no monitoramento da uniformidade de um sistema de fertirrigação com MKP sob diferentes inclinações. O experimento foi conduzido no Laboratório de Irrigação e Fertirrigação, no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em Cascavel, Paraná, Brasil. Nos ensaios foram determinados a vazão, a pressão, o pH e a condutividade elétrica, em um sistema de irrigação em nível (0%), aclive (2%) e declive (2%), onde posteriormente a uniformidade foi determinada pelo coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). A pressão foi obtida por um manômetro no início e no final do sistema, sendo a sua uniformidade determinada pelo coeficiente de uniformidade de pressão (CUP). Através dos coeficientes obtidos, o monitoramento da qualidade foi realizado pelos gráficos de controle de Shewhart e EWMA. A utilização do MKP demonstrou excelência na uniformidade da vazão, da condutividade elétrica, pH e pressão em todas as inclinações, sempre com uniformidades superiores a 90%. Os sistemas em nível e declive se mostraram os mais uniformes, com a maior uniformidade de vazão e pressão. Para a uniformidade da vazão, o sistema em nível esteve sob controle estatístico, enquanto que o sistema em declive e aclive estiveram fora de controle estatístico. Na avaliação da uniformidade do pH, o gráfico de Shewhart apresentou tendências, enquanto que gráfico EWMA apresentou pontos fora de controle estatístico. Em todas as inclinações a uniformidade da pressão foi excelente com índices próximos a 100%. No entanto, todos os gráficos de controle mostraram que o processo esteve fora de controle estatístico.

**PALAVRAS-CHAVE:** Microirrigação; MKP; gráficos de controle; controle estatístico da qualidade; adubação fosfatada.

### ARTICLE 2: DRIP FERTIGATION QUALITY MONITORING USING MONOPOTASSIUM PHOSPHATE

#### ABSTRACT

The use of monopotassium phosphate (MKP) is an option for phosphate fertilization in drip fertigation. For proper evaluation of fertigation system it is necessary to determine its distribution uniformity, pressure and to monitor its pH and electrical conductivity. The objective of this work was to evaluate the use of the control charts to monitor the uniformity of na MKP fertigation system under different slopes. The experiment was carried out at the Irrigation and Fertigation Laboratory (LIF), at the Experimental Nucleus of Agricultural Engineering (NEEA), at the State University of West Paraná (UNIOESTE), located in Cascavel, state of Paraná, Brazil. In the tests, the flow rate, pressure, pH and the electrical conductivity were determined in level (0%), upslope (2%) and downslope (2%) fertigation system, then the uniformity was determined by Christiansen Uniformity Coefficient (CUC). Pressure was obtained by a manometer at the beginning and the end of the system, and its uniformity was determined by pressure uniformity coeficiente (CUP). Through the selected coefficients, quality monitoring was performed by Shewhart and EWMA control charts. The use of MKP demonstrated excellence in flow uniformity, electrical conductivity, pH and pressure at all slopes, Always with uniformities greater than 90%. The level and downslope system were the most uniform, with the highest average uniformity of flow and pressure. For flow uniformity, the level system was under statistical control, while the downslope and upslope system were out of statistical control. In pH uniformity, the Shewhart control chart shows trends, while the EWMA control chart shows points out of statistical control. All slopes the pressure uniformity was excelent with indices above 100%. However, all control charts showed that the process was out of statistical control.

**KEYWORDS:** Microirrigation; MKP; control charts; statistical quality control; phosphate fertilizier.

### 5.5.1 INTRODUÇÃO

O sistema por gotejamento é o sistema de irrigação localizado mais difundido, e possui como características: maior custo de implantação, maior eficiência no uso de água, menor consumo de energia, controle fitossanitário favorecido, e fertirrigação viabilizada e favorável, quando comparado aos demais sistemas de irrigação (CUNHA et al., 2017).

A fertirrigação consiste na aplicação de fertilizantes solúveis através de sistemas de irrigação, sendo considerada uma prática comum na agricultura irrigada moderna (MEDEIROS et al., 2012; HASSANLI; AHMADIRAD; BEECHAM, 2010), e pode ser utilizada com fertilizantes de diversas formas (sólido ou líquido) e tipos, dentre eles os fosfatados.

O fósforo (P) é um nutriente essencial e desempenha um importante papel em várias atividades nas culturas agrícolas (MARTIN et al., 2011), sendo responsável por diversas funções estruturais importantes ao desenvolvimento vegetal, participando da fotossíntese, respiração, divisão e crescimento celular, e principalmente no fornecimento de energia (ATP), o que influencia diretamente no desenvolvimento inicial (VIEIRA; WEBER; SCARAMUZZA, 2015).

Apesar dos inúmeros benefícios da utilização do fósforo no desenvolvimento vegetal, a utilização dos fertilizantes fosfatados na irrigação por gotejamento possui alguns entraves por parte dos produtores rurais, como maior exigência das culturas na fase inicial do crescimento, baixa solubilidade da maioria dos fosfatados e facilidade de precipitação do nutriente, o que ocasiona entupimento dos emissores (BORGES; SILVA, 2011).

No entanto, a fertirrigação por gotejamento aumenta a distribuição do fósforo no solo, pois provoca maior concentração em uma faixa estreita, saturando os sítios de fixação próximos ao ponto de aplicação. Devido à pouca mobilidade de fósforo no solo, não se recomenda a sua aplicação na superfície deste, com irrigação por aspersão (ZANINI et al., 2007). Para Foratto et al. (2007), na fertirrigação fosfatada a maioria dos fertilizantes podem causar obstruções de emissores e incrustações nas tubulações, podendo o fosfato monopotássico (MKP) ser a solução para estes problemas.

O MKP é utilizado em cenários em que o P é necessário e o nitrogênio (N) não. Além disso, o MKP tem o benefício adicional de ter uma alta concentração de potássio (K) (HOPKINS et al., 2010) e alta solubilidade. O MKP promove um aumento de produção e qualidade de frutas (SARRWY; MOHAMED; HASSAN, 2010; CHAPAGAIN; WIESMAN, 2004; SAJYAN et al., 2018). Apesar das inúmeras vantagens da utilização do MKP e sua utilização já ser consolidada, a avaliação de um sistema de fertirrigação por gotejamento com MKP ainda é desconhecida.

Com o intuito de avaliar o funcionamento ideal de um sistema de fertirrigação, emprega-se um índice de avaliação denominado de uniformidade de aplicação

(NASCIMENTO et al., 2009), que influencia diretamente o manejo, a qualidade, a eficiência e seu custo, assim como o desempenho da cultura no campo (AZEVEDO et al., 2014). A uniformidade de distribuição é um importante indicador de desempenho do sistema de fertirrigação (CUNHA et al., 2018). Para Cunha et al. (2013), a fertirrigação está relacionada a fatores hidráulicos, a qualidade da água e o uso da fertirrigação com sais que podem ocasionar o entupimento dos emissores, contribuindo para a desuniformidade.

Visando um manejo adequado, o controle da fertirrigação deve ser feito pelo monitoramento da uniformidade da vazão, do pH e da condutividade elétrica durante todo o ciclo do cultivo (OLIVEIRA et al., 2015). Dessa forma, avaliações de uniformidade devem ser realizadas, como ferramenta de monitoramento, auxiliando para possíveis alterações no sistema de fertirrigação, visando melhorar o seu desempenho (DANTAS et al., 2014).

Diversos fatores influenciam a uniformidade de um sistema de fertirrigação: vazão, pressão, forma e solubilidade do fertilizante, tempo de operação e a topografia. Para Zhang, Hui e Chen (2018), a distribuição de água na irrigação em áreas inclinadas é muito diferente da distribuição em áreas planas.

O controle estatístico da qualidade é uma ferramenta poderosa para detecção de problemas, demonstração de estabilidade e variabilidade. Seu uso pode detectar rapidamente mudanças no processo, permitindo que ocorra uma investigação e ação corretiva antes que um grande número de não conformidades comece a ocorrer (CONCEIÇÃO et al., 2018). Para Chincilla et al. (2018), o controle estatístico da qualidade pode ser uma ferramenta muito útil no monitoramento de sistemas de irrigação.

Essa técnica gera gráficos de fácil interpretação, os quais mostram se o processo da uniformidade de um sistema de irrigação está sendo eficiente ou se há grandes variações em seu funcionamento. Esses gráficos, denominados gráficos de controle, utilizam como dados variáveis que influenciam na qualidade dos itens. O registro dessas variáveis resulta em gráficos temporais que apresentam os valores de medição da variável no eixo vertical e os pontos no tempo nas quais as medições são efetuadas no eixo horizontal (ORSSATTO; VILAS BOAS; EYNG, 2015).

Dentre os diversos gráficos de controle existentes, nesta pesquisa foram utilizados os gráficos de controle de Shewhart e da média móvel exponencialmente ponderada (EWMA). O gráfico de controle Shewhart é um método gráfico de apresentação e comparação de informações e destaca-se entre as ferramentas pela simplicidade operacional e efetividade na detecção de problemas. Os gráficos de controle EWMA são recomendados devido a sua alta exatidão, que são capazes de identificar pequenos desvios no processo (SIQUEIRA et al., 2018).

Com isso, o objetivo da pesquisa foi avaliar a fertirrigação do MKP em um sistema por gotejamento sob diferentes situações topográficas, determinando e monitorando a

uniformidade da vazão, do pH, da condutividade elétrica e da pressão através dos gráficos de controle de Shewhart e EWMA.

### 5.2.2 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi montado e conduzido no Laboratório de Irrigação e Fertirrigação (LIF), no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola (NEEA), da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), localizado no município de Cascavel, estado do Paraná, Brasil (latitude 24° 58' Sul e longitude 53° 27' Oeste).

O experimento foi realizado com auxílio de uma bancada de 5,0 m de comprimento, com 4 linhas laterais; por meio de roldanas, é possível realizar a volta da linha lateral, obtendo linhas laterais de 10,0 m (Figura 1). A bancada é constituída de uma motobomba Acquapump (Ferrari), motor de 0,5 cv, vazão máxima (Q) de 1,8 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup>, altura manométrica máxima (Hm) de 22,0 mca; cabeçal de controle com filtro de disco de 120 mesh, controlador de pressão BERMAD modelo 0075 PRVy.

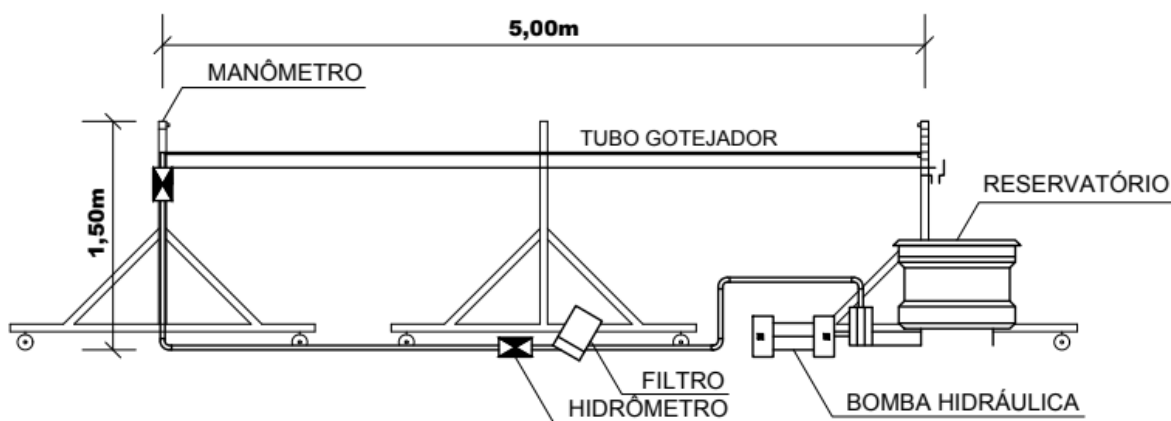


Figura 1 Ilustração da bancada de testes utilizada no LIF.

Para a verificação da pressão (kPa) foram instalados no início da 1ª linha lateral e no final da 4ª linha lateral dois manômetros digitais INSTRUTEMP – Modelo 8215 com precisão de 0,3% a  $\pm 25$  °C.

Os tubos gotejadores testados foram da marca IRRITEC, modelo P1, espaçados a 0,5 m, caracterizados com 16,00 mm de diâmetro, pressão máxima de trabalho de 80 kPa, coeficiente de proporcionalidade da equação do emissor (K) 1,26 e expoente de descarga (x) de 0,48.

Nos ensaios foi utilizado o fertilizante Yara Krista MKP, um fosfato monopotássico solúvel (KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>), que se dissolve em água, com 52% de P (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) e 34% de K (K<sub>2</sub>O). Foram solubilizados para os ensaios 300 g de MKP para 100 litros de água. A diluição do fertilizante no tanque foi realizada de forma manual antes do início dos ensaios (BORSSOI et al., 2012).

Para cada ensaio foram coletados a condutividade elétrica, o potencial hidrogeniônico (pH) e vazão, conforme a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975). Essa metodologia, consiste na determinação em 4 emissores por linha lateral, ou seja, o primeiro gotejador, os gotejadores situados a 1/3 (7°), 2/3 (13°) do comprimento da linha lateral e o último gotejador (20°) em 4 linhas.

Foram realizados 25 ensaios para cada inclinação: Aclive (2%), Nível (0%) e Declive (2%) (ASABE, 1996); este número de amostras é recomendado por Montgomery (2016) para testes de controle de qualidade. Após o término dos ensaios realizados por inclinação, foi realizada uma retrolavagem no sistema com água.

A condutividade elétrica (dS m<sup>-1</sup>) de cada ponto foi medida por condutivímetro de bolso AKSO (AK51) e o pH por um peagâmetro KASVI (K39-0014PA).

A vazão dos gotejadores foi mensurada pelo método gravimétrico, a fim de se obter maior precisão na determinação. Com o volume coletado nos emissores durante 3 minutos, conforme recomendado pela NBR 9261 (ABNT, 2006), determinou-se a vazão dos emissores, conforme a Equação 1:

$$q = \frac{V}{1000 \times t} \times 60 \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

q - Vazão do gotejador, L h<sup>-1</sup>;

V - Volume da solução coletada, mL;

t - Tempo de coleta, min.

A partir da vazão, do pH e da condutividade elétrica dos 16 gotejadores por ensaio foi calculado o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), proposto por Christiansen (1942), descrito na Equação 2.

$$CUC = \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - \bar{q}|}{n\bar{q}} \right) \times 100 \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que:

$\bar{q}$  - Média aritmética dos dados coletados (L h<sup>-1</sup>);

Q<sub>i</sub> - Vazão, pH e condutividade elétrica no gotejador de ordem i, (L h<sup>-1</sup>);

n - Número de gotejadores avaliados no sistema de irrigação;

Para a classificação dos dados de CUC foi utilizada a classificação a seguir, que está descrita na Tabela 1.

Tabela 1 Classificação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)

CUC (%)	Classificação
90% ou maior	Excelente
80% até 90%	Bom
70% até 80%	Regular
60 até 70%	Ruim
Menor que 60%	Inaceitável

Fonte: Frizzone et al. (2012).

Em cada ensaio, foram verificadas 8 pressões, 4 para o início do sistema e 4 para o final, sendo o 1º no início da irrigação, o 2º com 1 minuto, o 3º com 2 minutos e o 4º com 3 minutos. Com os dados de pressão obtidos, foi calculado o Coeficiente de Uniformidade de Pressão (CUP), descrito na Equação 3 (VILAS BOAS, 2016).

$$CUP = \left[ \frac{P_{25\%}}{P_m} \right]^x \times 100 \quad \text{Eq. (3)}$$

Em que:

CUP - Coeficiente de Uniformidade de Pressão, %;

$P_{25\%}$  - Média das pressões obtidas que representa a quarta parte das mais baixas pressões;

$P_m$  - Média de todas as pressões medidas na unidade;

X - Coeficiente de descarga.

Para a classificação dos dados do Coeficiente de Uniformidade de Pressão, foi utilizada a classificação a seguir, descrita na Tabela 2.

Tabela 2 Classificação do Coeficiente de Uniformidade de Pressão (CUP)

CUP (%)	Classificação
Maior que 94%	Excelente
86% até 94%	Bom
80% até 86%	Aceitável
70% até 80%	Pobre
Menor que 70%	Inaceitável

Fonte: Frizzone et al. (2012).

No processo de controle de qualidade foram utilizados os gráficos de controle de Shewhart, CUSUM e EWMA.

Para a construção dos gráficos de controle de Shewhart foi necessário calcular os limites superior de controle (LSC) e inferior (LIC) de especificação, obtidos pelas Equações 4 e 5, respectivamente:

$$LSC = \bar{x} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad \text{Eq. (4)}$$

$$LIC = \bar{x} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad \text{Eq. (5)}$$

Em que:

$\bar{x}$  - Média dos dados;

$\overline{MR}$  - Média da amplitude móvel dos dados;

$d_2$  - Constante quando usada uma amplitude móvel de  $n = 2$  observações ( $d_2 = 1,128$ ) (MONTGOMERY, 2016).

O gráfico de controle da média móvel ponderada exponencialmente (EWMA), descrito na Equação 6, pode ser considerado como uma média ponderada de todas as observações passadas e correntes, sendo insensível à hipótese da normalidade, pois torna-se ideal para ser usado com observações individuais, e é definido como:

$$z_i = \lambda x_i + (1 - \lambda)z_{i-1} \quad \text{Eq. (6)}$$

Em que:

$z_i$  - Valores da  $i$ -ésima observação;

$x_i$  -  $i$ -ésimo valor observado;

$\lambda$  - Constante variando de 0 a 1 ( $0 < \lambda \leq 1$ );

$z$  - Valor alvo ou valor médio no controle.

A linha central (LC), o limite superior (LSC) e inferior de controle (LIC) do gráfico EWMA são representados pelas Equações 7, 8 e 9.

$$LC = \mu_0 \quad \text{Eq. (7)}$$

$$LSC = \mu_0 + L_\sigma \sqrt{\left(\frac{\lambda}{(2-\lambda)}\right)} [1 - (1-\lambda)^{2i}] \quad \text{Eq. (8)}$$

$$LIC = \mu_0 - L_\sigma \sqrt{\left(\frac{\lambda}{(2-\lambda)}\right)} [1 - (1-\lambda)^{2i}] \quad \text{Eq. (9)}$$

Em que:

$\mu_0$  - Média das observações;

$\lambda$  - Constante variando de 0 a 1;

$L_\sigma$  - Número de desvios padrão da média de controle que quer se detectar;

$i$  - Ordem da amostra utilizada.

A interpolação dos dados da vazão dos gotejadores foi realizada pelo modelo estatístico denominado "Inverso da Distância", descrita na Equação 10:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i} z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i}} \quad \text{Eq. (10)}$$

Em que:

$z$  - Valor estimado para o ponto  $z$ ;

$n$  - Número de observações;



$z_i$  - Valores observados;

$d_i$  - Distâncias entre valores observados e estimado ( $z_i$  e  $z$ ).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), empregando-se o Teste F a 5% de probabilidade. A comparação das médias foi realizada através do Teste de Tukey a 5% de significância. Todas as análises estatísticas e gráficos foram realizados no software MINITAB 18.

### 5.2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos dos parâmetros analisados na água com MKP. A qualidade da água é um fator essencial, pois problemas como o entupimento dos emissores diminuem a uniformidade do sistema de irrigação. Dessa forma, análises das fontes de água são extremamente necessárias, uma vez que há exigência de água de boa qualidade (CUNHA et al., 2017). A análise físico-química da água não apresentou nenhum parâmetro que influenciasse no entupimento dos emissores. Todos os parâmetros físico-químicos apresentaram baixo risco de entupimento de acordo com Nakayama e Bucks (1980) e Capra e Scicolone (1998). Porém, a solução analisada apresentou alto teor de Cobre, com valor excedente à tolerância de diversas culturas para irrigação agrícola (PHILIPPI JÚNIOR, 2002).

Tabela 3 Parâmetros físico-químicos da solução com MKP

Parâmetros	Resultado
Ferro Total (mg L <sup>-1</sup> )	0*
Manganês (mg L <sup>-1</sup> )	0*
Potássio (mg L <sup>-1</sup> )	1,03
Sódio (mg L <sup>-1</sup> )	6,5
pH	5,3*
Níquel	0
Cálcio (mg L <sup>-1</sup> )	5,3*
Magnésio (mg L <sup>-1</sup> )	1,7*
Bário (mg L <sup>-1</sup> )	33,9
Cádmio (mg L <sup>-1</sup> )	0
Cromo (mg L <sup>-1</sup> )	0
Cobre (mg L <sup>-1</sup> )	9,5
Chumbo (mg L <sup>-1</sup> )	0
Zinco (mg L <sup>-1</sup> )	0

\*Baixo risco de entupimento, \*\* Risco moderado de entupimento e \*\*\*Risco severo de entupimento.

Na Figura 2, são apresentados os mapas das distribuições de vazão para a fertirrigação com MKP em nível, aclave e declive.

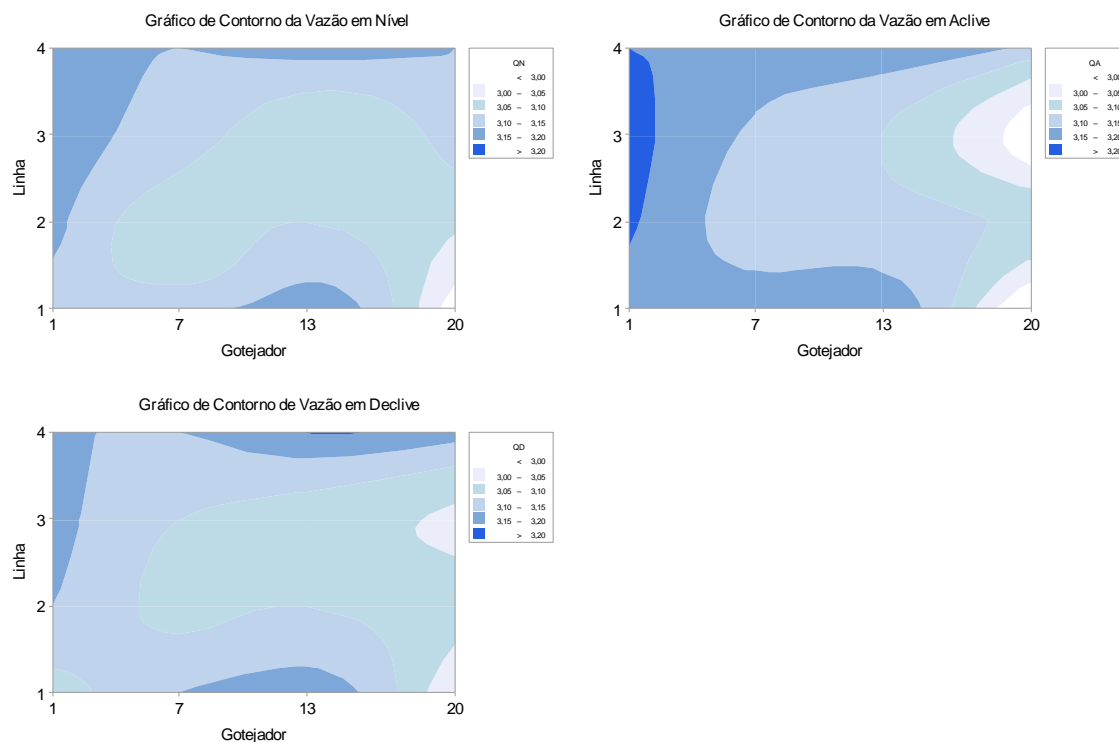


Figura 2 Mapa de distribuição da vazão em Nível, Active e Declive.

No sistema em nível, ocorreu uma ligeira variação da vazão nas linhas. A variação da vazão dos gotejadores ocorre devido às perdas de energia da água por atrito ao longo da tubulação e nas inserções dos gotejadores, ganho ou perda de energia de posição, qualidade de matéria-prima e dos processos de fabricação, obstruções e efeitos da temperatura da água sobre o regime de escoamento e geometria do gotejador (DIAS; MEDEIROS; TEIXEIRA, 2005).

Com relação ao sistema em active, as maiores vazões se encontram no início do sistema, e nota-se uma queda de vazão até o término das linhas. A vazão é reduzida devido à queda de pressão ao longo do trecho; contudo, a uniformidade continua (ALVES et al., 2015).

A concentração das maiores vazões no final da última linha no sistema em declive é explicada pelo aumento gradual da pressão que ocorre até o final da tubulação (MARCUIZZO; WENDLAND, 2011). Para Klein (2013), quanto maior o declive no decorrer da linha, maior a vazão.

A Tabela 4 mostra os valores do CUC da vazão do sistema de fertirrigação por gotejamento com MKP nas diferentes inclinações.

Tabela 4 Estatística descritiva do CUC da vazão dos 25 ensaios de um sistema de fertirrigação por gotejamento com MKP em nível, aclone e declive

Inclinação	CUC (%)	DP	CV (%)	Variância	Mínimo (%)	Máximo (%)
Nível	98,51 <sup>a</sup>	0,173	0,18	0,0299	98,12	98,84
Aclone	98,02 <sup>b</sup>	0,235	0,24	0,0551	97,66	98,64
Declive	98,44 <sup>a</sup>	0,138	0,14	0,0192	98,16	98,73

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DP: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de variação.

A uniformidade da vazão com a utilização do MKP se mostrou excelente para todas as inclinações (> 90%), sendo que o sistema em nível (98,51%) e com declive (98,44%) foram mais uniformes que o sistema em Aclone (98,02%). Thebaldi et al. (2013) obtiveram um CUC de 94,59 a 96,99% ao utilizarem fosfato monoamônico (MAP) purificado (60% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 11% N) no gotejamento. Deus et al. (2011) utilizaram ácido fosfórico na fertirrigação e não obtiveram entupimento dos gotejadores.

Apesar da excelente uniformidade obtida com a utilização do MKP, foi observada após a sua utilização e independente da inclinação utilizada, a precipitação dos seus sais (Figura 3), que pode ter sido provocado pela incompatibilidade do fosfato com sais de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) presentes na água. Os sais precipitados do cálcio são um dos maiores fatores de entupimento de gotejadores (EROGLU et al., 2012). Para Frizzone et al. (2012), alguns fertilizantes, especialmente os fosfatados, podem sofrer precipitação na rede de irrigação, como reação ao pH da solução. Vale et al. (2013) observaram redução na uniformidade de um sistema de fertirrigação por gotejamento devido à formação de precipitados que aderiram aos labirintos dos gotejadores.

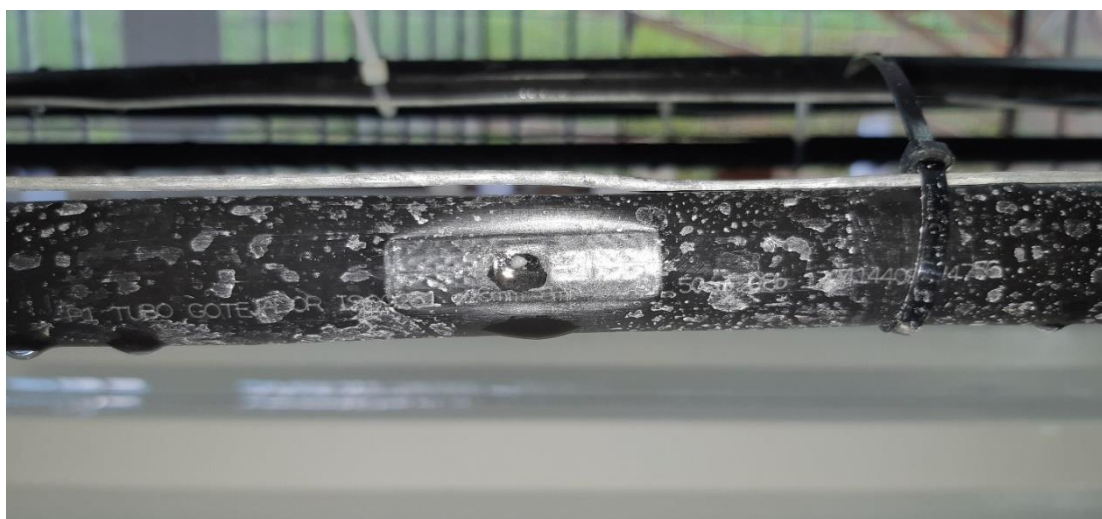


Figura 3 Entupimento no tubo gotejador ocasionado pelo fertilizante MKP.

A Figura 4 demonstra os gráficos de controle de Shewhart para as diferentes inclinações no sistema de fertirrigação por gotejamento com MKP. Os sistemas em nível e em declive se mantiveram sob controle estatístico, enquanto que o sistema em aclone apresentou

um ponto acima do limite superior de controle, indicando que a uniformidade não esteve dentro do desempenho estabelecido no período; embora tenha sido um indicador de excelente desempenho, deve merecer uma atenção especial e ser investigado (JACOBI; SOUZA; PEREIRA, 2002).

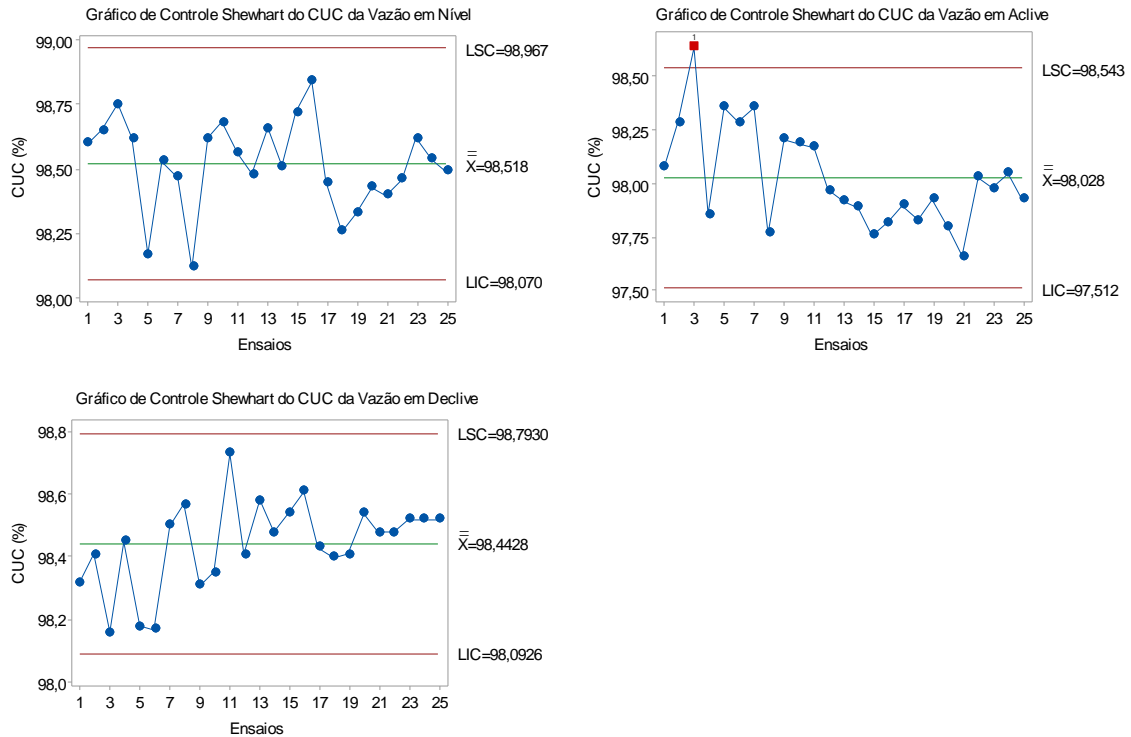


Figura 4 Gráficos de Controle Shewhart para CUC da vazão em Nivel, Active e Declive.

O gráfico EWMA, assim como o gráfico de Shewhart demonstraram que o CUC da vazão do sistema em nível se manteve sob controle estatístico, e o sistema em active fora de controle estatístico (Figuras 4 e 5). Porém, ocorreu uma mudança no sistema em declive, que esteve fora de controle estatístico. No gráfico EWMA pode-se observar tendência de queda na uniformidade do sistema em active durante o processo e aumento da uniformidade para o declive. O aumento na uniformidade da vazão do sistema em declive e diminuição para o active é explicado pelo efeito combinado da diferença de pressão e gravidade. A gravidade ajuda o escoamento descendente, mas se opõe ao escoamento ascendente (ÇENGEL; CIMBALA, 2015). O gráfico de controle EWMA não é utilizado apenas para detectar pequenas variações (RÍAZ et al., 2017), e pode ser utilizado para verificar tendências no processo (SHAMSUZZAMAN et al., 2016).

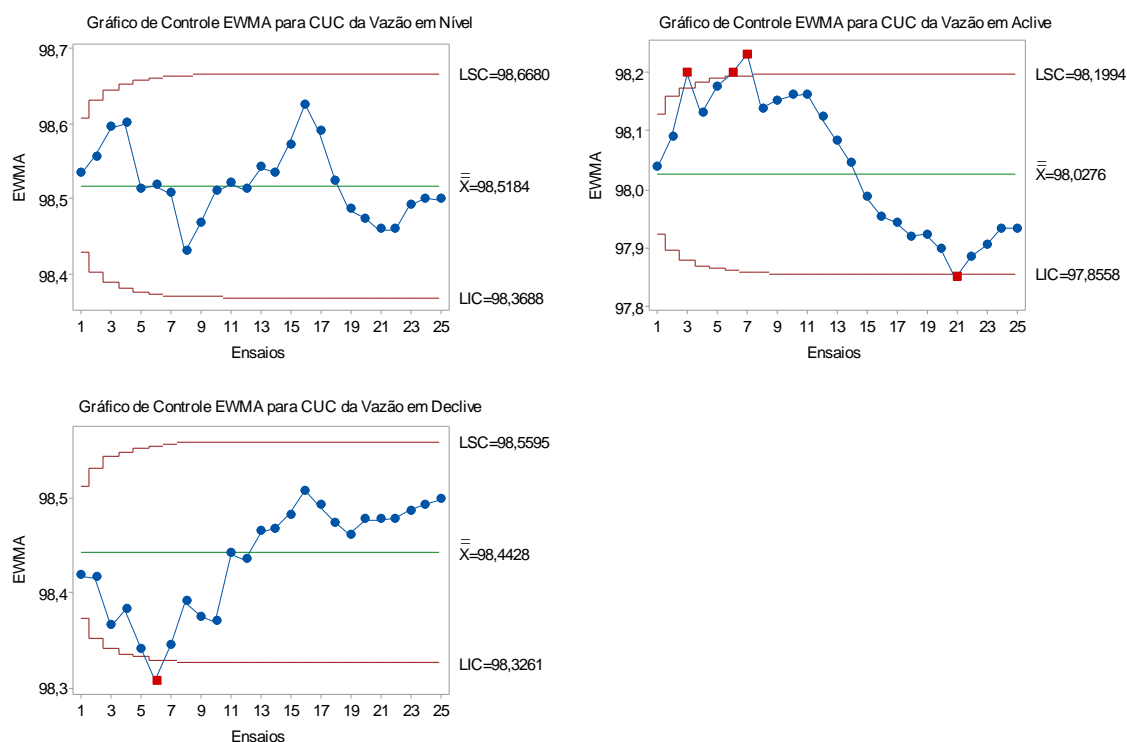


Figura 5 Gráficos de Controle EWMA para CUC da vazão em Nível, Active e Declive.

A Tabela 5 mostra a estatística descritiva do CUC do pH para a fertirrigação por gotejamento com MKP sob diferentes inclinações. Todas as inclinações apresentaram uniformidades excelentes (> 90%) e iguais. A uniformidade do pH se mostrou muito semelhante entre as inclinações, com diferença menor que 0,16% entre si. O pH é um importante indicador de qualidade da solução nutritiva, pois possui efeito sobre a solubilidade dos nutrientes, concentração da solução e forma iônica dos nutrientes, o que por consequência afeta a absorção e utilização dos nutrientes pelas plantas (BERNERT et al., 2015).

Tabela 5 Estatística descritiva do CUC do pH dos 25 ensaios de um sistema de fertirrigação por gotejamento com MKP em nível, active e declive

Inclinação	CUC (%)	DP	CV (%)	Variância	Mínimo (%)	Máximo (%)
Nível	99,59 <sup>a</sup>	0,316	0,32	0,0997	98,97	100,00
Active	99,58 <sup>a</sup>	0,321	0,32	0,103	98,95	100,00
Declive	99,57 <sup>a</sup>	0,336	0,34	0,113	98,87	100,00

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DP: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de variação.

Na Figura 6, apresentam-se os gráficos Shewhart para CUC do pH com diferentes inclinações. O sistema em declive esteve fora dos limites de controle; apesar dos sistemas em nível e active não apresentarem pontos fora dos limites de controle, foram observadas sequências do 10º ao 18º ponto acima da linha média, indicando uma falta de controle. Para Montgomery (2016), quando sete pontos consecutivos estão abaixo ou acima da linha média,

torna-se uma tendência de dados e uma provável falta de controle estatístico. Andrade et al. (2017), ao estudarem o controle estatístico da qualidade na uniformidade da vazão, detectaram tendência de 7 pontos abaixo da linha central, indicando tendência e falta de controle estatístico.

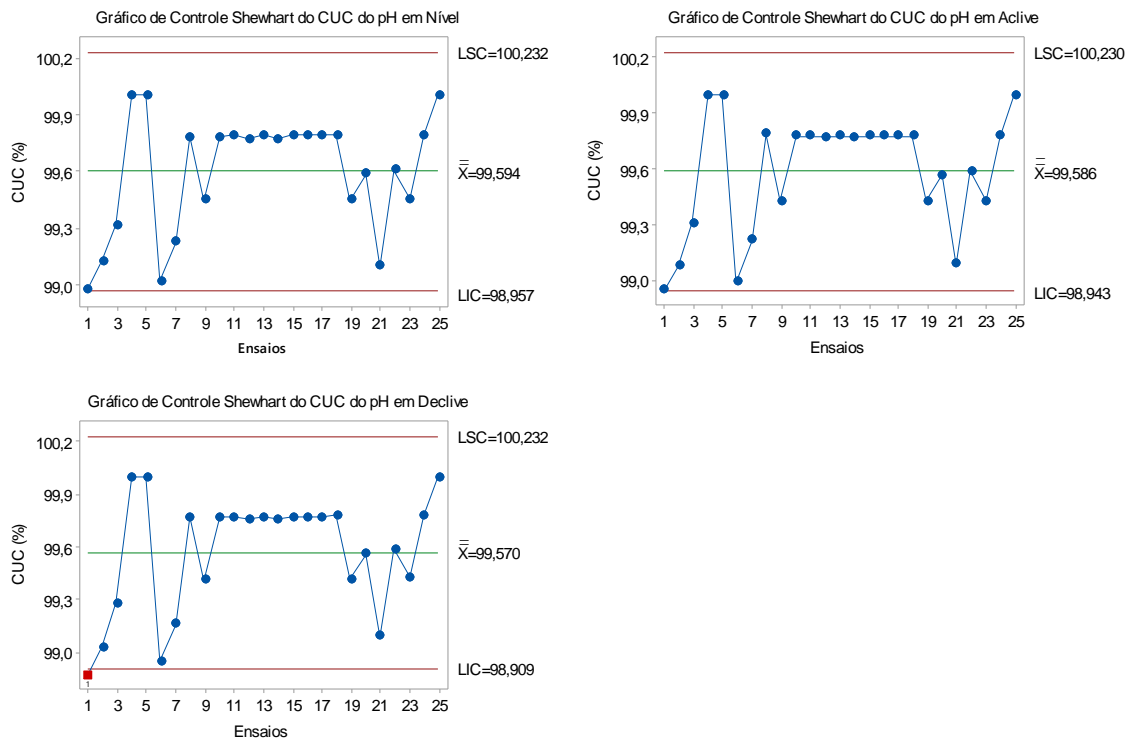


Figura 6 Gráficos de Controle Shewhart para CUC do pH em Nível, Active e Declive.

Constata-se na Figura 7 que todas as inclinações apresentaram pontos fora dos limites de controle, indicando um processo fora de controle. Os pontos durante o processo apresentaram as mesmas tendências, com ensaios iniciais isolados abaixo da linha de controle inferior. Os pontos isolados detectados podem ser resultados de flutuações na pressão, fadiga do operador, alguma variável no equipamento ou variações climáticas (JUSTI; SAIZAKI, 2015). Para Siqueira et al. (2018), o gráfico EWMA é o mais indicado para avaliação de sistemas de irrigação, devido a sua sensibilidade em detectar as pequenas variações no processo.

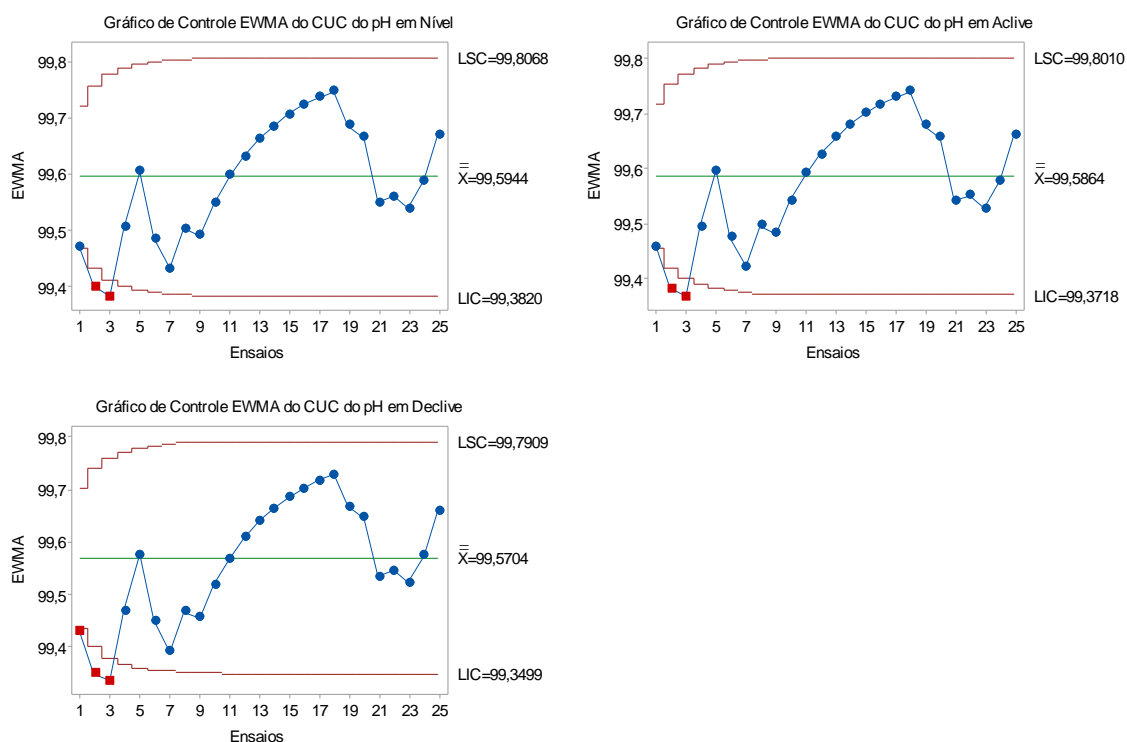


Figura 7 Gráficos de Controle EWMA para CUC do pH em Nível, Aclive e Declive.

A uniformidade da condutividade elétrica do sistema de fertirrigação com MKP com diferentes inclinações está descrita na Tabela 6. Para todas as inclinações, a uniformidade foi excelente (> 90%). O MKP é uma alternativa viável de aplicação de fósforo por fertirrigação (HOPKINS et al., 2010).

Tabela 6 Estatística descritiva do CUC da CE dos 25 ensaios de um sistema de fertirrigação por gotejamento com MKP em nível, aclive e declive

Inclinação	CUC (%)	DP	CV (%)	Variância	Mínimo (%)	Máximo (%)
Nível	99,78 <sup>a</sup>	0,196	0,20	0,0386	98,91	99,91
Aclive	99,78 <sup>a</sup>	0,153	0,15	0,0235	99,33	99,90
Declive	99,76 <sup>a</sup>	0,060	0,06	0,0036	99,58	99,85

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DP: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de variação.

A Figura 8 mostra o monitoramento pelo gráfico de Shewhart da uniformidade da CE de um sistema de fertirrigação com MKP com diferentes inclinações. Em todas as situações o processo esteve fora de controle estatístico, apresentando pontos isolados abaixo do limite inferior de controle. A causa das quedas na uniformidade da CE que geraram os pontos isolados no processo pode estar relacionada a falhas no equipamento, entupimentos, solubilidade do fertilizante e condições climáticas (RIBEIRO; MAIA; MEDEIROS, 2005). Em um manejo correto da fertirrigação, deve-se evitar variações na CE que proporcionem uma menor uniformidade. Para Li, Stanghellini e Challa (2001), o aumento da condutividade elétrica pode aumentar as desordens fisiológicas nos frutos.

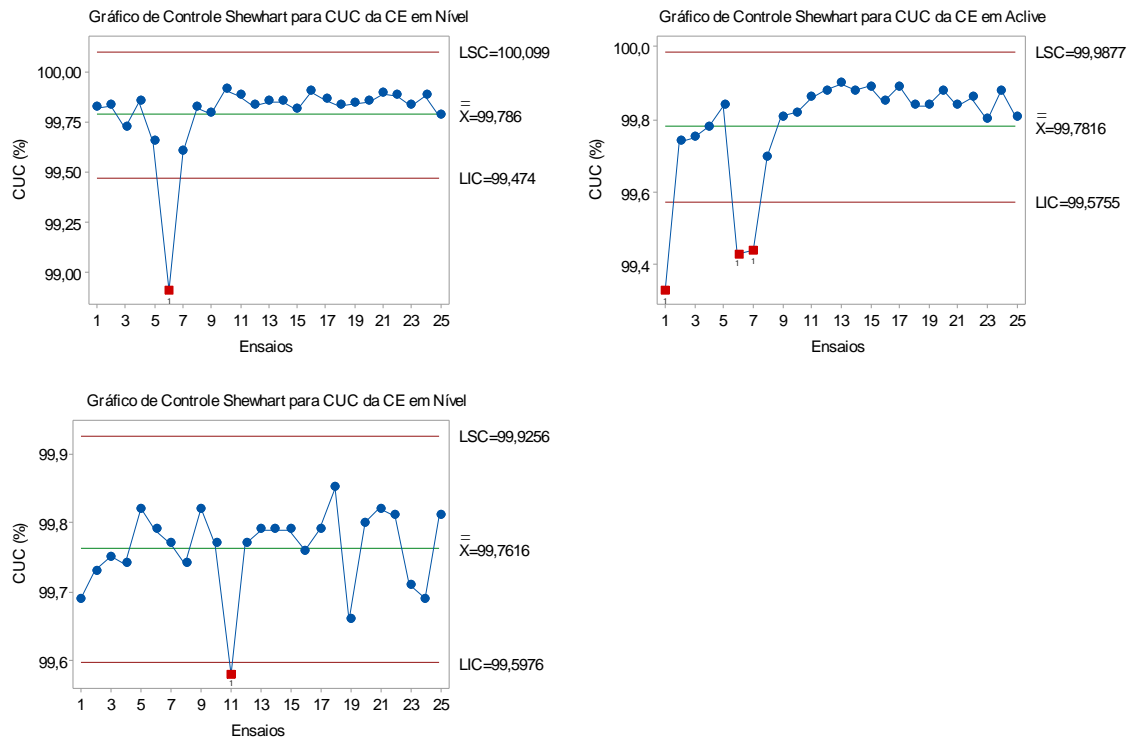


Figura 8 Gráficos de Controle Shewhart para CUC da Condutividade Elétrica em Nível, Active e Declive.

Analisando o gráfico EWMA do CUC da CE (Figura 9), nota-se que as inclinações em nível e active estão fora de controle estatístico, e a inclinação em declive está sob controle estatístico. A uniformidade da condutividade elétrica em declive provou que o gráfico de Shewhart reage a mudanças maiores (11<sup>o</sup> ponto abaixo do limite inferior), enquanto que o EWMA não reagiu a essa mudança, possuindo como característica um bom funcionamento para pequenas mudanças (MONTGOMERY, 2016).



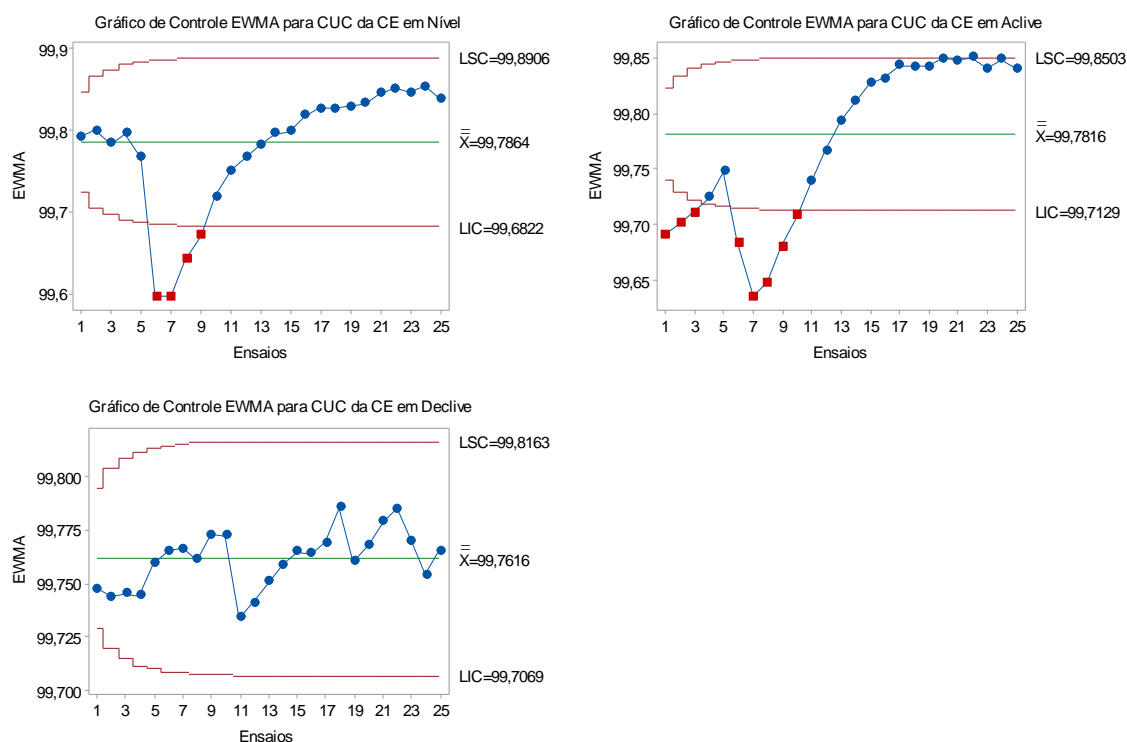


Figura 9 Gráficos de Controle EWMA para CUC da Condutividade Elétrica em Nivel, Aclive e Declive.

A Tabela 7 mostra a estatística descritiva do CUP. Em todas as inclinações, a uniformidade foi excelente, sendo que os sistemas em nível (99,79%) e declive (99,66%) apresentaram as maiores uniformidades. Barreto Filho et al. (2000), ao estudarem o desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, obtiveram valores de 83,5 a 93,8% no CUP. Alves et al. (2008), ao verificarem a uniformidade da pressão em microaspersores novos e usados, obtiveram 89,59 e 87,9% de CUP, respectivamente. Santiago, Montenegro e Montenegro (2004) obtiveram CUP na microaspersão variando de 96,87 a 97,75%. A variação da pressão ao longo da linha lateral é determinada pela queda de energia devido ao atrito e ganho (ou perda) de energia devido às inclinações (WU; SARUWATARI; GITLIN, 1983).

Tabela 7 Estatística descritiva do CUP dos 25 ensaios de um sistema de fertirrigação por gotejamento com MKP em nível, aclive e declive

Inclinação	CUC (%)	DP	CV (%)	Variância	Mínimo (%)	Máximo (%)
Nível	99,79 <sup>a</sup>	0,076	0,08	0,0059	99,63	99,96
Aclive	99,46 <sup>b</sup>	0,218	0,22	0,0474	99,06	99,78
Declive	99,66 <sup>a</sup>	0,267	0,27	0,0714	99,15	99,98

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DP: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de variação.

Analisando os gráficos de Shewhart do CUP (Figura 10), nota-se que em todas as inclinações a uniformidade da pressão esteve fora de controle estatístico. A diferença de nível e fatores hidráulicos afetam a pressão de um emissor (LIMA et al., 2003).

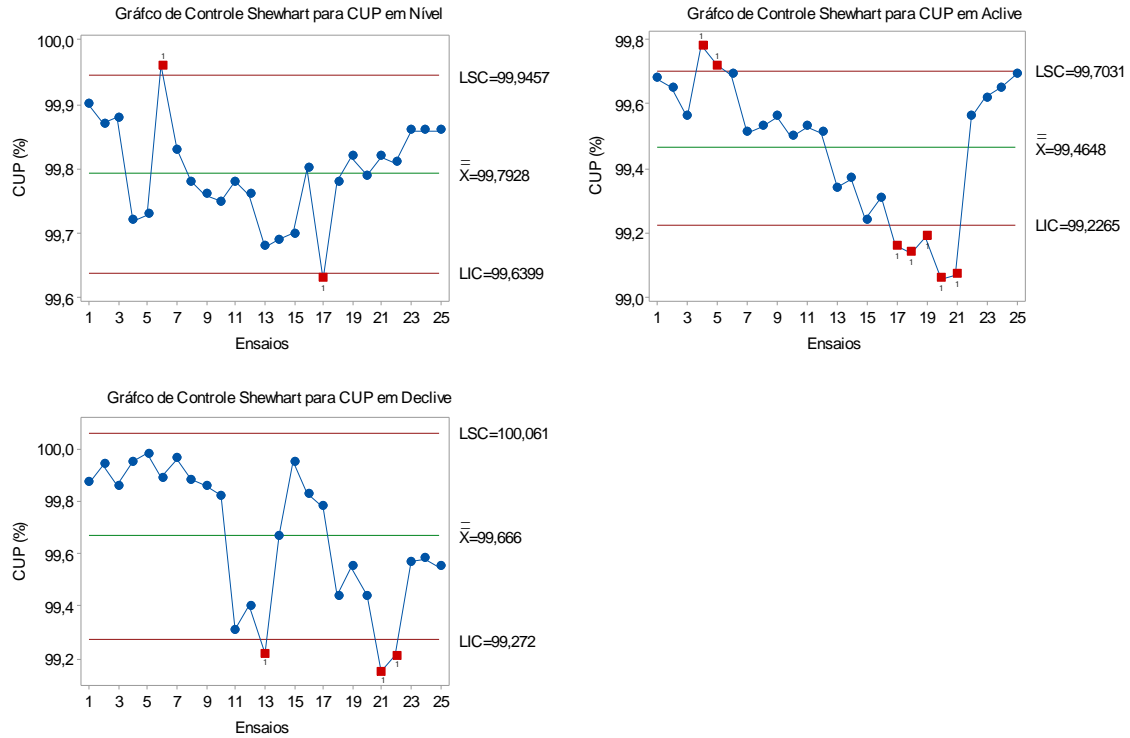


Figura 10 Gráficos de Controle Shewhart para Coeficiente de Uniformidade de Pressão em Nivel, Active e Declive.

O gráfico EWMA para CUP (Figura 11) demonstrou menor sensibilidade na detecção de pontos fora dos limites de controle quando comparado ao gráfico de Shewhart para CUP (Figura 10). O gráfico EWMA tem mais poder em detectar menores diferenças significativas entre as médias do que Shewhart (RIBEIRO JÚNIOR, 2013). Siqueira et al. (2018) consideraram o gráfico EWMA mais adequado para avaliação do sistema de irrigação por microaspersão, devido a sua capacidade de detectar pequenas variações no processo, e Andrade et al. (2018) relatam que o gráfico EWMA é relevante na detecção de pequenas variabilidades na avaliação da uniformidade de microaspersores com energia fotovoltaica.

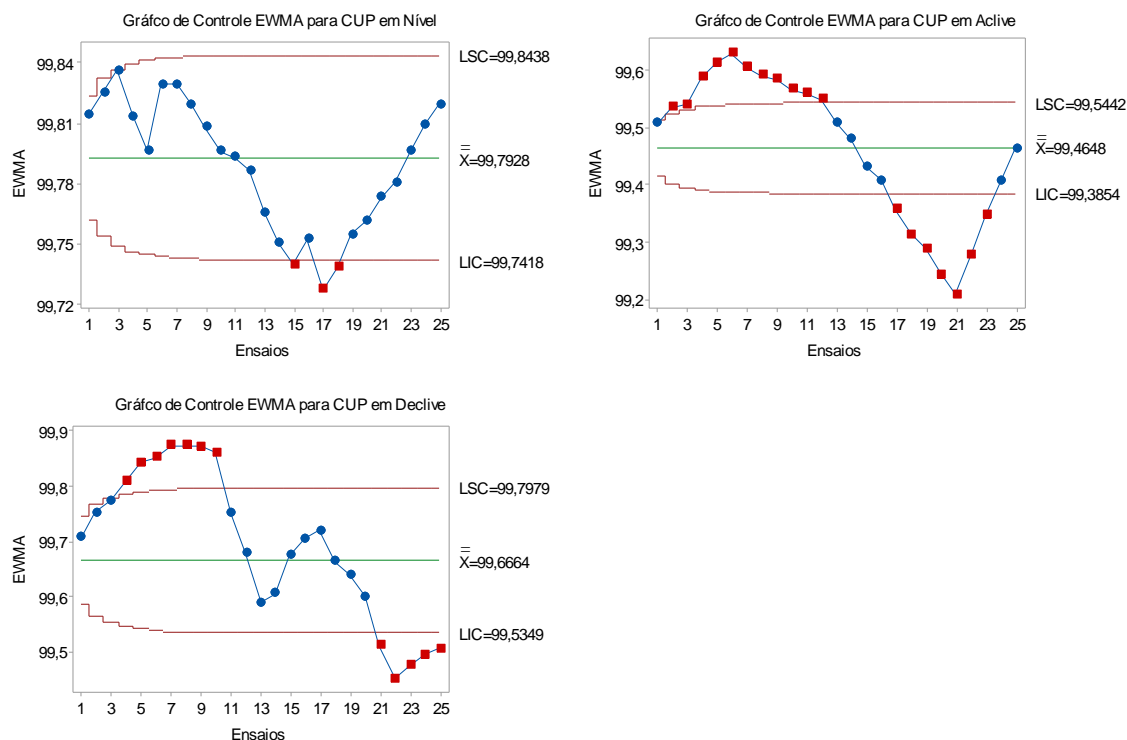


Figura 11 Gráficos de Controle EWMA para Coeficiente de Uniformidade da Pressão em Nível, Active e Declive.

## 5.2.4 CONCLUSÕES

A fertirrigação com MKP demonstrou excelência na uniformidade da vazão, da condutividade elétrica, pH e pressão em todas as inclinações, sempre com uniformidades superiores a 90%.

Os sistemas em nível e declive se mostraram os mais uniformes, com maiores uniformidades da vazão e pressão. Na uniformidade do pH e da condutividade elétrica, a inclinação não teve efeito.

Para a uniformidade da vazão, o sistema em nível esteve sob controle estatístico, enquanto que os sistemas em declive e active estiveram fora de controle estatístico.

Na avaliação da uniformidade do pH, o gráfico de Shewhart apresentou tendências, enquanto que o gráfico EWMA apresentou pontos fora de controle estatístico.

Em todas as inclinações, a uniformidade da pressão foi excelente com índices próximos a 100%. No entanto, todos os gráficos de controle mostraram que o processo esteve fora de controle estatístico.

O uso dos gráficos de controle de Shewhart e EWMA se mostraram eficientes no processo da uniformidade, detectando possíveis problemas que afetam a uniformidade do sistema.

## 5.2.5 REFERÊNCIAS

- ALVES, E. S.; ARAÚJO, L. M.; ALVES, J. S. D.; SANTOS, J. E. O. S.; ZIMBACK, C. R. L. Geostatística aplicada à uniformidade de aplicação de água em sistema de irrigação por gotejamento usado e novo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 9, n. 3, p. 127-135, 2015.
- ALVES, W. W. A.; DANTAS NETO, J. S.; MATOS, J. A. M.; AZEVEDO, C. A. V.; LIMA, V. L. A. Variabilidade espacial de vazão e pressão em subunidade de microaspersão com emissores novos e usados. **Revista Ambiente & Água**, v. 3, n. 3, p. 67-80, 2008.
- AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS – ASABE. **Field evaluation of micro-irrigation systems**. St. Joseph, p. 792-797, 1996.
- ANDRADE, M. G.; VILAS BOAS, M. A.; SIQUEIRA, J. A. C.; DIETER, J.; SATO, M.; HERMES, E.; MERCANTE, E.; TOKURA, L. K. Statistical quality control for the evaluation of the uniformity of microsprinkler irrigation with photovoltaic solar energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 78, p. 743-753, 2017.
- ANDRADE, M. G.; VILAS BOAS, M. A.; SIQUEIRA, J. A. C.; SATO, M.; DIETER, J.; HERMES, E.; MERCANTE, E. Uniformity microsprinkler irrigation system using statistical quality control. **Ciência Rural**, v. 47, n. 4, p. 1-7, 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Equipamentos de irrigação agrícola – Emissores e tubos emissores – Especificações e métodos de ensaio**. ABNT NBR ISSO 9261. São Paulo: ABNT, 2006. 17p.
- AZEVEDO, B. M.; FERNANDES, C. N. V.; AMARGO, D. C.; GARCIA, A. C.; VIANA, T. V. A.; CAMPÊLO, A. R. Fertirrigação potássica do cajueiro com diferentes fontes e formas de diluição do cloreto de potássio. **Irriga**, v. 19, n. 2, p. 325-332, 2014.
- AZEVEDO, B. M.; FERNANDES, C. N. V.; NASCIMENTO NETO, J. R.; VIANA, T. V. A.; VASCONCELOS, D. V.; FERNANDES, C. N. D. Frequência da fertirrigação fosfatada na produtividade da cultura da melancia. **Irriga**, v. 21, n. 2, p. 257-268, 2016.
- BARRETO FILHO, A. A.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J. A.; GOMES, E. M. Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalado a nível de campo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 309-314, 2000.
- BERNERT, M. R.; ESCHEMACK, V.; JADOSKI, S. O.; LIMA, A. S.; POTT, C. A. Características do pH e condutividade elétrica no manejo da fertirrigação. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 8, n. 1, p. 80-87, 2015.
- BORSSOI, A. L.; VILAS BOAS, M. A.; REISDÖRFER, M.; HERNÁNDEZ, R. H.; FOLLADOR, F. Water application uniformity and fertigation in a dripping irrigation set. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 4, p. 718-726, 2012.
- CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 70, n. 4, p. 355-365, 1998.
- ÇENGEL, Y. A.; CIMBALA, J. M. **Mecânica dos Fluidos: fundamentos e aplicações**. 3 ed. Porto Alegre: AMGH, p. 990, 2005.
- CHAPAGAIN, B. P.; WIESMAN, Z. Effect of nutri-vant-peak foliar spray on plant development, yield and fruit quality in greenhouse tomatoes. **Scientia Horticulture**, v. 102, p. 177-188, 2004.

CHINCILLA, S. R. A.; SILVA, E. F. F.; ALMEIDA, C. D. G. C.; SILVA, A. O.; SANTOS, P. R. Statistical process control in the assessment of drip irrigation using wastewater. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 1, p. 47-54, 2018.

CHRISTIANSEN, E. J. **Irrigation by sprinkling**. 1 ed. Berkley: University of California, p. 132, 1942.

CONCEIÇÃO, K. Z.; VILAS BOAS, M. A.; SAMPAIO, S. C.; REMOR, M. B.; BONAPARTE, D. I. Statistical control of the process applied to the monitoring of the water quality index. **Engenharia Agrícola**, v. 38, n. 6, p. 951-960, 2018.

CUNHA, F. F.; SILVA, T. R.; MUCHALAK, S. M.; MAGALHÃES, F. F.; SILVA, S. Q. Gotejadores e dispositivos final de linha operando com águas contendo material orgânico. **Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 2, p. 173-181, 2017.

CUNHA, F. N.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, N. F.; MOURA, L. M. F.; TEIXEIRA, M. B.; GOMES FILHO, R. R. Variabilidade temporal da uniformidade de distribuição em sistema de gotejamento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 7, n. 4, p. 248-257, 2013.

CUNHA, F. N.; TEIXEIRA, M. B.; RODRIGUES, C. R.; MORAES, G. S.; SILVA, I. O. F.; ALVES, D. K. M. Uniformidade de irrigação por gotejamento sob fertirrigação com fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 12, n. 7, p. 3118-3128, 2018.

DANTAS, D. C.; SILVA, E. F. F.; MELO, R. F.; DANTAS, M. S. M.; SILVA, G. F.; SILVA, M. M. Desempenho de um sistema de irrigação por gotejamento utilizando efluente doméstico. **Irriga**, Edição Especial, p. 179-189, 2014.

DEUS, A. C. F.; COSTA, C. D. O.; FORATTO, L. C.; FERNANDES, D. M.; CARRIBEIRO, I. S. Alfaca americana fertirrigada com diferentes doses de potássio. **Irriga**, v. 16, n. 2, p. 125-133, 2011.

DIAS, N. S.; MEDEIROS, J. F.; TEIXEIRA, M. B. Avaliação de diferentes modelos, vazões e espaçamentos de gotejadores na irrigação do meloeiro. **Irriga**, v. 10, n. 3, p. 263-271, 2005.

EROGLU, S.; SAHIN, U.; TUNC, T.; SAHIN, F. Bacterial application increased the flow rate of CaCO<sub>3</sub>-clogged emitters of drip irrigation system. **Journal of Environmental Management**, v. 98, p. 37-42, 2012.

FREITAS, C. A. S.; NOGUEIRA, L. K. A.; MOREIRA, L. C. J.; FERREIRA, C. S. Desempenho hidráulico de gotejadores sob o tempo de exposição ao esgoto doméstico tratado. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 1, p. 214-219, 2015.

FRIGO, J. P.; VILAS BOAS, M. A.; FRIGO, J. P.; FRIGO, E. P. Comparação entre gráficos de controle de Shewhart, Cusum e MMEP no processo de irrigação por aspersão convencional. **Irriga**, v. 01, p. 56-70, 2016.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: Gotejamento e microaspersão**. 1 ed. Maringá: EDUEM, p. 356, 2012.

HASSANLI, A. M.; AHMADIRAD, S.; BEECHAM, S. Evaluation of the influence methods and water quality on sugar beet yield and water use efficiency. **Agricultural Water Management**, v. 97, p. 357-362, 2010.

HOPKINS, B. G.; ELLSWORTH, J. W.; SHIFFLER, A. K.; COOK, A. G.; BOWEN, T. R. Monopotassium phosphate as an in-season fertigation option for potato. **Journal of Plant Nutrition**, v. 33, p. 1422-1434, 2010.

- JACOBI, L. F.; SOUZA, A. M.; PEREIRA, J. E. S. Gráfico de controle de regressão aplicado na monitoração de processos. **Revista Produção**, v. 12, n. 1, p. 46-59, 2002.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v. 17, p. 678-684, 1975.
- KLEIN, M.; SZEKUT, F.; SUSZEK, F.; REIS, C.; AYMORÉ, C.; GUERRA, J.; VILAS BOAS, M. A. Uniformidade de irrigação e fertirrigação em um sistema de irrigação familiar por gotejamento sob diferentes cargas hidráulicas. **Engenharia Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 56-69, 2013.
- JUSTI, A. L.; SAIZAKI, P. M. Desempenho da irrigação e fertirrigação por controle estatístico de qualidade. **Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 6, p. 541-551, 2015.
- LI, Y. L.; STANGHELLINI, C.; CHALLA, H. Effect of electrical conductivity and transpiration on production of greenhouse potato (*Lycopersicon esculentum* L.). **Scientia Horticulturae**, v. 88, n. 1, p. 11-29, 2001.
- LIMA, S. C. R. V.; FRIZZONE, J. A.; COSTA, R. N. T.; SOUZA, F.; PEREIRA, A. S.; MACHADO, C. C.; VALNIR JÚNIOR, M. Curvas de desempenho de válvulas reguladoras de pressão novas e com diferentes tempos de utilização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 201-209, 2003.
- MARCUZZO, F. F. N.; WENDLAND, E. Distribuição de pressão em rede de irrigação localizada otimizada por algoritmos genéticos. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 3, p. 497-505, 2011.
- MARTIN, E. C.; SRIBOONBLUE, S.; BASSO, B.; SUBRAMANI, J. Dairy manure impact on soil phosphorous, nitrogen and salt concentration in an oat-maize rotation in Southwestern United States. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 27, n. 1, p. 87-95, 2011.
- MEDEIROS, P. R.; DUARTE, S. N.; UYEDA, C. A.; SILVA, E. F. F.; MEDEIROS, J. F. Tolerância da cultura do tomate à salinidade do solo em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 51-55, 2012.
- MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, p. 549, 2016.
- NAKAYAMA, F. S.; BUCKS, D. A. **Trickle irrigation for crop production**. 1 ed. St. Joseph: Elsevier, p. 383, 1986.
- NASCIMENTO, J. M. S.; LIMA L. A.; CARARO, D. C.; CATRO, E. M.; SILVA, M. V. G. Avaliação da uniformidade de aplicação de água em um sistema de gotejamento para pequenas propriedades. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1728-1733, 2009.
- OLIVEIRA, F. A.; DUARTE, S. N.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; OLIVEIRA, M. K. T.; SILVA, R. C. P.; LIMA, K. S. Nutrição mineral do pimentão submetido a diferentes manejos de fertirrigação. **Horticultura Brasileira**, v. 33, n. 2, p. 216-223, 2015.
- ORSSATTO, F.; VILAS BOAS, M. A.; EYNG, E. Gráfico de controle da média móvel exponencialmente ponderada: aplicação na operação e monitoramento de uma estação de tratamento de esgoto. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 4, p. 543-550, 2015.
- PHILIPPI JÚNIOR, A. **Reúso de água**. 1 ed. São Paulo: Editora Manole, p. 550, 2002.
- RÍAZ, M.; MAHMOOD, T.; ABBASI, S. A.; ABBAS, N.; AHMAD, S. Linear profile monitoring using EWMA structure under ranked set schmes. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 91, p. 2751-2775, 2017.

RIBEIRO, G. M.; MAIA, C. E.; MEDEIROS, J. F. Uso da regressão linear para estimativa da relação entre a condutividade elétrica e a composição iônica da água de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 1, p. 15-22, 2005.

SAJYAN, T. K.; SHABAN, N.; RIZKALLAH, J.; SASSINE, Y. N. Effects of monopotassium-phosphate, nano-calcium fertilizer, acetyl salicylic acid and glycinebetaine application on growth and production of tomato (*Solanum lycopersicum*) crop under salt stress. **Agronomy Research**, v. 16, n. 3, p. 872-883, 2018.

SANTIAGO, F. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L. Avaliação de parâmetros hidráulicos e manejo da irrigação por microaspersão em área de assentamento. **Engenharia Agrícola**, v. 24, n. 3, p. 623-643, 2004.

SARRWY, S. M. A.; MOHAMED, E. A.; HASSAN, H. S. A. Effect of foliar sprays with potassium nitrate and mono-potassium phosphate on leaf mineral contents, fruit set, yield and fruit quality of picual olive trees grown under sandy soil conditions. **American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science**, v. 8, p. 420-430, 2010.

SHAMSUZZAMAN, M.; KHOO, M. B. C.; HARIDY, S.; ALSYOUF, I. An optimization design of the combined Shewhart-EWMA control chart. **International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 86, p. 1627-1637, 2016.

SILVA, K. B.; SILVA JÚNIOR, M. J.; BATISTA, R. O.; SANTOS, D. B.; BARBOSA FILHO, S. Desempenho de gotejadores operando com efluente da castanha de caju sob distintas pressões de serviço. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p. 339-346, 2013.

SIQUEIRA, M. M. K.; VILAS BOAS, M. A.; SIQUEIRA, J. A. C.; TOKURA, L. K. Techniques for quality control in football field located in agricultural area. **Journal of Agricultural Science**, v. 10, n. 9, p. 430-442, 2018.

SOUSA, V. F.; FOLEGATTI, M. V.; FRIZZONE, J. A.; CORRÊA, R. A. L.; ALENCAR, C. M. Distribuição de fertilizantes em um sistema de fertirrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 186-189, 2003.

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**, v. 18, p. 212-222, 2013.

VALE, H. S. M.; ARRUDA, L. E. V.; COSTA, D. O.; COSTA, F. G. B.; BATISTA, R. O. Potencial de entupimento de um sistema de irrigação por gotejamento operando com esgoto doméstico tratado. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 2, n. 1, p. 63-70, 2013.

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L.; SCARAMUZZA, J. F. Saturação por bases e doses de P no crescimento de nutrição de mudas de cerejeira (*Amburana Acreana* Ducke). **Nativa**, v. 3, n. 1, p. 1-9, 2015.

VILAS BOAS, M. A. **Fundamentos de irrigação localizada**. 1 ed. Cascavel: EDUNIOESTE. p. 119, 2016.

WU, L. P.; SARUWATARI, C. A.; GITLIN, H. M. Design of drip irrigation lateral length on uniform slopes. **Irrigation Science**, v. 4, p. 117-135, 1983.

ZHANG, L.; HUI, X.; CHEN, J. Effects of terrain slope on water distribution and application uniformity for sprinkler irrigation. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 11, n. 3, p. 120-125, 2018.

### 5.3 ARTIGO 3: CONTROLE DA QUALIDADE DA FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO COM TURFA LÍQUIDA

#### RESUMO

A utilização da turfa líquida na fertirrigação é uma alternativa à fertirrigação mineral. Contudo, é necessário monitorar a qualidade desse fertilizante organomineral devido aos efeitos que pode acarretar ao sistema de fertirrigação. Assim, objetivou-se com o presente estudo avaliar a uniformidade de um sistema de fertirrigação por gotejamento com turfa líquida e monitorá-lo através do controle estatístico da qualidade. O experimento foi conduzido no Laboratório de Irrigação e Fertirrigação, no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, em Cascavel, Paraná, Brasil. Nos ensaios, foram determinados a vazão, o pH e a condutividade elétrica em sistemas de irrigação em nível (0%), aclive (2%) e declive (2%); posteriormente, a uniformidade foi determinada pelo coeficiente de uniformidade de Christiansen (CUC). A pressão foi obtida por um manômetro no início e no final do sistema, sendo a sua uniformidade determinada pelo coeficiente de uniformidade de pressão (CUP). Através dos coeficientes obtidos, o monitoramento da qualidade foi realizado pelos gráficos de controle de Shewhart e CUSUM. Em todas as inclinações, a vazão dos gotejadores aumentava e diminuía durante as linhas. A turfa líquida obteve uniformidades de vazão, pH, condutividade elétrica e pressão excelentes. A maior uniformidade média da vazão (CUC = 98,34%) e pressão foi atribuída ao sistema em nível e a pior uniformidade da vazão (CUC=95,23%) e pressão (CUC=98,58%) foi atribuída ao sistema em declive. O monitoramento da uniformidade do pH mostrou em todas as inclinações tendências, indicando um processo fora de controle estatístico, ocasionado pela estabilidade da uniformidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** gráficos de controle, uniformidade, fertilizante organomineral.

### ARTICLE 3: QUALITY CONTROL OF DRIP FERTIGATION WITH LIQUID PEAT

#### ABSTRACT

The use of liquid peat in fertigation is an alternative to mineral fertigation. However, it is necessary to monitor the quality of this organomineral fertilizer due to the effects that it may cause to the fertigation system. Thus, the aim of this study was to evaluate the uniformity of a drip fertigation system with liquid peat and to monitor it through statistical quality control. The experiment was carried out at the Irrigation and Fertigation Laboratory (LIF), at the Experimental Nucleus of Agricultural Engineering (NEEA), at the Western Paraná State University (UNIOESTE), located in Cascavel, state of Paraná, Brazil. In the tests, the flow rate, pH, and the electrical conductivity were determined in level (0%), upslope (2%), and downslope (2%) fertigation systems; then, the uniformity was determined by Christiansen Uniformity Coefficient (CUC). Pressure was obtained using a manometer at the beginning and the end of the system, and its uniformity was determined by the pressure uniformity coefficient (CUP). Through the selected coefficients, quality monitoring was performed by Shewhart and CUSUM control charts. On all slopes, the drip flow increased and decreased throughout the lines. Liquid peat obtained excellent flow uniformities, pH, electrical conductivity, and pressure. Highest average uniformity of flow (CUC = 98,34%) was attributed to the system in level and the worst uniformity of flow (CUC=95,23%) and pressure (CUC=98,58%) was attributed to the system on downslope. The monitoring of pH uniformity showed trends in all slopes, indicating a process out of statistical control caused by stability of uniformity.

**KEYWORDS:** control chart, uniformity, organomineral fertilizer.



### 5.3.1 INTRODUÇÃO

A fertirrigação é definida como procedimento mediante o qual são distribuídos fertilizantes às plantas através da água da irrigação. Por meio dessa prática, se consegue pôr à disposição da planta, de forma controlada, os nutrientes necessários (VILAS BOAS, 2016).

O uso da fertirrigação possibilita a otimização do uso de insumos, tanto em aspectos relacionados à produtividade quanto à qualidade final dos produtos obtidos, sendo mais comum sua adoção em culturas irrigadas por sistemas localizados, principalmente o gotejamento (OLIVEIRA; VILLAS BÔAS, 2008).

Dentre os diversos tipos de fertilizantes utilizados na fertirrigação, os de origem orgânica têm sido usados como complementos de grande valor, visto que, com a baixa lucratividade das atividades agrícolas e a preocupação com a agricultura sustentável, torna-se necessária a definição de um sistema capaz de obter maior produtividade atrelada a eficiência, melhorando a nutrição e o desenvolvimento das culturas (LANA; RAMPIM; VARGAS, 2014).

Os fertilizantes organominerais possuem fórmulas com menor concentração em NPK e são fabricados em associação com fertilizantes orgânicos, o que potencializa os efeitos dos nutrientes minerais a serem disponibilizados às plantas (MELO JÚNIOR et al., 2012). A aplicação de fertilizantes organominerais vem sendo utilizada para atender à demanda nutricional das plantas, pois essa prática pode reduzir a necessidade de fontes químicas, favorecendo a melhoria da estrutura do solo e a utilização de nutrientes pelas plantas (CARVALHO et al., 2015).

A forma líquida de fertilizantes organominerais enquadra-se nas categorias de ativantes biológicos, estimulantes e reguladores de crescimento, fontes de nutrientes minerais de baixa concentração, condicionadores e agentes umectantes. Esse tipo de produto é relativamente novo e ainda pouco estudado (OLIVEIRA et al., 2018).

Dentre os fertilizantes organominerais líquidos, destaca-se a turfa. A turfa líquida é fonte pura de substâncias húmicas, que são agregados moleculares que constituem a parte principal da matéria orgânica natural. Os principais componentes da turfa líquida são os ácidos húmicos e fúlvicos, que são derivados da Leonardita Australiana. Os ácidos húmicos atuam indiretamente, alterando a dinâmica microbiana da rizosfera, por estimularem a exsudação de ácidos orgânicos e de açúcares pelas raízes; assim, servem como fonte de energia para microorganismos do solo e disponibilidade de nutrientes no solo (PUGLISI et al., 2013). A fertirrigação com substâncias húmicas pode ser uma opção interessante para melhorar a fertilidade e a umidade do solo, levando a um melhor crescimento vegetal (SELIM; MOSA, 2012).

Para a avaliação de um sistema de irrigação, a mensuração da distribuição da água aplicada e da sua pressão é fundamental para determinar seu desempenho (CUNHA et al.,

2014). Através da distribuição da vazão aplicada e da pressão de entrada e de saída, são determinados coeficientes de uniformidade, que classificam o funcionamento do sistema. A uniformidade é a uma medida da capacidade de um sistema de irrigação de aplicar a mesma quantidade em todos os lugares da área irrigada (MOHAMED et al., 2019), sendo sua avaliação imprescindível (FREITAS et al., 2015). Diversos fatores afetam a uniformidade de um sistema de fertirrigação: variação de vazão, variação de pressão por perda de carga, obstrução de emissores e variações de temperatura, além do desnível geométrico (NASCIMENTO et al., 2009).

Um conceito a se interpretar com cautela é o de uniformidade de emissão do sistema de irrigação localizada frente a diferentes declividades (SAAD; MARCUSSI, 2006). Para Zhang, Hui e Chen (2018), a distribuição de água na irrigação em áreas inclinadas é muito diferente da distribuição em áreas planas.

O monitoramento da irrigação por gotejamento é ainda mais importante, pois com o uso de fertilizantes e águas de qualidade inferior, há possibilidade de problemas ao sistema por dificultar sua aplicação no campo, principalmente em função do pequeno diâmetro dos emissores e possibilidade de entupimento, o que influencia a sua uniformidade (HERMES et al., 2018).

O controle estatístico do processo é um conjunto de ferramentas utilizado para avaliar a qualidade de um produto e apresentar as variações negativas para que seja possível gerar informações que melhorem a qualidade do produto (SILVA et al., 2015). Para a análise de parâmetros de irrigação, como a uniformidade, podem ser utilizadas técnicas estatísticas de controle de qualidade, como o gráfico de Shewhart e CUSUM (ANDRADE et al., 2017).

Considerando a ausência de avaliação de sistemas de fertirrigação por gotejamento com turfa líquida, bem como números limitados de estudos que se refiram a esse tema, é que se torna pertinente este estudo.

Sendo assim, este trabalho teve o objetivo avaliar a uniformidade da vazão, do pH, da condutividade elétrica e da pressão de um sistema de fertirrigação por gotejamento com diferentes inclinações, além de monitorar o processo com gráficos de controle da qualidade.

### **5.3.2 MATERIAL E MÉTODOS**

O estudo foi montado e conduzido no Laboratório de Irrigação e Fertirrigação (LIF), no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola (NEEA), da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), localizado no município de Cascavel, estado do Paraná, Brasil (latitude 24° 58' Sul e longitude 53° 27' Oeste).

O experimento foi realizado com auxílio de uma bancada de 5 m de comprimento, com 4 linhas laterais; por meio de roldanas, é possível realizar a volta da linha lateral, obtendo linhas laterais de 10 m (Figura 1). A bancada é constituída de uma motobomba Acquapump (Ferrari), motor de 0,5 cv, vazão máxima (Q) de 1,8 m<sup>3</sup> hora<sup>-1</sup>, altura manométrica máxima

(Hm) de 22 mca; cabeçal de controle com filtro de disco de 120 mesh, controlador de pressão BERMAD modelo 0075 PRVy.

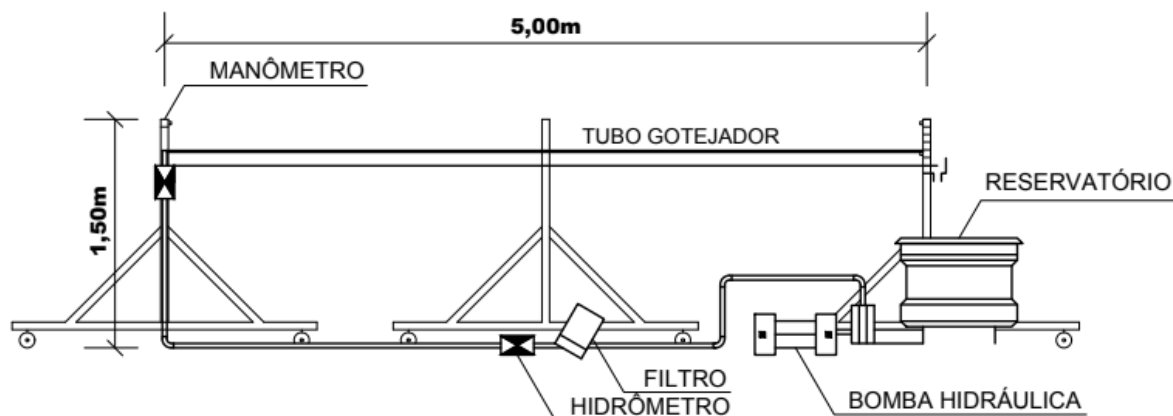


Figura 1 Ilustração da bancada de testes utilizada.

Para a verificação da pressão foram instalados no início da 1ª linha lateral e no final da 4ª linha lateral dois manômetros digitais INSTRUTEMP – Modelo 8215.

Os tubos gotejadores testados foram da marca IRRITEC, modelo P1, espaçados a 0,5 m, caracterizados com 16 mm de diâmetro, pressão máxima de trabalho de 80 kPa, coeficiente de proporcionalidade da equação do emissor (K) 1,26 e expoente de descarga (x) de 0,48.

Nos ensaios, foi utilizada a turfa líquida Ultra Solo, um fertilizante organomineral líquido, formado por compostos de matéria orgânica, ácido húmico, ácido fúlvico e carbono orgânico. A Tabela 1 apresenta as características físico-químicas da turfa líquida utilizada no experimento.

Tabela 1 Características físico-químicas da turfa líquida utilizada no experimento

Composição	Teor (%)
Nitrogênio Total	2,0
Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	2,0
Potássio (K <sub>2</sub> O)	2,0
Cálcio (Ca)	1,0
Magnésio (Mg)	1,0
Enxofre (S)	1,1
Zinco (Zn)	0,10
Manganês (Mn)	0,10
Ferro (Fe)	0,10
Boro (B)	0,03
Molibdênio (Mo)	0,01
pH	6,0
Densidade Relativa	1,20 g cm <sup>-3</sup>

A diluição da turfa líquida no reservatório foi realizada de forma manual (BORSSOI et al., 2012) antes do início dos ensaios, utilizando uma recomendação comercial de 5 litros de turfa líquida para 100 litros de água.

Para cada ensaio foram coletados a condutividade elétrica, o pH e vazão, conforme a metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975). Essa metodologia consiste na determinação em 4 emissores por linha lateral, ou seja, o primeiro gotejador, os gotejadores situados a 1/3 (7°), 2/3 (13°) do comprimento da linha lateral e o último gotejador (20°) em 4 linhas.

Foram realizados 25 ensaios para cada inclinação: Nível, Aclive de 2% e Declive de 2% (ASABE, 1996). Este número de amostras é recomendado por Montgomery (2016) para testes de controle de qualidade. Após o término dos ensaios realizados por inclinação, foi realizada uma retrolavagem no sistema com água.

A condutividade elétrica de cada ponto foi medida por condutímetro de bolso AKSO (AK51), e o pH por um peagâmetro KASVI (K39-0014PA).

A vazão dos gotejadores foi mensurada pelo método gravimétrico, a fim de se obter maior precisão na determinação. Com o volume coletado nos emissores durante 3 minutos, conforme recomendado pela NBR 9261 (ABNT, 2006), determinou-se a vazão dos emissores, conforme a Equação 1:

$$q = \frac{V}{1000 \times t} \times 60 \quad \text{Eq. (1)}$$

Onde:

q - Vazão do gotejador, L h<sup>-1</sup>;

V - Volume da solução coletada, mL;

t - Tempo de coleta, min.

A partir da vazão, do pH e da condutividade elétrica dos 16 gotejadores por ensaio foi calculado o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC), proposto por Christiansen (1942), descrito na Equação 2.

$$\text{CUC} = \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |Q_i - \bar{Q}|}{n\bar{Q}} \right) \times 100 \quad \text{Eq. (2)}$$

Em que:

$\bar{Q}$  - Média aritmética das vazões (L h<sup>-1</sup>);

Q<sub>i</sub> - Vazão no gotejador de ordem i, (L h<sup>-1</sup>);

n - Número de gotejadores avaliados no sistema de irrigação.

Para a classificação dos dados de CUC foi utilizada a classificação a seguir, que está descrita na Tabela 2.

Tabela 2 Classificação do Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC)

CUC (%)	Classificação
90% ou maior	Excelente
80% até 90%	Bom
70% até 80%	Regular
60 até 70%	Ruim
Menor que 60%	Inaceitável

Fonte: Frizzone et al. (2012).

Em cada ensaio, foram verificadas 8 pressões, 4 para o início do sistema e 4 para o final, sendo o 1º no início da irrigação, o 2º com 1 minuto, o 3º com 2 minutos e o 4º com 3 minutos. Com os dados de pressão obtidos, foi calculado o Coeficiente de Uniformidade de Pressão, descrito na Equação 3 (CUP) (VILAS BOAS, 2016).

$$CUP = \left[ \frac{P_{25\%}}{P_m} \right]^x \times 100 \quad \text{Eq. (3)}$$

Em que:

CUP - Coeficiente de Uniformidade de Pressão, %;

$P_{25\%}$  - Média das pressões obtidas que representa a quarta parte das mais baixas pressões;

$P_m$  - Média de todas as pressões medidas na unidade;

X - Coeficiente de descarga.

Para a classificação dos dados do CUP, foi utilizada a classificação a seguir, descrita na Tabela 3.

Tabela 3 Classificação do Coeficiente de Uniformidade de Pressão (CUP)

Coeficiente de Uniformidade de Pressão (%)	Classificação
Maior que 94%	Excelente
86% até 94%	Bom
80% até 86%	Aceitável
70% até 80%	Pobre
Menor que 70%	Inaceitável

Fonte: Frizzone et al. (2012).

No processo de controle de qualidade foram utilizados os gráficos de controle de Shewhart e CUSUM.

Para a construção dos gráficos de controle de Shewhart, foi necessário calcular os limites de controle superior (LSC) e inferior (LIC) de especificação, obtidos pelas Equações 4 e 5, respectivamente:

$$LCS = \bar{\bar{X}} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad \text{Eq. (4)}$$

$$LCI = \bar{x} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2} \quad \text{Eq. (5)}$$

Em que:

$\bar{x}$  - Média dos dados;

$\overline{MR}$  - Média da amplitude móvel dos dados;

$d_2$  - Constante quando usada uma amplitude móvel de  $n = 2$  observações ( $d_2 = 1,128$ ) (MONTGOMERY, 2016).

No gráfico de controle de CUSUM, os desvios em relação à média são acumulados ao longo do tempo, gerando uma soma cumulativa obtida conforme a Equação 5. O gráfico de CUSUM acumula desvios que estão abaixo ou acima do valor alvo, com estatísticas (CUSUM superior) e (CUSUM inferior), que estão expressos pelas Equações 6, 7 e 8.

$$C_i = \sum_{j=1}^i (x_j - u_0) \quad \text{Eq. (6)}$$

$$C_i^- = \max [0; (u_0 + K) - x_i + C_{i-1}^-] \quad \text{Eq. (7)}$$

$$C_i^+ = \max [0; x_i - (u_0 + K) + C_{i-1}^+] \quad \text{Eq. (8)}$$

Em que:

$x_j$  - Média da  $j$ -ésima amostra de tamanho  $n \geq 1$ ;

$C_i$  - Soma cumulativa até a  $i$ -ésima amostra;

$u_0$  - Média da amostra;

$K$  - Valor de compensação ou folga.

A interpolação dos dados da vazão dos gotejadores foi realizada pelo modelo estatístico denominado "Inverso da Distância", descrito na Equação 9:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i} z_i}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i}} \quad \text{Eq.(9)}$$

Em que:

$z$  - Valor estimado para o ponto  $z$ ;

$n$  - Número de observações;

$z_i$  - Valores observados;

$d_i$  - Distâncias entre valores observados e estimado ( $z_i$  e  $z$ ).

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), empregando-se o Teste F a 5% de probabilidade. A comparação das médias foi realizada através do Teste de Tukey a 5% de significância. Todas as análises estatísticas e gráficos foram realizados no software MINITAB 18.

### 5.3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2, pode ser observado o mapa de distribuição da vazão dos sistemas em nível, acline e declive. Verifica-se que em todas as situações, as maiores vazões estão localizadas no 7º gotejador da 1ª linha lateral e no 7º gotejador da 4ª linha lateral; ou seja, a vazão aumenta e depois diminui depois do 7º gotejador até o fim da linha. O aumento e a diminuição da vazão nos sistemas de irrigação por gotejamento são afetados pelo entupimento parcial e total dos gotejadores (BATISTA et al., 2017). As variações de nível do terreno e as perdas de carga têm importante efeito na variação da vazão dos emissores na irrigação porque as cargas de pressões de operação dos emissores são baixas (FRIZZONE et al., 2012).

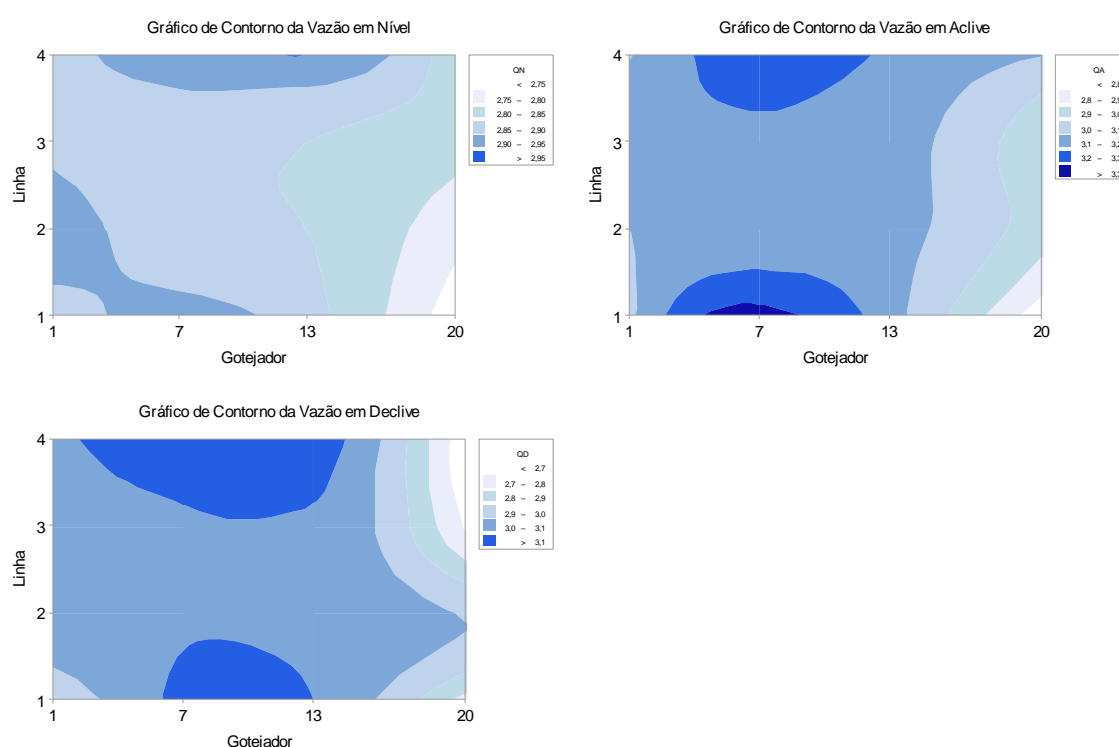


Figura 2 Mapa de distribuição da vazão em Nível, Acline e Declive.

Na estatística descritiva, apresentada na Tabela 4, todas as inclinações foram superiores a 90%, sendo classificadas como excelentes (FRIZZONE et al., 2012), sendo que a inclinação em nível obteve a maior uniformidade média (98,34%), e o declive a menor uniformidade média (95,23%). Silva et al. (2015), ao estudarem a aplicação de turfa gel em gotejamento subsuperficial, observaram que o desempenho do sistema não foi afetado. Para Ella, Reyes e Yoder (2009), o CUC da vazão diminui com o aumento da inclinação. Para Lima et al. (2003), em áreas de topografia acidentada, ocorrem variações acentuadas na pressão do sistema, causando diferenças de vazão, o que reduz a uniformidade.

Tabela 4 Estatística descritiva do CUC da vazão dos 25 ensaios de um sistema de fertirrigação por gotejamento com MKP em nível, aclave e declive

Inclinação	CUC (%)	DP	CV (%)	CUC Mínimo (%)	CUC Máximo (%)
Nível	98,34 <sup>a</sup>	0,194	0,2	98,02	98,36
Aclave	96,42 <sup>b</sup>	0,700	0,73	95,09	97,34
Declive	95,23 <sup>c</sup>	1,641	1,72	91,49	97,63

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DP: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de variação.

Na Figura 3, apresenta-se o gráfico de Shewhart para CUC da vazão. O gráfico de Shewhart demonstra que o processo esteve sob controle estatístico para a inclinação em nível e aclave. Para o sistema em declive, nota-se que há uma tendência em decréscimo dos valores ao longo do processo. Isso pode ter, como causas, a obstrução parcial por algas, bactérias e impurezas do fertilizante ou o desgaste físico dos emissores, pelo uso contínuo de produtos químicos (NASCIMENTO et al., 2009). Lopes et al. (2019), monitorando a uniformidade da irrigação por gotejamento sob diferentes inclinações com gráfico de Shewhart, verificaram que a inclinação em nível e declive estiveram fora de controle estatístico, e o sistema em aclave sob controle estatístico.

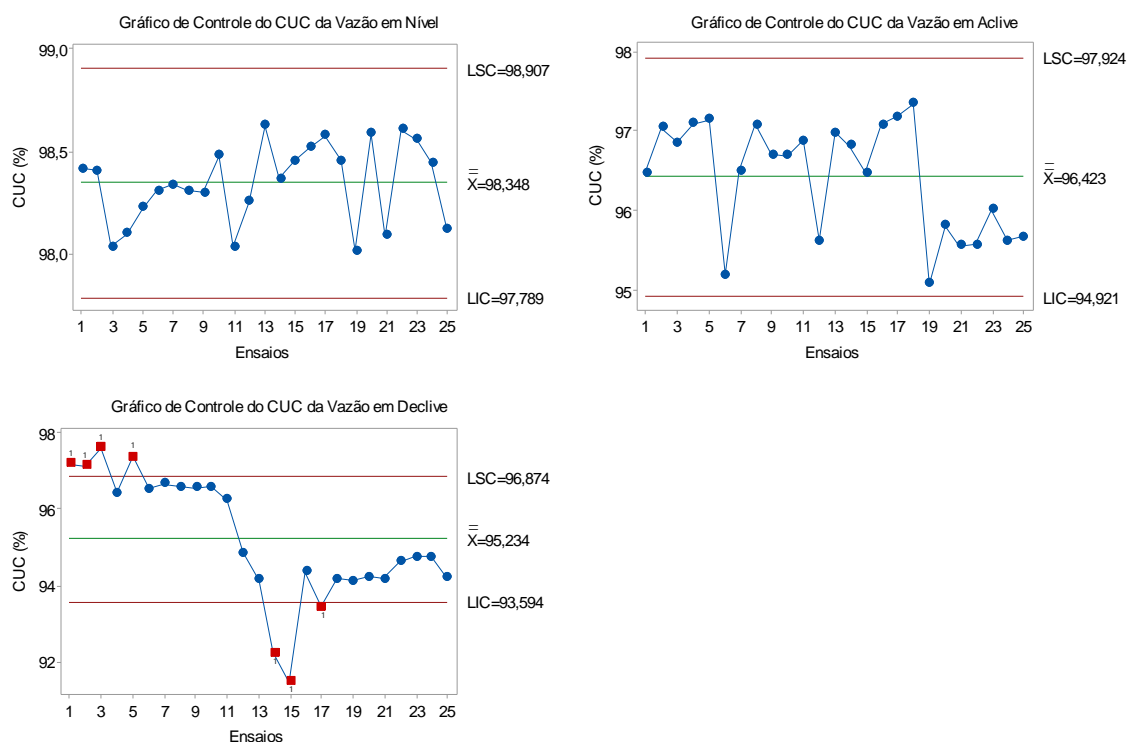


Figura 3 Gráficos de Controle Shewhart para CUC da vazão em Nível, Aclave e Declive.

Assim como no gráfico de Shewhart, o sistema em nível se manteve sob controle estatístico no gráfico CUSUM para CUC da vazão (Figura 4). Porém, os sistemas em aclave e declive estiveram fora dos limites de controle. No sistema em aclave, do ensaio 19 ao 25 (final



do monitoramento), os dados representam uma sequência de pontos consecutivos, diminuindo e abaixo do LIC; logo, tal processo foi considerado fora do controle estatístico de qualidade. Conforme um sistema de irrigação por gotejamento vai sendo utilizado, ocorre um aumento na variação da sua vazão (SILVA et al., 2015). As variações de vazão existentes são facilmente observadas pelo gráfico CUSUM, Para Andrade et al. (2017), o gráfico de CUSUM também foi decisivo na determinação do momento de ocorrência das variabilidades do processo, quando comparado ao gráfico de Shewhart.

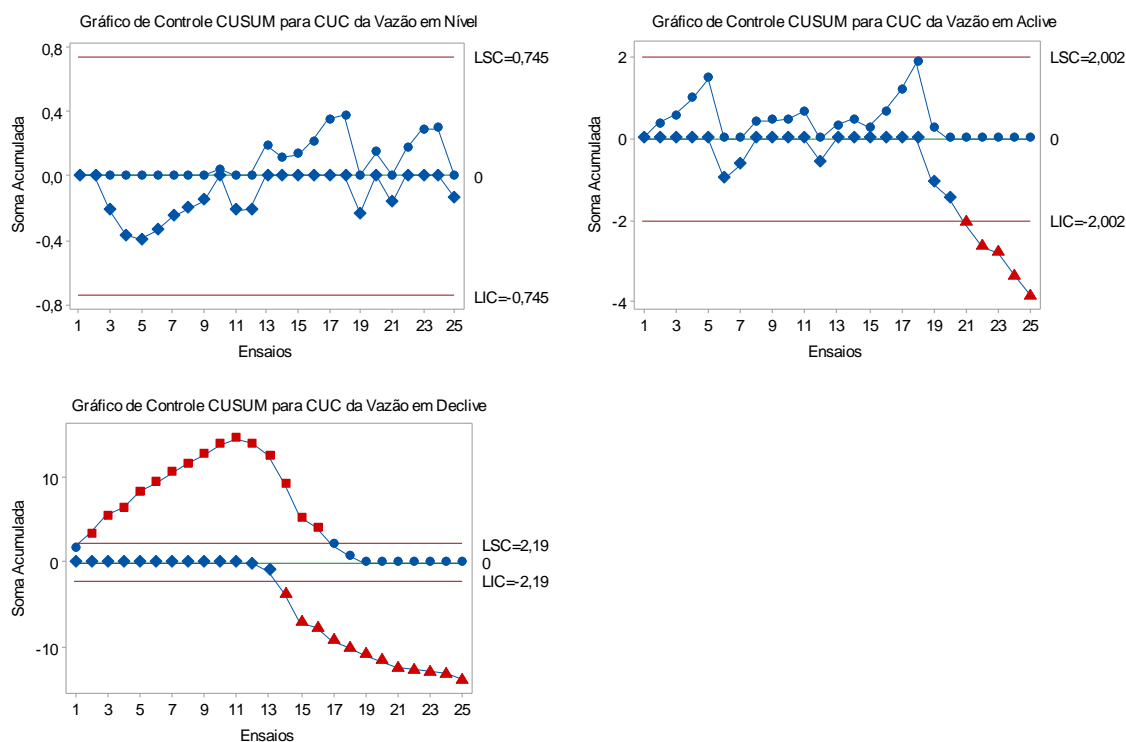


Figura 4 Gráficos de Controle CUSUM para CUC da vazão em Nível, Active e Declive.

Na Tabela 5, está apresentada a estatística descritiva do CUC do pH; os valores médios do CUC foram excelentes, iguais e estiveram entre 99,89% (nível), 99,84% (active) e 99,86% (declive). Todas as inclinações apresentaram baixos coeficientes de variação (PIMENTEL-GOMES, 2009).

Tabela 5 Estatística descritiva do CUC do pH dos 25 ensaios de um sistema de fertirrigação por gotejamento com turfa líquida em nível, active e declive

Inclinação	CUC (%)	DP	CV (%)	CUC Mínimo (%)	CUC Máximo (%)
Nível	99,89 <sup>a</sup>	0,214	0,21	99,14	100,00
Active	99,84 <sup>a</sup>	0,256	0,26	99,15	100,00
Declive	99,86 <sup>a</sup>	0,280	0,28	99,13	100,00

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DP: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de variação.

Através do gráfico de Shewhart para CUC do pH (Figura 5), em nenhuma inclinação a qualidade do processo de irrigação pela uniformidade do pH não permaneceu entre os limites de controle. Além disso, em todas as inclinações, notam-se sequências de oito pontos acima da linha central, indicando perda de qualidade do processo. Orssato et al. (2014), ao monitorarem com gráfico de Shewhart águas de estação de tratamento de esgoto, atribuíram as pequenas variabilidades do pH ao cloreto de ferro ( $\text{FeCl}_3$ ).

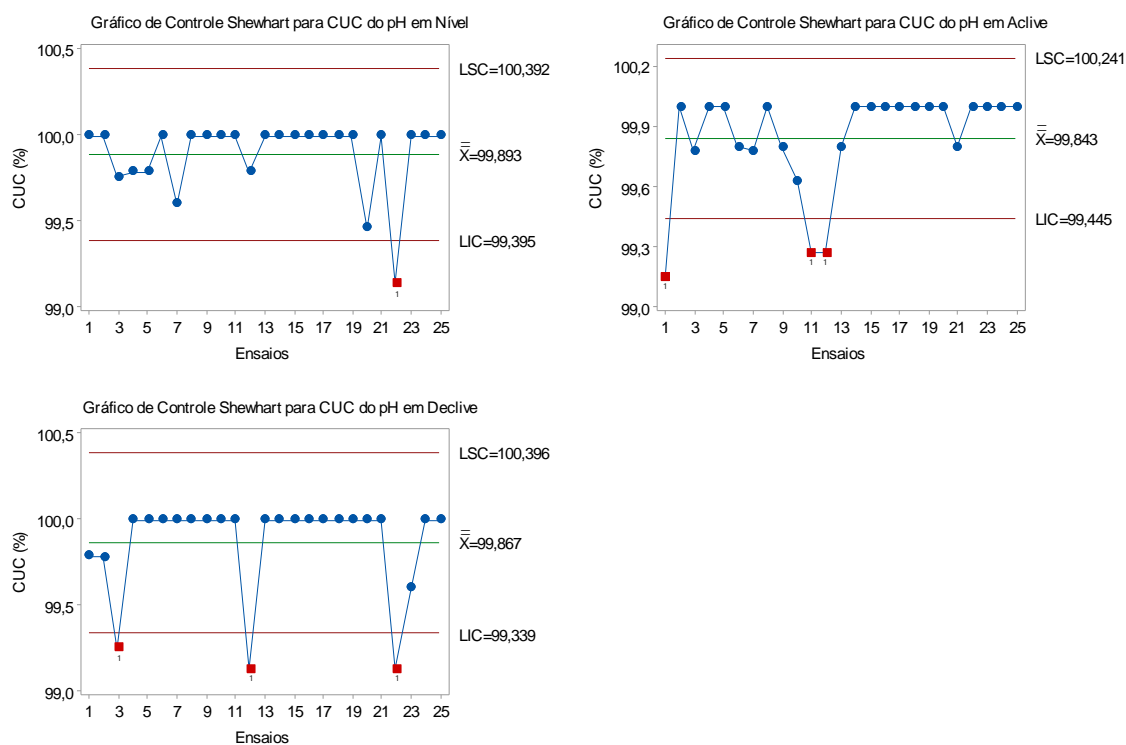


Figura 5 Gráficos de Controle Shewhart para CUC do pH em Nível, Aclive e Declive.

Conforme o gráfico CUSUM para a uniformidade do pH (Figura 6), nenhuma inclinação esteve sob controle estatístico. Para os sistemas em nível e aclive, o gráfico demonstrou os mesmos pontos fora de controle, enquanto que para o sistema em declive, o gráfico CUSUM apresentou menos pontos fora dos limites de controle, quando comparado ao gráfico de Shewhart. Bueno, Galbiatti e Borges (2005) verificaram variações de pH na água, que estão relacionadas à presença de matéria orgânica, a qual proporciona condições mais ácidas.

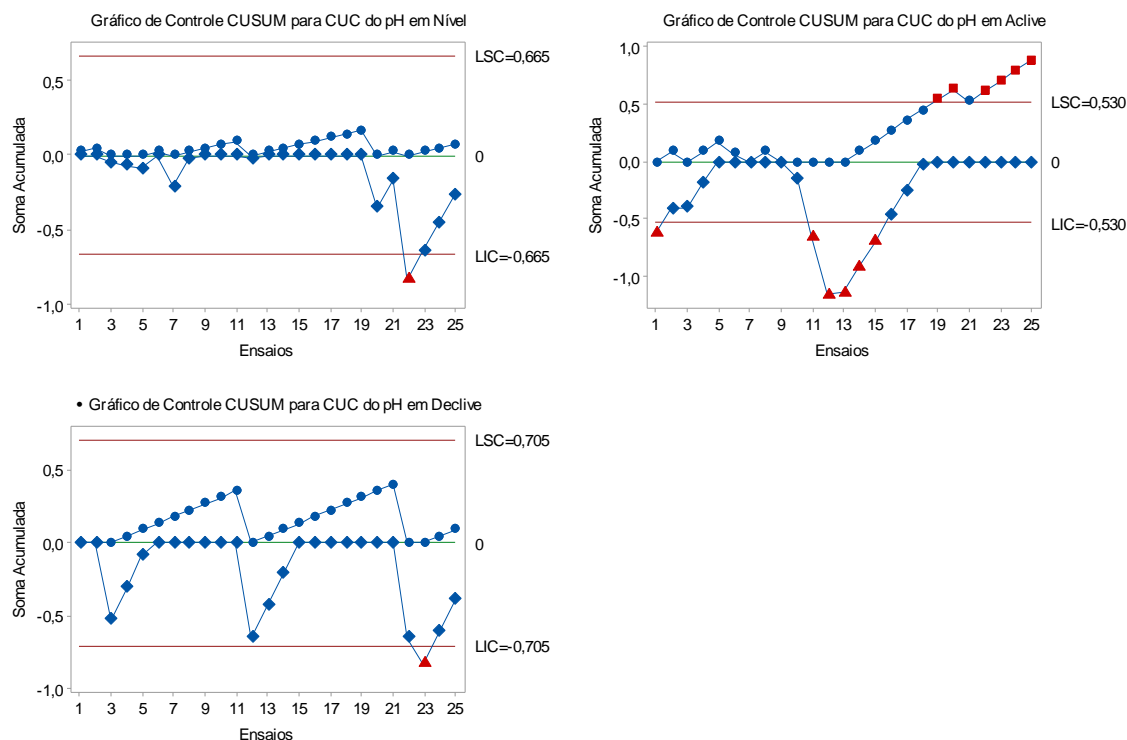


Figura 6 Gráficos de Controle CUSUM para CUC do pH em Nível, Active e Declive.

Na Tabela 6, apresenta-se a estatística descrita do CUC da condutividade elétrica. Assim como na uniformidade do pH, todas as inclinações tiveram uniformidades excelentes e iguais, com baixa dispersão dos dados.

Tabela 6 Estatística descritiva do CUC da CE dos 25 ensaios de um sistema de fertirrigação por gotejamento com turfa líquida em nível, active e declive

Inclinação	CUC (%)	DP	CV (%)	CUC Mínimo (%)	CUC Máximo (%)
Nível	99,85 <sup>a</sup>	0,082	0,08	99,63	99,94
Active	99,67 <sup>a</sup>	0,220	0,22	98,88	99,87
Declive	99,68 <sup>a</sup>	0,337	0,34	98,26	99,89

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DP: Desvio Padrão; CV: Coeficiente de variação.

No gráfico de Shewhart para CUC da condutividade elétrica (Figura 7), nota-se que em todas as inclinações apresentaram pontos abaixo do limite inferior de controle, deixando o processo fora de controle estatístico. As inclinações em nível e declive apresentaram como semelhança um aumento na uniformidade no início do ensaio, e depois estabilidade.

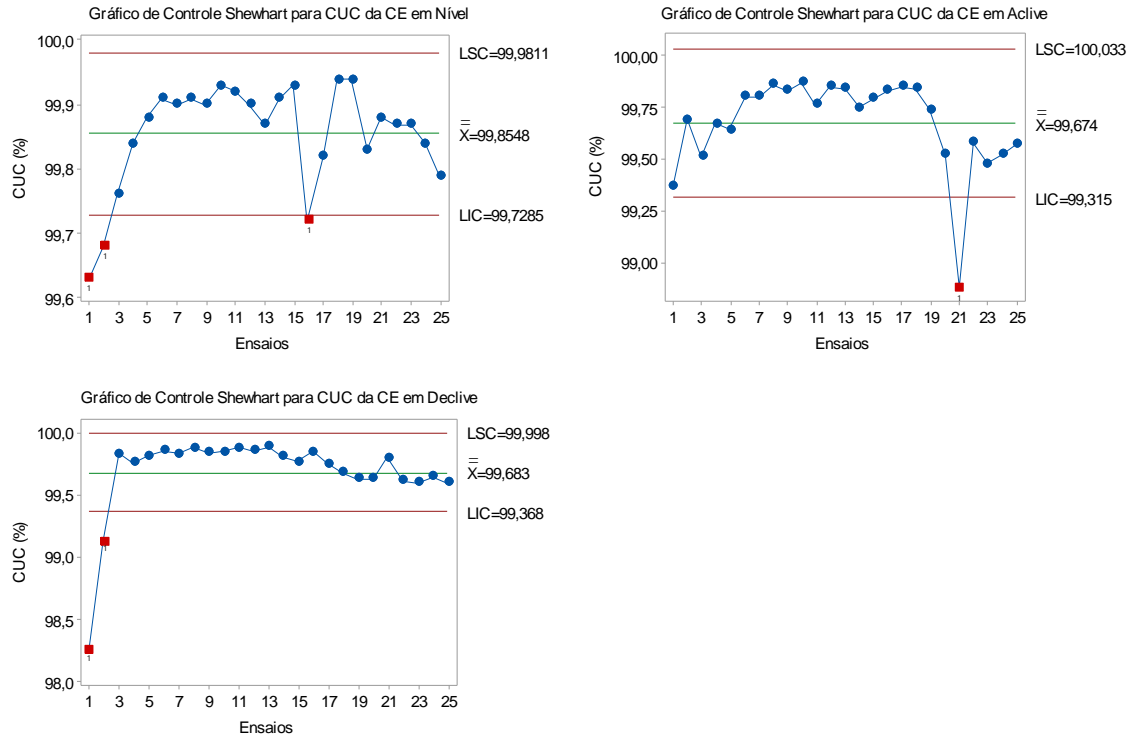


Figura 7 Gráficos de Controle Shewhart para CUC da condutividade elétrica em Nivel, Active e Declive.

A Figura 8 apresenta os gráficos CUSUM para CUC da condutividade elétrica. Do mesmo modo que o gráfico de Shewhart, o gráfico CUSUM apresentou, em todas as inclinações, pontos fora dos limites de controle. No entanto, o gráfico CUSUM exibe a grande maioria dos ensaios fora dos limites de controle; devido a sua característica de acumular desvios, o gráfico CUSUM detecta facilmente pequenas variações (FRIGO et al., 2016).

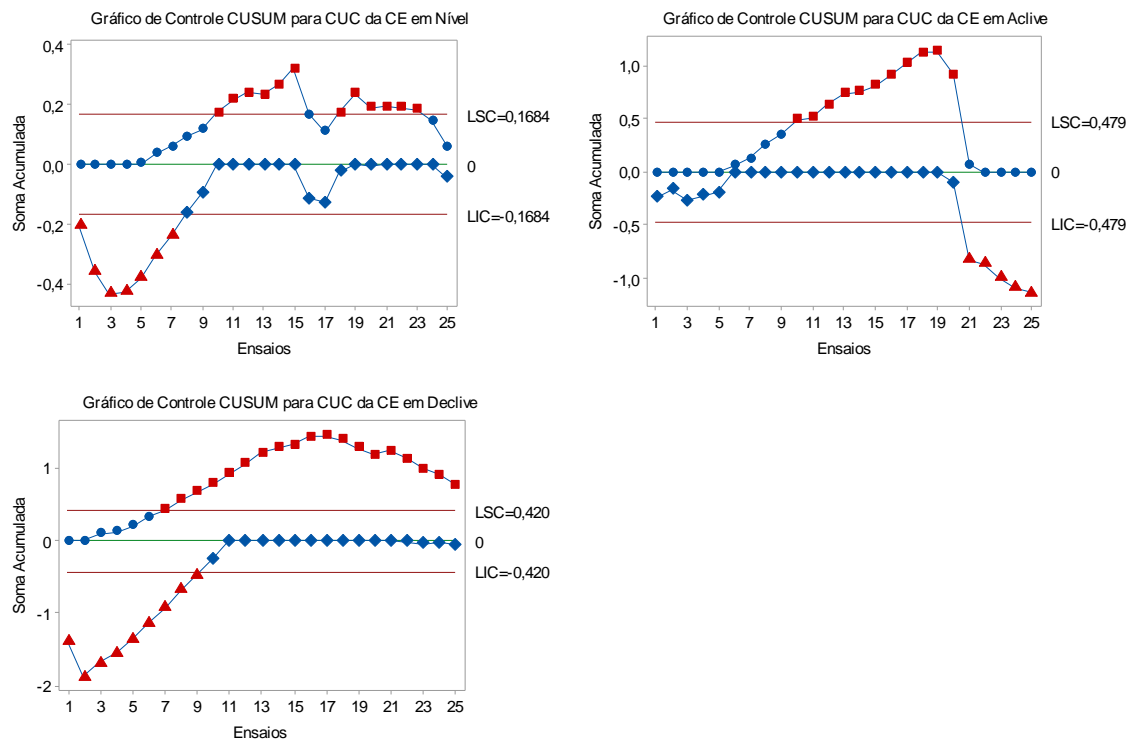


Figura 8 Gráficos de Controle CUSUM para CUC da condutividade elétrica em Nivel, Active e Declive.

A estatística descritiva do CUP está representada na Tabela 7: as maiores uniformidades foram atribuídas ao sistema em nível (99,30%) e ao sistema em aclave (99,29%). O sistema em declive obteve a menor uniformidade média (98,58%). Apesar das uniformidades serem excelentes em todas as inclinações, as pequenas variações de pressões ocorridas no sistema de irrigação são consequência da perda de carga e variação de nível (LIMA et al., 2003).

Tabela 7 Estatística descritiva do CUP dos 25 ensaios de um sistema de fertirrigação por gotejamento com turfa líquida em nível, aclave e declive

Inclinação	CUC (%)	DP	CV (%)	CUC Mínimo (%)	CUC Máximo (%)
Nível	99,30 <sup>a</sup>	0,704	0,71	96,40	99,89
Aclave	99,29 <sup>a</sup>	0,291	0,29	98,64	99,75
Declive	98,58 <sup>b</sup>	0,355	0,36	97,56	99,20

\*Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Na Figura 9, estão apresentados os gráficos de Shewhart para CUP nas diferentes inclinações. O sistema em aclave esteve sob controle estatístico durante o processo, enquanto que os sistemas em nível e declive apresentaram um ponto abaixo do limite inferior de controle. Este fato pode ter ocorrido em função de pequena desestabilização da pressão, acarretando em um ponto fora dos limites de controle (SILVA et al., 2015).

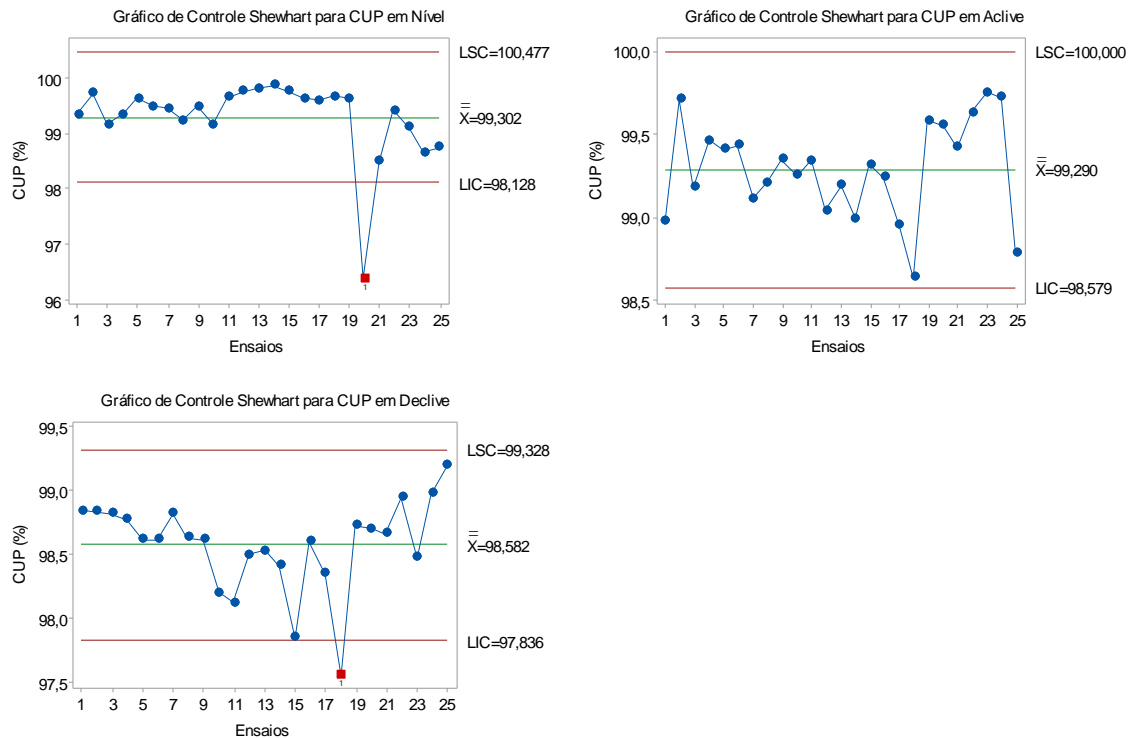


Figura 9 Gráficos de Controle Shewhart para CUP em Nível, Aclave e Declive.

Na Figura 10, estão apresentados os gráficos CUSUM para CUP nas diferentes inclinações. Em todas as inclinações, o processo esteve fora de controle estatístico. O elevado número de ensaios fora de controle estatístico para a inclinação em declive ocorre devido ao aumento da declividade no sistema de irrigação, ocorrendo um ganho de carga no início da tubulação, que vai perdendo-se de maneira gradual no decorrer da tubulação e uma diminuição da pressão no início da tubulação, que aumenta gradualmente até o final da tubulação (MARCUIZZO; WENDLAND, 2011), provocando muita variabilidade na pressão. O gráfico CUSUM detectou essas variabilidades, devido a sua sensibilidade quando comparado ao gráfico Shewhart, apresentando mais pontos de variabilidade no processo. A variabilidade na pressão das linhas laterais pode indicar problemas, como entupimentos ou vazamentos (ASIF et al., 2015).

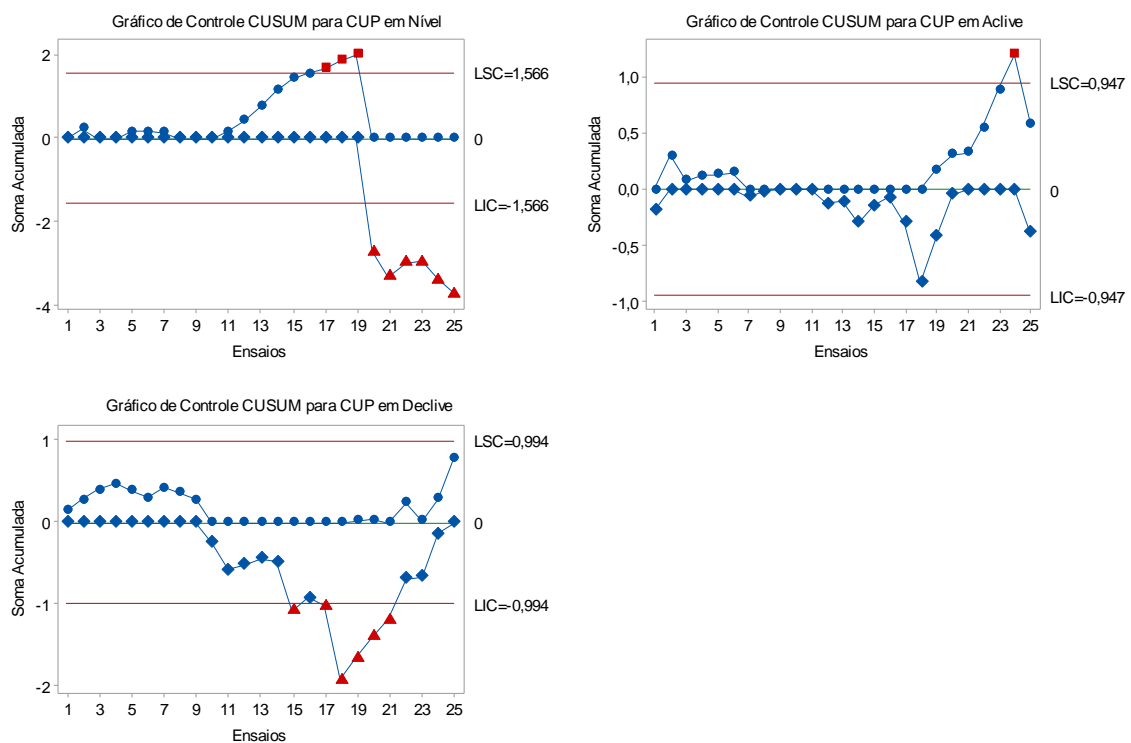


Figura 10 Gráficos de Controle CUSUM para CUP em Nível, Active e Declive.

### 5.3.4 CONCLUSÕES

Em todas as inclinações, a vazão dos gotejadores aumenta e diminui durante a linha.

A turfa líquida obteve uniformidades de vazão, pH, condutividade elétrica e pressão excelentes.

O sistema em nível foi o mais uniforme; para a uniformidade da vazão, o gráfico de Shewhart e CUSUM mostrou que o sistema em nível esteve sob controle estatístico.

O monitoramento da uniformidade do pH mostrou em todas as inclinações tendências, indicando um processo fora de controle estatístico, ocasionado pela estabilidade da uniformidade.

Os gráficos de controle para CUP mostraram pontos isolados no monitoramento, que podem ser alarmes falsos ou pequenas variações do sistema, que devem ser estudados e corrigidos.

O gráfico CUSUM se mostrou muito sensível no monitoramento da uniformidade da turfa líquida, quando comparado ao gráfico de Shewhart.

### 5.3.5 REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY OF AGRICULTURAL AND BIOLOGICAL ENGINEERS – ASABE. **Field evaluation of micro-irrigation systems**. St. Joseph, p. 792-7, 1996.

ANDRADE, M. G.; VILAS BOAS, M. A.; SIQUEIRA, J. A. C.; DIETER, J.; SATO, M.; HERMES, E.; MERCANTE, E.; TOKURA, L. K. Statistical quality control for the evaluation of the uniformity of microsprinkler irrigation with photovoltaic solar energy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 78, p. 743-753, 2017.

ANDRADE, M. G.; VILAS BOAS, M. A.; SIQUEIRA, J. A. C.; SATO, M.; DIETER, J.; HERMES, E.; MERCANTE, E. Uniformity microsprinkler irrigation system using statistical quality control. **Ciência Rural**, v. 47, n. 4, p. 1-7, 2017.

ASIF, M.; ISLAM-UL-HAQ, C.; MANGRIO, A. G.; MUSTAFA, N.; IQBAL, B. Analysis of application uniformity and pressure variation of microtube emitter of trickle irrigation system. **Net Journals of Agricultural Science**, v. 3, n. 1, p. 14-22, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Equipamentos de irrigação agrícola – Emissores e tubos emissores – Especificações e métodos de ensaio**. ABNT NBR ISSO 9261. São Paulo: ABNT, 2006. 17 p.

BATISTA, R. O.; FERREIRA, D. J. L.; SANTOS, D. B.; LEMOS FILHO, L. C. A.; ROCHA, T. A. L. C.; MEDEIROS, I. E. S. Vazão de gotejadores ao longo de linhas laterais operando com água residuária de suinocultura sob pressões de serviço. **Revista Espacios**, v. 38, n. 37, p. 7-7, 2017.

BERNERT, M. R.; ESCHEMBAK, V.; JADOSKI, S. O.; LIMA, A. S.; POTT, C. A. Características do pH e condutividade elétrica no manejo de fertirrigação. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 8, n. 1, p. 80-87, 2015.

BUENO, L. F.; GALBIATTI, J. A.; BORGES, M. J. Monitoramento de variáveis de qualidade da água do Horto Ouro Verde- Conchal-SP. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 3, p. 742-748, 2005.

CARVALHO, R. P.; MOREIRA, R. A.; CRUZ, M. C. M.; OLIVEIRA, A. F.; FAGUNDES, M. C. P. Comportamento nutricional de oliveiras com a aplicação de fertilizante organomineral. **Comunicata Scientiae**, v. 6, n. 2, p. 224-233, 2015.

CHRISTIANSEN, E. J. **Irrigation by sprinkling**. 1 ed. Berkley: University of California, p. 132, 1942.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; MOURA, L. M. F.; SANTOS, C. C. Coeficientes de uniformidade em sistema de irrigação por gotejamento. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 8, n. 6, p. 444-454, 2014.

ELLA, V. B.; REYES, M. R.; YODER, R. Effect of hydraulic head and slope on water distribution uniformity of a low-cost drip irrigation system. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 25, n. 3, p. 349-356, 2009.

FREITAS, C. A. S.; NOGUEIRA, L. K. A.; MOREIRA, L. C. J.; FERREIRA, C. S. Desempenho hidráulico de gotejadores sob o tempo de exposição ao esgoto doméstico tratado. **Revista Caatinga**, v. 28, n. 1, p. 214-219, 2015.



FRIGO, J. P.; VILAS BOAS, M. A.; FRIGO, J. P.; FRIGO, E. P. Comparação entre gráficos de controle de Shewhart, CUSUM e MMEP no processo de irrigação por aspersão convencional. **Irriga**, Edição Especial Irrigação, p. 56-70, 2016.

FRIZZONE, J. A.; FREITAS, P. S. L.; REZENDE, R.; FARIA, M. A. **Microirrigação: Gotejamento e microaspersão**. 1 ed. Maringá: EDUEM, p. 356, 2012.

HERMES, E.; VILAS BOAS, M. A.; GONÇALVES, M. P.; GRIS, D. J.; LINS, M. A.; BERGER, J. S. Uniformidade e distribuição na irrigação por gotejamento com água residuária de processamento de mandioca. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 11, n. 2, p. 545-559, 2018.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transactions of the ASAE**, v. 17, p. 678-684, 1975.

LANA, M. C.; RAMPIM, L.; VARGAS, G. Adubação fosfatada no milho com fertilizante organomineral em latossolo vermelho eutroférico. **Global Science and Technology**, v. 7, n. 1, p. 26-36, 2014.

LIMA, S. C. R. V.; FRIZZONE, J. A.; COSTA, R. T.; SOUZA, F.; PEREIRA, A. S.; MACHADO, C. C.; VALNIR JÚNIOR, M. V. Curvas de desempenho de válvulas reguladoras de pressão novas e com diferentes tipos de utilização. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 201-209, 2003.

LOPES, A. R.; VILAS BOAS, M. A.; PAZUCH, F. A.; DALLA CORTE, L.; OSTROSKI, D. A.; REMOR, M. B.; MOHR, F. B. M.; DOTTO, M.; ZANELLA, A. P.; CARVALHO, A. F. G.; FREDDO, A. R.; BERTOLDO, I. C.; PIROLA, K.; GIAROLA, C. M. Statistical quality control in uniformity of drip irrigation with different slopes. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, n. 16, p. 195-205, 2019.

MARCUZZO, F. F. N.; WENGLAND, E. Distribuição de pressão em rede de irrigação localizada otimizada por algoritmos genéticos. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 3, p. 497-505, 2011.

MELO JÚNIOR, H. B.; BORGES, M. V.; DOMINGUES, M. A.; BORGES, E. N. Efeito da ação decompositora da minhoca californiana (*Lumbricus rubellus*) na composição química de um fertilizante organomineral. **Bioscience Journal**, v. 28, p. 170-178, 2012.

MOHAMED, A. Z.; PETERS, R. T.; ZHU, X.; SARWAR, A. Adjusting irrigation uniformity coefficients for unimportant variability on a small scale. **Agricultural Water Management**, v. 213, p. 1078-1083, 2019.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 7 ed. Rio de Janeiro: LTC, p. 549, 2016.

NASCIMENTO, A. K. S.; SOUZA, R. O. R. M.; LIMA, S. C. R. V.; CARVALHO, C. M.; ROCHA, B. M.; LEITE, K. M. Desempenho hidráulico e manejo da irrigação em sistema irrigado por microaspersão. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 3, p. 39-45, 2009.

NASCIMENTO, J. M. S.; LIMA, L. A.; CARARO, D. C.; CASTRO, E. M.; SILVA, M. V. G. Avaliação da uniformidade de aplicação de água em um sistema de gotejamento para pequenas propriedades. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1728-1733, 2009.

OLIVEIRA, M. V. A. M.; VILLAS BÔAS, R. L. Uniformidade de distribuição do potássio e do nitrogênio em sistema de irrigação por gotejamento. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 1, p. 95-103, 2008.

OLIVEIRA, R. C.; SILVA, J. E. R.; AGUILAR, A. S.; PERES, D.; LUZ, J. M. Q. Uso de fertilizante organomineral no desenvolvimento de mudas de rúcula. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 14, n. 1, p. 1-6, 2018.

ORSSATTO, F.; VILAS BOAS, M. A.; NAGAMINE, R.; URIBE-OPAZO, M. A. Shewhart's control charts and process capability ratio applied to a sewage treatment station. **Engenharia Agrícola**, v. 34, n. 4, p. 770-779, 2014.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 15 ed. Campinas: FEALQ. p. 451, 2009.

PUGLISI, E.; PASCAZIO, S.; SUCIU, N.; CATTANI, I.; FAIT, G.; SPACCINI, R.; CRECCHIO, C.; PICCOLO, A.; TREVISAN, M. Rhizosphere microbial diversity as influenced by humic substance amendments and chemical composition of rhizodeposits. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 129, p. 82-94, 2013.

SAAD, J. C. C.; MARCUSSI, F. F. N. Distribuição da carga hidráulica em linhas de derivação otimizadas por programação linear. **Engenharia Agrícola**, v. 26, n. 2, p. 406-414, 2006.

SELIM, E.; MOSA, A. A. Fertigation of humic substances improves yield and quality of broccoli and nutriente retention in a Sandy soil. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v. 175, p. 273-281, 2012.

SILVA, P. F.; MATOS, R. M.; LIMA, S. C.; DANTAS NETO, J.; LIMA, V. L. A. Controle estatístico e índice de capacidade do processo em emissores autocompensante utilizando água salina. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 4, n. 1, p. 139-150, 2015.

SILVA, S.; DANTAS NETO, J.; TEODORO, I.; SANTOS, M. A. L.; ANDRADE, A. B. A.; CORDÃO, M. A. Qualidade da irrigação por gotejamento em cultivos consecutivos de cana-de-açúcar. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 2, p. 1-8, 2015.

SILVA, N. F.; CUNHA, F. N.; CABRAL FILHO, F. R.; SANTOS, C. C.; VIDAL, V. M.; SOUSA, A. E. C.; MORAIS, W. A.; GOMES, F. H. F. Uso de turfa gel na cultura da cana-de-açúcar aplicada via água de irrigação por gotejamento subsuperficial. **Global Science and Technology**, v. 8, n. 2, p. 170-180, 2015.

SZEKUT, F. D.; AZEVEDO, C. A. V.; VILAS BOAS, M. A.; ZUCULOTTO, T. Hydraulic performance of drippers with different waters and lateral line slopes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 12, p. 813-818, 2018.

VILAS BOAS, M. A. **Fundamentos de irrigação localizada**. 1 ed. Cascavel: EDUNIOESTE. p. 119, 2016.

ZHANG, L.; HUI, X.; CHEN, J. Effects of terrain slope on water distribution and application uniformity for sprinkler irrigation. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 11, n. 3, p. 120-125, 2018.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, o uso do controle estatístico da qualidade, através de gráficos de controle, foi adequado para indicar variabilidades existentes e monitorar o processo.

Quanto aos gráficos de controle, os gráficos de Zonas se mostraram extremamente sensíveis, e os gráficos de CUSUM e EWMA se mostraram eficientes, indicando pequenas variabilidades não detectadas pelos demais gráficos.

Para uma melhor compreensão do tema, ainda são necessários mais estudos. Porém, a pesquisa mostra a eficiência do controle estatístico da qualidade e o comportamento de alguns fertilizantes nas diferentes inclinações. Também foi atestado que há pouca variação na pressão dos sistemas. No entanto, essa variação é detectável por todos os gráficos de controle estudados.

## APÊNDICE

## ARTIGO 1 NÍVEL

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	3,16	3,02	3,25	3,22
	2	3,18	3,09	3,11	3,15
	3	3,15	3,05	3,11	3,18
	4	3,15	3,16	3,17	3,23

CUC = 98,44%

CUD = 97,12%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	X	3,19	3,19	3,10
	2	3,18	3,09	3,14	3,19
	3	3,15	3,05	3,11	3,18
	4	3,12	3,12	3,14	3,19

CUC = 98,83%

CUD = 97,12%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	3,14	3,18	3,20	3,17
	2	3,17	3,07	3,09	3,13
	3	3,13	3,04	3,10	3,17
	4	3,11	3,14	3,13	3,19

CUC = 98,90%

CUD = 98,06%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	3,13	3,25	3,23	3,22
	2	3,17	3,08	3,09	3,14
	3	3,14	3,04	3,10	3,18
	4	3,11	3,11	X	3,25

CUC = 98,30%

CUD = 97,69%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	3,11	3,18	3,18	3,13
	2	3,17	3,06	3,09	3,13
	3	3,13	3,03	3,10	3,17
	4	3,10	3,10	3,11	3,17

CUC = 98,89%

CUD = 98,30%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	3,13	3,24	3,20	3,17
	2	3,18	3,07	3,09	3,14
	3	3,14	3,05	3,11	3,19
	4	3,11	3,11	3,12	3,18

CUC = 98,75%  
 CUD = 98,14%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	3,14	3,20	3,23	3,18
	2	3,19	3,09	3,12	3,16
	3	3,16	3,06	3,13	3,20
	4	3,12	3,12	3,15	3,19

CUC = 98,86%  
 CUD = 98,25%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	3,12	3,18	3,20	3,16
	2	3,19	3,09	3,10	3,15
	3	3,15	3,06	3,12	3,19
	4	3,11	3,12	3,13	3,18

CUC = 98,89%  
 CUD = 98,37%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	3,06	3,21	3,13	3,15
	2	3,18	3,07	3,10	3,14
	3	3,14	3,04	3,12	3,18
	4	3,04	3,12	3,16	3,16

CUC = 98,70%  
 CUD = 97,69%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	3,14	3,18	3,21	3,17
	2	3,17	3,08	3,10	3,15
	3	3,14	3,03	3,09	3,17
	4	3,10	3,11	3,16	3,17

CUC = 98,82%  
 CUD = 98,11%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	3,14	3,18	3,21	3,17
	2	3,17	3,08	3,10	3,15
	3	3,13	3,03	3,10	3,18
	4	3,10	3,11	3,13	3,17

CUC = 98,84%  
 CUD = 98,19%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	3,13	3,19	3,20	3,17
	2	3,16	3,06	3,09	3,14
	3	3,19	3,02	3,09	3,16
	4	3,10	3,11	3,14	3,17

CUC = 98,65%  
 CUD = 98,80%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	3,13	3,19	3,21	3,18
	2	3,16	3,06	3,08	3,13
	3	3,11	3,02	3,09	3,16
	4	3,10	3,10	3,13	3,16

CUC = 98,76%

CUD = 97,99%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	3,12	3,18	3,19	3,17
	2	3,17	3,07	3,09	3,15
	3	3,13	3,03	3,10	3,17
	4	3,10	3,10	3,12	3,16

CUC = 98,80%

CUD = 98,17%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	3,12	3,18	3,19	3,17
	2	3,17	3,07	3,09	3,15
	3	3,13	3,03	3,10	3,18
	4	3,10	3,10	3,12	3,16

CUC = 98,82%

CUD = 98,23%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	3,12	3,18	X	3,16
	2	3,15	3,06	3,09	3,13
	3	3,12	3,02	3,09	3,16
	4	3,10	3,09	3,12	3,16

CUC = 98,94%

CUD = 98,94%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	3,13	3,19	3,22	3,18
	2	3,18	3,09	3,11	3,16
	3	3,14	3,04	3,11	3,18
	4	3,11	3,11	3,13	3,17

CUC = 98,83%

CUD = 98,25%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	3,13	3,18	3,19	3,15
	2	3,16	3,06	3,09	3,14
	3	3,12	3,03	3,09	3,16
	4	3,11	3,10	3,12	3,06

CUC = 98,85%

CUD = 98,13%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	3,13	3,19	3,20	3,18
	2	3,17	3,08	3,10	3,20
	3	3,14	3,05	3,10	3,18
	4	3,13	3,12	3,18	3,19

CUC = 98,73%

CUD = 97,96%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	3,13	3,19	X	3,18
	2	3,18	3,09	3,11	3,17
	3	3,15	3,06	3,12	3,19
	4	3,13	3,11	3,15	3,18

CUC = 98,92%

CUD = 98,90%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	3,13	3,19	3,21	3,18
	2	3,18	3,08	3,11	3,17
	3	3,15	3,05	3,11	3,19
	4	3,13	3,11	3,15	3,18

CUC = 98,87%

CUD = 98,24%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	3,12	3,18	3,20	3,17
	2	3,17	3,08	3,10	3,16
	3	3,14	3,04	3,10	3,16
	4	3,11	3,10	3,13	3,18

CUC = 98,87%

CUD = 98,28%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	3,12	3,18	3,20	3,21
	2	3,17	3,07	3,11	3,15
	3	3,14	3,04	3,08	3,20
	4	3,12	3,10	3,13	3,17

CUC = 98,74%

CUD = 97,98%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1	3,15	3,21	3,19	3,19
	2	3,18	3,08	3,11	3,16
	3	3,15	3,05	3,11	3,19
	4	3,15	3,15	3,16	3,20

CUC = 98,95%

CUD = 97,97%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	3,12	3,18	3,20	3,16
	2	3,18	3,11	3,12	3,17
	3	3,16	3,05	3,11	3,18
	4	3,14	3,13	3,13	3,19

CUC = 98,98%  
 CUD = 98,46%

### ARTIGO 1 ACLIVE

Vazão (L h<sup>-1</sup>)  
 Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	3,10	3,18	3,18	3,14
	2	3,17	3,08	3,12	3,15
	3	3,14	3,10	3,07	3,16
	4	3,07	3,08	3,07	3,16

CUC = 98,86%  
 CUD = 98,42%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)  
 Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	3,10	3,15	3,22	3,15
	2	3,18	3,07	3,07	3,16
	3	3,11	3,06	3,11	3,16
	4	3,04	3,08	3,18	3,13

CUC = 98,62%  
 CUD = 98,01%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)  
 Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	3,21	3,20	3,12	3,17
	2	3,28	3,13	3,22	3,29
	3	3,15	3,12	3,12	3,20
	4	3,09	3,22	3,08	3,19

CUC = 98,24%  
 CUD = 97,67%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)  
 Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	3,11	3,10	3,20	3,15
	2	3,18	3,08	3,10	3,16
	3	3,11	3,06	3,07	3,16
	4	3,08	3,09	3,09	3,16

CUC = 98,82%  
 CUD = 98,56%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)  
 Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	3,15	3,23	3,21	3,18
	2	3,19	3,09	3,12	3,19
	3	3,12	3,08	3,08	3,19
	4	3,12	3,12	3,10	3,20

CUC = 98,58%  
 CUD = 98,06%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)  
 Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	3,10	3,21	3,16	3,12
	2	3,17	3,08	3,10	3,17
	3	3,11	3,06	3,06	3,17
	4	3,07	3,08	3,06	3,15

CUC = 98,68%  
 CUD = 98,29%



Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	3,10	3,16	3,18	3,10
	2	3,17	3,09	3,10	3,16
	3	3,10	3,06	3,06	3,17
	4	3,06	3,08	3,07	3,13

CUC = 98,82%

CUD = 98,45%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	3,11	3,20	3,18	3,12
	2	3,19	3,09	3,10	3,16
	3	3,11	3,06	3,07	3,07
	4	3,04	3,08	3,07	3,14

CUC = 98,68%

CUD = 98,32%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	3,21	3,26	3,29	3,24
	2	3,29	3,19	3,21	3,28
	3	3,22	3,16	3,16	3,29
	4	3,10	3,17	3,16	3,26

CUC = 98,51%

CUD = 97,79%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	3,14	3,24	3,21	3,17
	2	3,21	3,12	3,13	3,21
	3	3,14	3,09	3,08	3,19
	4	3,09	3,12	3,11	3,18

CUC = 98,64%

CUD = 98,15%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	3,15	3,23	3,21	3,19
	2	3,23	3,14	3,15	3,22
	3	3,15	3,11	3,10	3,21
	4	3,08	3,13	3,11	3,20

CUC = 98,64%

CUD = 98,02%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	3,10	3,18	3,19	3,16
	2	3,10	3,08	3,12	3,17
	3	3,18	3,06	3,06	3,17
	4	3,07	3,07	3,08	3,17

CUC = 98,55%

CUD = 98,09%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	3,17	3,24	3,26	3,22
	2	3,25	3,15	3,18	3,22
	3	3,17	3,12	3,13	3,22
	4	3,09	3,14	3,14	3,24

CUC = 98,58%  
 CUD = 97,98%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	3,19	3,26	3,27	3,18
	2	3,24	3,16	3,18	3,24
	3	3,22	3,13	3,17	3,25
	4	3,19	3,13	3,14	3,22

CUC = 98,78%  
 CUD = 98,18%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	3,21	3,29	3,28	3,22
	2	3,25	3,17	3,20	3,28
	3	3,23	3,14	3,17	3,28
	4	3,13	3,16	3,15	3,23

CUC = 98,58%  
 CUD = 97,98%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	3,24	3,31	3,32	3,27
	2	3,34	3,22	3,30	3,36
	3	3,27	3,18	3,23	3,32
	4	3,19	3,20	3,20	3,27

CUC = 98,54%  
 CUD = 97,89%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	3,15	3,22	3,24	3,21
	2	3,21	3,12	3,16	3,22
	3	3,17	3,09	3,14	3,24
	4	3,12	3,11	3,11	3,20

CUC = 98,59%  
 CUD = 98,04%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	3,16	3,25	3,25	3,22
	2	3,23	3,14	3,18	3,21
	3	3,18	3,10	3,14	3,21
	4	3,11	3,11	3,13	3,20

CUC = 98,67%  
 CUD = 97,99%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	3,16	3,23	3,24	3,16
	2	3,21	3,14	3,16	3,20
	3	3,17	3,09	3,14	3,21
	4	3,10	3,13	3,12	3,21

CUC = 98,77%

CUD = 98,17%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	3,14	3,22	3,23	3,18
	2	3,21	3,11	3,15	3,20
	3	3,16	3,09	3,13	3,21
	4	3,09	3,10	3,09	3,18

CUC = 98,68%

CUD = 98,07%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	3,15	3,20	3,22	3,17
	2	3,19	3,11	3,16	3,15
	3	3,15	3,08	3,13	3,19
	4	3,10	3,09	3,09	3,17

CUC = 98,87%

CUD = 98,16%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	3,14	3,21	3,22	3,10
	2	3,19	3,11	3,14	3,18
	3	3,15	3,07	3,13	3,19
	4	3,09	3,11	3,19	3,18

CUC = 98,79%

CUD = 98,20%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	3,05	3,19	3,19	3,19
	2	3,15	3,10	3,14	3,18
	3	3,19	3,06	3,10	3,18
	4	3,12	3,08	3,09	3,18

CUC = 98,59%

CUD = 97,87%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1	3,14	3,20	3,19	3,18
	2	3,20	3,10	3,14	3,19
	3	3,15	3,06	3,12	3,20
	4	3,02	3,08	3,07	3,18

CUC = 98,51%

CUD = 97,49%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	3,02	3,19	3,19	3,19
	2	3,20	3,10	3,14	3,17
	3	3,16	3,08	3,11	3,20
	4	3,04	3,08	3,08	3,13

CUC = 98,49%

CUD = 97,61%

## ARTIGO 1 DECLIVE

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	3,09	3,16	3,16	3,14
	2	3,18	3,11	3,14	3,18
	3	3,21	3,10	3,15	3,21
	4	3,15	3,14	3,16	3,22

CUC = 99,09%

CUD = 98,55%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	3,11	3,16	3,18	3,16
	2	3,20	3,12	3,15	3,18
	3	3,22	3,12	3,16	3,23
	4	3,17	3,15	3,16	3,23

CUC = 99,08%

CUD = 98,61%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	3,10	3,14	3,16	3,14
	2	3,19	3,09	3,12	3,18
	3	3,18	3,11	3,15	3,22
	4	3,14	3,13	3,15	3,22

CUC = 99,03%

CUD = 98,58%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	3,11	3,15	3,17	3,15
	2	3,19	3,10	3,13	3,18
	3	3,19	3,12	3,16	3,22
	4	3,15	3,14	3,15	3,23

CUC = 99,10%

CUD = 98,61%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	3,11	3,15	3,17	3,14
	2	3,20	3,10	3,12	3,18
	3	3,19	3,12	3,14	3,22
	4	3,16	3,14	3,16	3,23

CUC = 99,09%

CUD = 98,57%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	3,16	3,19	3,21	3,18
	2	3,23	3,03	3,16	3,21
	3	3,22	3,15	3,18	3,27
	4	3,20	3,19	3,20	3,27

CUC = 98,87%

CUD = 97,94%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	3,09	3,15	3,17	3,14
	2	3,17	3,08	3,12	3,19
	3	3,17	3,10	3,13	3,21
	4	3,14	3,13	3,14	3,24

CUC = 98,97%

CUD = 98,42%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	3,11	3,15	3,17	3,14
	2	3,19	3,11	3,14	3,18
	3	3,19	3,12	3,15	3,22
	4	3,15	3,14	3,15	3,23

CUC = 99,10%

CUD = 98,72%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	3,09	3,14	3,16	3,14
	2	3,16	3,09	3,11	3,16
	3	3,16	3,09	3,12	3,20
	4	3,14	3,14	3,14	3,22

CUC = 99,15%

CUD = 98,54%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	3,10	3,15	3,16	3,14
	2	3,19	3,11	3,13	3,19
	3	3,18	3,12	3,15	3,22
	4	3,15	3,14	3,16	3,23

CUC = 99,07%

CUD = 98,63%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	3,10	3,16	3,17	3,15
	2	3,20	3,11	3,14	3,18
	3	3,20	3,13	3,16	3,22
	4	3,17	3,16	3,17	3,24

CUC = 99,12%

CUD = 98,55%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	3,10	3,14	3,16	3,14
	2	3,17	3,11	3,12	3,16
	3	3,18	3,12	3,14	3,22
	4	3,15	3,15	3,16	3,22

CUC = 99,22%

CUD = 98,69%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	3,09	3,12	3,16	3,15
	2	3,08	2,97	2,98	3,08
	3	3,14	3,07	3,16	3,25
	4	3,13	3,11	3,13	3,18

CUC = 98,38%

CUD = 97,20%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	3,10	3,15	3,16	3,14
	2	3,16	3,08	3,10	3,14
	3	3,15	3,09	3,12	3,19
	4	3,13	3,12	3,12	3,17

CUC = 99,19%

CUD = 98,70%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	3,11	3,14	3,17	3,15
	2	3,15	3,08	3,10	3,15
	3	3,16	3,09	3,12	3,19
	4	3,14	3,13	3,13	3,18

CUC = 99,21%

CUD = 98,64%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	3,11	3,16	3,18	3,15
	2	3,18	3,10	3,11	3,16
	3	3,18	3,11	3,16	3,21
	4	3,15	3,14	3,14	3,22

CUC = 99,14%

CUD = 98,57%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	3,10	3,14	3,16	3,14
	2	3,15	3,09	3,10	3,15
	3	3,17	3,09	3,12	3,20
	4	3,15	3,12	3,12	3,19

CUC = 99,12%

CUD = 98,66%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	3,12	3,17	3,19	3,16
	2	3,18	3,10	3,11	3,16
	3	3,17	3,11	3,13	3,22
	4	3,15	3,13	3,15	3,23

CUC = 99,08%

CUD = 98,60%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	3,10	3,14	3,16	3,14
	2	3,16	3,08	3,10	3,15
	3	3,17	3,09	3,11	3,20
	4	3,14	3,12	3,13	3,20

CUC = 99,12%

CUD = 98,62%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	3,12	3,18	3,20	3,18
	2	3,19	3,11	3,13	3,18
	3	3,19	3,12	3,14	3,23
	4	3,17	3,15	3,17	3,23

CUC = 99,03%

CUD = 98,40%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	3,11	3,14	3,17	3,14
	2	3,14	3,08	3,09	3,10
	3	3,15	3,08	3,12	3,19
	4	3,12	3,12	3,14	3,22

CUC = 99,06%

CUD = 98,60%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	3,13	3,17	3,20	3,15
	2	3,16	3,10	3,10	3,12
	3	3,17	3,10	3,14	3,21
	4	3,15	3,09	3,15	3,21

CUC = 98,98%

CUD = 98,39%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	3,25	3,30	3,33	3,29
	2	3,32	3,25	3,24	3,29
	3	3,30	3,23	3,27	3,34
	4	3,28	3,26	3,30	3,36

CUC = 99,10%

CUD = 98,59%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1	3,27	3,32	3,33	3,30
	2	3,31	3,24	3,25	3,29
	3	3,33	3,25	3,27	3,35
	4	3,29	3,26	3,34	3,37

CUC = 99,02%

CUD = 98,57%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	3,13	3,17	3,33	3,30
	2	3,32	3,23	3,24	3,30
	3	3,32	3,26	3,27	3,35
	4	3,29	3,26	3,29	3,37

CUC = 98,52%

CUD = 97,35%



**ARTIGO 2****VAZÃO NÍVEL**Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	3,12	3,19	3,19	3,18
	2	3,20	3,08	3,13	3,16
	3	3,18	3,10	3,11	3,19
	4	3,01	3,08	3,12	3,17

CUC = 98,60%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	3,12	3,18	3,18	3,17
	2	3,19	3,17	3,09	3,14
	3	3,16	3,13	3,08	3,17
	4	3,00	3,06	3,12	3,17

CUC = 98,65%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	3,14	3,19	3,20	3,20
	2	3,15	3,09	3,13	3,16
	3	3,21	3,12	3,10	3,19
	4	3,04	3,10	3,14	3,20

CUC = 98,75%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	3,14	3,19	3,19	3,19
	2	3,16	3,09	3,15	3,16
	3	3,21	3,12	3,09	3,22
	4	3,03	3,08	3,13	3,19

CUC = 98,62%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	3,14	3,19	3,19	3,01
	2	3,14	3,01	3,14	3,17
	3	3,18	3,09	3,03	3,15
	4	3,03	3,09	3,14	3,20

CUC = 98,17%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	3,15	3,20	3,19	3,20
	2	3,17	3,04	3,17	3,20
	3	3,22	3,14	3,11	3,22
	4	3,04	3,09	3,15	3,19

CUC = 98,53%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	3,13	3,18	3,18	3,18
	2	3,13	3,01	3,14	3,17
	3	3,17	3,09	3,07	3,19
	4	3,03	3,06	3,12	3,18

CUC = 98,47%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	3,10	3,19	3,19	3,19
	2	3,16	3,00	3,15	3,17
	3	3,20	3,12	3,09	3,21
	4	2,93	3,09	3,14	3,19

CUC = 98,12%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	3,11	3,19	3,18	3,18
	2	3,15	3,08	3,11	3,15
	3	3,17	3,09	3,07	3,17
	4	3,01	3,07	3,11	3,17

CUC = 98,62%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	3,11	3,19	3,19	3,18
	2	3,14	3,09	3,13	3,15
	3	3,17	3,09	3,08	3,18
	4	3,02	3,08	3,11	3,16

CUC = 98,68%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	3,09	3,18	3,18	3,17
	2	3,12	3,07	3,11	3,14
	3	3,16	3,09	3,06	3,17
	4	3,00	3,06	3,10	3,12

CUC = 98,45%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	3,09	3,18	3,17	3,20
	2	3,11	3,06	3,10	3,13
	3	3,16	3,08	3,06	3,16
	4	2,92	3,06	3,10	3,13

CUC = 98,48%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	3,08	3,16	3,16	3,19
	2	3,10	3,06	3,10	3,11
	3	3,15	3,07	3,04	3,15
	4	3,00	3,05	3,09	3,12

CUC = 98,66%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	3,08	3,16	3,16	3,16
	2	3,11	3,06	3,09	3,13
	3	3,16	3,08	3,05	3,15
	4	2,92	3,05	3,09	3,12

CUC = 98,51%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	3,08	3,16	3,16	3,17
	2	3,11	3,06	X	3,14
	3	3,16	3,08	3,06	3,15
	4	2,99	3,05	3,10	3,12

CUC = 98,72%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	3,08	3,15	3,16	3,15
	2	3,11	3,06	3,10	3,12
	3	3,16	3,10	3,23	3,16
	4	3,08	3,06	X	3,14

CUC = 98,84%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	3,09	3,17	3,18	3,22
	2	3,11	3,07	3,11	3,13
	3	3,16	3,11	3,06	3,16
	4	2,94	3,04	3,11	3,15

CUC = 98,45%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	3,08	3,17	3,17	3,19
	2	3,10	3,07	3,11	3,14
	3	3,16	3,08	2,99	3,17
	4	2,92	3,05	3,11	3,14

CUC = 98,26%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	3,08	3,16	3,16	3,17
	2	3,10	3,06	3,10	3,12
	3	3,24	3,08	3,04	3,15
	4	2,89	3,05	3,12	3,09

CUC = 98,33%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	3,07	3,16	3,17	3,17
	2	3,13	3,06	3,11	3,14
	3	3,17	3,09	3,06	3,16
	4	2,92	3,04	3,11	3,09

CUC = 98,43%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	3,07	3,15	3,16	3,16
	2	3,12	3,06	3,10	3,13
	3	3,15	3,09	3,04	3,16
	4	2,86	3,05	3,11	3,10

CUC = 98,40%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	3,08	3,16	3,16	3,19
	2	3,12	3,07	3,11	3,14
	3	3,17	3,10	3,06	3,17
	4	2,90	3,07	3,13	3,15

CUC = 98,46%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	3,08	3,15	3,16	3,16
	2	3,11	3,07	3,10	3,14
	3	3,17	3,09	3,06	3,17
	4	2,95	3,05	3,11	3,14

CUC = 98,62%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1	3,08	3,16	3,17	3,18
	2	3,12	3,08	3,11	3,14
	3	3,18	3,10	3,07	3,18
	4	2,94	3,07	3,12	3,14

CUC = 98,54%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	3,08	3,17	3,17	3,14
	2	3,11	3,08	3,11	3,14
	3	3,17	3,11	3,06	3,18
	4	2,89	3,07	3,13	3,14

CUC = 98,49%

## ARTIGO 2

## VAZÃO ACLIVE

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	3,14	3,28	3,27	3,22
	2	3,23	3,15	3,05	3,11
	3	3,17	3,12	3,14	3,19
	4	X	3,16	2,91	3,14

CUC = 98,08%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	3,15	3,25	3,26	3,23
	2	3,25	3,16	3,16	3,22
	3	3,21	3,13	3,15	3,24
	4	2,95	3,15	3,12	3,17

CUC = 98,29%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	3,15	3,22	3,24	3,21
	2	3,21	3,14	3,08	3,10
	3	3,19	3,13	3,13	3,22
	4		3,11	3,07	3,16

CUC = 98,64%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	3,17	3,24	3,26	3,22
	2	3,25	3,15	3,16	3,21
	3	3,19	3,10	3,11	3,22
	4	2,86	3,14	3,03	3,17

CUC = 97,86%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	3,30	3,37	3,38	3,35
	2	3,16	3,28	3,28	3,34
	3	3,17	3,27	3,27	3,36
	4	X	3,25	3,18	3,29

CUC = 98,36%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	3,16	3,23	3,23	3,21
	2	3,19	3,13	3,14	3,19
	3	3,19	3,16	3,11	3,20
	4	2,92	3,13	3,03	3,16

CUC = 98,29%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	3,14	3,15	3,24	3,23
	2	3,20	3,15	3,16	3,21
	3	3,20	3,12	3,07	3,20
	4		3,12	2,93	3,18

CUC = 98,36%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	3,14	3,20	3,21	3,19
	2	3,14	3,12	3,13	3,16
	3	3,18	3,10	3,07	3,19
	4	2,86	3,08	2,92	3,08

CUC = 97,77%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	3,11	3,17	3,20	3,16
	2	3,13	3,10	3,12	3,16
	3	3,16	3,08	3,08	3,16
	4	2,91	3,08	2,93	3,08

CUC = 98,21%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	3,15	3,19	3,22	3,19
	2	3,17	3,13	3,15	3,20
	3	3,17	3,12	3,09	3,18
	4	2,92	3,10	2,98	3,11

CUC = 98,19%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	3,14	3,20	3,20	3,20
	2	3,17	3,13	3,15	3,19
	3	3,19	3,19	3,08	3,18
	4	2,93	3,10	2,97	3,15

CUC = 98,17%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	3,14	3,20	3,21	3,20
	2	3,19	3,13	3,15	3,20
	3	3,19	3,10	3,09	3,17
	4	2,92	3,05	2,97	3,12

CUC = 97,97%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	3,13	3,19	3,20	3,19
	2	3,15	3,11	3,13	3,18
	3	3,17	3,18	3,05	3,16
	4	2,90	3,04	2,95	3,12

CUC = 97,92%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	3,14	3,19	3,20	3,17
	2	3,18	3,13	3,16	3,19
	3	3,19	3,10	3,08	3,19
	4	2,90	3,05	2,95	3,13

CUC = 97,89%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	3,14	3,18	3,20	3,19
	2	3,17	3,13	3,13	3,30
	3	3,18	3,09	3,08	3,19
	4	2,89	3,06	2,95	3,14

CUC = 97,76%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	3,14	3,21	3,20	3,20
	2	3,17	3,12	3,14	3,19
	3	3,19	3,07	3,08	3,20
	4	2,89	3,06	2,96	3,11

CUC = 97,82%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	3,16	3,22	3,21	3,21
	2	3,19	3,12	3,16	3,19
	3	3,19	3,12	3,09	3,20
	4	2,91	3,08	2,95	3,14

CUC = 97,90%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	3,13	3,17	3,20	3,18
	2	3,17	3,13	3,15	3,19
	3	3,19	3,11	3,18	3,19
	4	2,87	3,04	2,93	3,11

CUC = 97,83%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	3,14	3,20	3,21	3,18
	2	3,17	3,12	3,14	3,19
	3	3,19	3,10	3,08	3,19
	4	2,90	3,07	2,94	3,12

CUC = 97,93%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	3,13	3,21	3,21	3,18
	2	3,18	3,12	3,15	3,20
	3	3,18	3,10	3,08	3,19
	4	2,88	3,06	2,93	3,12

CUC = 97,80%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	3,13	3,17	3,20	3,19
	2	3,18	3,11	3,14	3,19
	3	3,19	3,10	3,07	3,00
	4	2,89	3,05	2,94	3,13

CUC = 97,66%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	3,14	3,21	3,20	3,19
	2	3,18	3,11	3,15	3,19
	3	3,17	3,11	3,07	3,17
	4	2,96	3,06	2,95	3,14

CUC = 98,03%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	3,10	3,17	3,18	3,16
	2	3,17	3,09	3,12	3,18
	3	3,16	3,08	3,05	3,17
	4	2,92	3,05	2,92	3,10

CUC = 97,98%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1	3,12	3,18	3,19	3,17
	2	3,16	3,09	3,12	3,19
	3	3,17	3,09	3,06	3,16
	4	2,94	3,07	2,93	3,12

CUC = 98,05%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	3,15	3,23	3,21	3,19
	2	3,18	3,11	3,14	3,19
	3	3,18	3,10	3,07	3,18
	4	2,95	3,07	2,94	3,14

CUC = 97,93%



## ARTIGO 2

## VAZÃO DECLIVE

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	3,07	3,14	3,16	3,16
	2	3,14	3,08	3,08	3,18
	3	3,16	3,05	3,08	3,18
	4	2,99	3,10	3,00	3,16

CUC = 98,32%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	3,09	3,18	3,19	3,18
	2	3,24	3,13	3,12	3,17
	3	3,20	3,12	3,11	3,18
	4	3,02	3,10	3,04	3,19

CUC = 98,41%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	3,00	3,18	3,19	3,19
	2	3,17	3,11	3,11	X
	3	3,17	3,07	3,07	3,20
	4	3,02	3,11	3,04	3,18

CUC = 98,16%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	3,13	3,19	3,21	3,19
	2	3,20	3,12	3,07	3,11
	3	3,19	3,11	3,08	3,22
	4	3,03	3,12	3,07	3,15

CUC = 98,45%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	3,03	3,18	3,20	3,19
	2	3,19	3,11	3,12	3,18
	3	3,19	3,10	3,09	3,24
	4	3,02	3,12	3,05	3,19

CUC = 98,18%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	3,00	3,18	3,20	3,18
	2	3,21	3,16	3,13	3,17
	3	3,22	3,12	3,11	3,21
	4	3,02	3,11	3,04	3,20

CUC = 98,17%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
	1	3,18	3,23	3,25	3,22

7	2	3,26	3,19	3,18	3,25
	3	3,26	3,18	3,15	3,28
	4	3,07	3,17	3,10	3,23

CUC = 98,50%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	3,13	3,17	3,20	3,18
	2	3,17	3,13	3,13	3,19
	3	3,19	3,11	3,09	3,19
	4	3,02	3,11	3,05	3,20

CUC = 98,57%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	3,09	3,17	3,19	3,17
	2	3,20	3,13	3,13	3,22
	3	3,22	3,12	3,09	3,21
	4	3,01	3,11	3,03	3,18

CUC = 98,31%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	3,09	3,17	3,18	3,17
	2	3,18	3,12	3,12	3,18
	3	3,20	3,12	3,07	3,20
	4	2,99	3,10	3,02	3,17

CUC = 98,35%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	3,12	3,14	3,14	3,13
	2	X	X	3,08	3,14
	3	3,15	3,08	3,06	3,18
	4	3,09	3,05	3,01	3,13

CUC = 98,73%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	3,07	3,14	3,16	3,16
	2	3,15	3,11	3,10	3,15
	3	3,16	3,09	3,05	3,18
	4	2,98	3,04	3,04	3,16

CUC = 98,41%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	3,09	3,13	3,15	3,15
	2	3,13	3,09	3,09	3,13
	3	3,16	3,10	3,08	3,18
	4	2,95	3,05	3,05	3,16

CUC = 98,58%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	3,10	3,15	3,16	3,15
	2	3,12	3,08	3,07	3,14
	3	3,17	3,09	3,07	3,19
	4	2,99	3,04	3,05	3,15

CUC = 98,48%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	3,06	3,13	3,16	3,14
	2	3,08	3,08		3,14
	3	3,16	3,10	3,07	3,18
	4	2,97	3,03	3,04	3,16

CUC = 98,54%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	3,07	3,13	3,15	3,11
	2	3,13	3,03	3,08	3,14
	3	3,09	3,18	3,06	3,18
	4	2,97	3,04		3,12

CUC = 98,61%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	3,07	3,13	3,15	3,12
	2	3,14	3,05	3,09	3,13
	3	3,17	3,09	3,07	3,19
	4	2,96	3,03	3,02	3,14

CUC = 98,43%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	3,03	3,12	3,17	3,14
	2	3,12	3,08	3,10	3,16
	3	3,18	3,10	3,08	3,20
	4	2,98	3,01	3,03	3,11

CUC = 98,40%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	3,07	3,17	3,20	3,18
	2	3,14	3,08	3,12	3,18
	3	3,19	3,11	3,11	3,20
	4	3,03	3,06	3,10	3,20

CUC = 98,41%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	3,06	3,12	3,15	3,15
	2	3,12	3,05	3,08	3,12
	3	3,16	3,09	3,06	3,17
	4	2,98	3,04	3,06	3,16

CUC = 98,54%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	3,05	3,13	3,14	3,14
	2	3,13	3,06	3,09	3,14
	3	3,17	3,10	3,07	3,19
	4	2,98	3,04	3,05	3,16

CUC = 98,48%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	3,06	3,12	3,15	3,15
	2	3,13	3,07	3,09	3,14
	3	3,17	3,11	3,07	3,18
	4	2,97	3,03	3,04	3,16

CUC = 98,48%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	3,06	3,13	3,16	3,14
	2	3,14	3,07	3,10	3,12
	3	3,17	3,09	3,08	3,19
	4	2,98	3,04	3,04	3,15

CUC = 98,52%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1	3,04	3,13	3,14	3,14
	2	3,08	3,06	3,09	3,11
	3	3,17	3,08	3,07	3,17
	4	2,97	3,13	3,04	3,16

CUC = 98,52%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	3,07	3,12	3,14	3,14
	2	3,08	3,06	3,10	3,14
	3	3,18	3,11	3,07	3,18
	4	2,97	3,03	3,03	3,16

CUC = 98,52%

**ARTIGO 2**  
**pH NÍVEL**

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	5,5	5,5	5,5	5,5
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,6	5,5
	4	5,5	5,5	5,5	5,5

CUC = 99,78%

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	5,6	5,6	5,6	5,6
	2	5,6	5,6	5,6	5,6
	3	5,6	5,6	5,6	5,6
	4	5,6	5,6	5,6	5,6

CUC = 100%

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	5,5	5,5	5,6	5,5
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,5	5,5	5,5	5,5

CUC = 99,78%

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	5,5	5,5	5,6	5,6
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,5	5,5	5,6	5,5

CUC = 99,44%

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	5,6	5,5	5,5	5,5
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,6	5,5	5,5	5,5

CUC = 99,44%

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	5,6	5,5	5,6	5,5
	2	5,5	5,6	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,5	5,5	5,6	5,6

CUC = 99,22%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	5,5	5,5	5,5	5,5
	2	5,5	5,5	5,6	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,5	5,6	5,6	5,5

CUC = 99,44%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	5,5	5,5	5,6	5,6
	2	5,6	5,5	5,5	5,6
	3	5,6	5,6	5,5	5,6
	4	5,5	5,5	5,5	5,6

CUC = 99,09%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	5,6	5,5	5,5	5,6
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,5	5,7	5,5	5,5

CUC = 99,26%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	5,6	5,5	5,5	5,5
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,5	5,5	5,5	5,5

CUC = 99,78%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	5,6	5,6	5,6	5,6
	2	5,6	5,6	5,6	5,6
	3	5,6	5,6	5,6	5,6
	4	5,6	5,6	5,6	5,6

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	5,6	5,7	5,6	5,6
	2	5,6	5,6	5,6	5,6
	3	5,6	5,6	5,6	5,6
	4	5,6	5,6	5,6	5,6

CUC = 99,79%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	5,7	5,6	5,6	5,6
	2	5,6	5,6	5,6	5,6
	3	5,6	5,6	5,6	5,6
	4	5,6	5,6	5,6	5,6

CUC = 99,79%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	5,6	5,6	5,6	5,6
	2	5,6	5,6	5,6	5,6
	3	5,6	5,6	5,6	5,6
	4	5,6	5,6	5,6	5,6

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	5,6	5,6	5,6	5,6
	2	5,6	5,6	5,6	5,6
	3	5,6	5,6	5,6	5,6
	4	5,7	5,6	5,6	5,6

CUC = 99,79%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	5,6	5,6	5,6	5,6
	2	5,6	5,6	5,6	5,6
	3	5,6	5,6	5,6	5,6
	4	5,6	5,6	5,6	5,6

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	5,6	5,6	5,6	5,6
	2	5,6	5,6	5,6	5,6
	3	5,7	5,6	5,6	5,6
	4	5,6	5,6	5,6	5,6

CUC = 99,79%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	5,6	5,6	5,6	5,6
	2	5,6	5,7	5,6	5,6
	3	5,6	5,6	5,6	5,6
	4	5,6	5,6	5,6	5,6

CUC = 99,79%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	5,6	5,6	5,6	5,6
	2	5,6	5,6	5,6	5,6
	3	5,6	5,6	5,6	5,7
	4	5,6	5,6	5,6	5,6

CUC = 99,79%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	5,6	5,6	5,6	5,6
	2	5,7	5,6	5,6	5,6
	3	5,6	5,6	5,6	5,6
	4	5,6	5,6	5,6	5,6

CUC = 99,79%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	5,6	5,6	5,6	5,6
	2	5,6	5,7	5,6	5,6
	3	5,6	5,6	5,6	5,6
	4	5,6	5,6	5,6	5,6

CUC = 99,79%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	5,6	5,6	5,6	5,6
	2	5,6	5,6	5,6	5,6
	3	5,6	5,6	5,6	5,6
	4	5,6	5,6	5,6	5,6

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	5,6	5,6	5,6	5,6
	2	5,6	5,6	5,6	5,6
	3	5,6	5,6	5,6	5,6
	4	5,6	5,6	5,6	5,6

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1	5,6	5,6	5,6	5,6
	2	5,6	5,6	5,6	5,6
	3	5,6	5,6	5,6	5,6
	4	5,6	5,6	5,6	5,6

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	5,6	5,6	5,6	5,6
	2	5,6	5,6	5,6	5,6
	3	5,6	5,6	5,6	5,6
	4	5,6	5,6	5,6	5,6

CUC = 100%



**ARTIGO 2****pH ACLIVE**

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	5,3	5,4	5,4	5,4
	2	5,4	5,3	5,5	5,5
	3	5,3	5,3	5,3	5,3
	4	5,4	5,4	5,4	5,4

CUC = 98,95%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	5,3	5,4	5,4	5,3
	2	5,4	5,4	5,4	5,3
	3	5,3	5,4	5,3	5,4
	4	5,3	5,3	5,4	5,4

CUC = 99,08%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	5,5	5,4	5,4	5,4
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,4	5,5	5,5	5,5

CUC = 99,31%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	5,5	5,5	5,5	5,5
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,5	5,5	5,5	5,5

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	5,5	5,5	5,5	5,5
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,5	5,5	5,5	5,5

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	5,4	5,5	5,4	5,5
	2	5,5	5,4	5,4	5,4
	3	5,4	5,5	5,4	5,4
	4	5,4	5,6	5,5	5,4

CUC = 98,99%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	5,5	5,5	5,5	5,5
	2	5,6	5,6	5,6	5,5
	3	5,6	5,6	5,5	5,5
	4	5,5	5,5	5,5	5,5

CUC = 99,22%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	5,6	5,5	5,6	5,6
	2	5,6	5,6	5,6	5,6
	3	5,6	5,6	5,6	5,6
	4	5,6	5,6	5,6	5,6

CUC = 99,79%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	5,5	5,4	5,4	5,4
	2	5,4	5,4	5,4	5,4
	3	5,4	5,5	5,4	5,4
	4	5,5	5,4	5,4	5,4

CUC = 99,43%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	5,4	5,4	5,4	5,4
	2	5,4	5,4	5,4	5,5
	3	5,4	5,4	5,4	5,4
	4	5,4	5,4	5,4	5,4

CUC = 99,78%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	5,5	5,5	5,5	5,5
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,6
	4	5,5	5,5	5,5	5,5

CUC = 99,78%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	5,5	5,5	5,5	5,5
	2	5,5	5,5	5,6	5,4
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,5	5,5	5,5	5,5

CUC = 99,77%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	5,5	5,5	5,5	5,4
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,5	5,5	5,5	5,5

CUC = 99,78%

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	5,6	5,5	5,5	5,5
	2	5,5	5,5	5,5	5,4
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,5	5,5	5,5	5,5

CUC = 99,77%

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	5,5	5,5	5,5	5,6
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,5	5,5	5,5	5,5

CUC = 99,78%

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	5,5	5,5	5,6	5,5
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,5	5,5	5,5	5,5

CUC = 99,78%

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	5,5	5,5	5,5	5,5
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,5	5,5	5,6	5,5

CUC = 99,78%

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	5,5	5,5	5,4	5,5
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,5	5,5	5,5	5,5

CUC = 99,78%

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	5,5	5,4	5,5	5,5
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,4	5,5
	4	5,5	5,4	5,5	5,5

CUC = 99,43%

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	5,6	5,5	5,5	5,4
	2	5,5	5,5	5,5	5,5

	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,5	5,4	5,5	5,5

CUC = 99,57%

pH  
Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	5,5	5,5	5,4	5,4
	2	5,5	5,4	5,5	5,5
	3	5,4	5,4	5,4	5,5
	4	5,5	5,4	5,4	5,4

CUC = 99,09%

pH  
Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	5,4	5,4	5,4	5,4
	2	5,4	5,4	5,5	5,4
	3	5,4	5,5	5,4	5,4
	4	5,4	5,4	5,4	5,4

CUC = 99,59%

pH  
Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	5,4	5,4	5,4	5,4
	2	5,4	5,4	5,4	5,5
	3	5,5	5,4	5,4	5,5
	4	5,4	5,4	5,4	5,4

CUC = 99,43%

pH  
Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1	5,5	5,5	5,5	5,5
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,6
	4	5,5	5,5	5,5	5,5

CUC = 99,78%

pH  
Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	5,5	5,5	5,5	5,5
	2	5,5	5,5	5,5	5,5
	3	5,5	5,5	5,5	5,5
	4	5,5	5,5	5,5	5,5

CUC = 100%

**ARTIGO 2****pH DECLIVE**pH  
Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	5	5	5	5
	2	5	5	5,1	5
	3	5	5	5	5
	4	5	5	5	5

CUC = 99,76%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	5,1	5,1	5,1	5,1
	2	5,1	5,1	5,1	5,1
	3	5,1	5,1	5,1	5,1
	4	5,1	5,1	5,1	5,1

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	5,2	5,2	5,2	5,2
	2	5,2	5,2	5,3	5,2
	3	5,2	5,2	5,3	5,2
	4	5,2	5,3	5,2	5,2

CUC = 99,41%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	5,1	5,1	5,1	5,1
	2	5,1	5,1	5,1	5,1
	3	5,1	5,1	5,1	5,1
	4	5,1	5,2	5	5,1

CUC = 99,75%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	5,1	5,2	5,2	5,2
	2	5,1	5,1	5,1	5,1
	3	5,2	5,1	5,1	5,2
	4	5,1	5,2	5,1	5,2

CUC = 99,04%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	5,3	5,3	5,2	5,2
	2	5,3	5,2	5,1	5,2
	3	5,2	5,1	5,1	5,2
	4	5,2	5,3	5,2	5,3

CUC = 98,95%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	5,1	5,1	5,2	5,2
	2	5,1	5,1	5,2	5,2
	3	5,1	5,1	5,1	5,1
	4	5,1	5,1	5,2	5,2

CUC = 99,08%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	5,1	5,2	5,1	5,2
	2	5,1	5,1	5,1	5,1
	3	5,2	5,1	5,1	5,1
	4	5	5,2	5,1	5,1

CUC = 99,20%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	5,2	5,2	5,2	5,2
	2	5,2	5,2	5,2	5,2
	3	5,2	5,2	5,2	5,2
	4	5,2	5,2	5,2	5,2

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	5,1	5,1	5,2	5,2
	2	5,2	5,1	5,2	5,2
	3	5,1	5,1	5,1	5,2
	4	5,1	5,1	5,1	5,2

CUC = 99,04%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	5,3	5,3	5,3	5,3
	2			5,3	5,3
	3	5,3	5,3	5,3	5,3
	4	5,3	5,4	5,3	5,3

CUC = 99,75%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	5,3	5,3	5,3	5,3
	2	5,3	5,3	5,3	5,3
	3	5,3	5,3	5,3	5,3
	4	5,3	5,3	5,3	5,3

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	5,3	5,3	5,3	5,3
	2	5,3	5,3	5,3	5,3
	3	5,3	5,3	5,3	5,3
	4	5,3	5,3	5,3	5,3

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	5,3	5,3	5,3	5,3
	2	5,3	5,3	5,3	5,3
	3	5,3	5,3	5,3	5,3
	4	5,3	5,3	5,3	5,3

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	5,3	5,3	5,3	5,3
	2	5,3	5,3		5,3
	3	5,3	5,3	5,3	5,3
	4	5,3	5,3	5,3	5,3

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	5,3	5,3	5,3	5,3
	2	5,3	5,3	5,3	5,3
	3	5,3	5,3	5,3	5,3
	4	5,3	5,3		5,3

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	5,3	5,3	5,3	5,3
	2	5,3	5,3	5,3	5,3
	3	5,3	5,3	5,3	5,3
	4	5,3	5,3	5,3	5,3

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	5,4	5,4	5,4	5,4
	2	5,4	5,4	5,4	5,4
	3	5,4	5,4	5,3	5,4
	4	5,4	5,4	5,4	5,3

CUC = 99,59%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	5,4	5,4	5,4	5,4
	2	5,4	5,4	5,4	5,4
	3	5,4	5,4	5,4	5,4
	4	5,4	5,4	5,4	5,4

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	5,4	5,4	5,4	5,4
	2	5,4	5,4	5,4	5,4
	3	5,4	5,4	5,4	5,4
	4	5,4	5,4	5,4	5,4

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	5,4	5,4	5,4	5,4
	2	5,4	5,4	5,4	5,4
	3	5,4	5,4	5,4	5,4
	4	5,4	5,4	5,4	5,4

CUC = 100%

pH					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	5,4	5,4	5,4	5,4
	2	5,4	5,4	5,4	5,4
	3	5,4	5,4	5,4	5,4
	4	5,4	5,4	5,4	5,4

CUC = 100%

pH					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	5,4	5,4	5,4	5,4
	2	5,4	5,4	5,4	5,4
	3	5,4	5,4	5,4	5,4
	4	5,4	5,4	5,4	5,4

CUC = 100%

pH					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1	5,4	5,4	5,4	5,4
	2	5,4	5,4	5,4	5,4
	3	5,4	5,4	5,4	5,4
	4	5,4	5,4	5,4	5,4

CUC = 100%

pH					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	5,4	5,4	5,4	5,4
	2	5,4	5,4	5,4	5,4
	3	5,4	5,4	5,4	5,4
	4	5,4	5,4	5,4	5,4

CUC = 100%

**ARTIGO 2****CONDUTIVIDADE ELÉTRICA NÍVEL**

Condutividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	1,082	1,079	1,081	1,083
	2	1,08	1,082	1,082	1,083
	3	1,076	1,083	1,081	1,083
	4	1,085	1,083	1,087	1,087

CUC = 99,82%

Condutividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	1,079	1,08	1,08	1,079
	2	1,076	1,078	1,081	1,08
	3	1,079	1,08	1,082	1,081
	4	1,083	1,072	1,081	1,081

CUC = 99,83%



Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	1,087	1,081	1,087	1,081
	2	1,082	1,081	1,087	1,077
	3	1,089	1,082	1,083	1,089
	4	1,086	1,086	1,087	1,084

CUC = 99,72%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	1,085	1,086	1,085	1,088
	2	1,085	1,083	1,089	1,083
	3	1,083	1,086	1,089	1,086
	4	1,086	1,085	1,088	1,084

CUC = 99,85%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	1,096	1,097	1,092	1,087
	2	1,089	1,09	1,089	1,092
	3	1,069	1,088	1,09	1,088
	4		1,091	1,093	1,086

CUC = 99,65%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	1,096	1,072	1,096	1,092
	2	1,075	1,074	1,07	1,077
	3	1,072	1,077	1,075	1,076
	4	1,096	1,072	1,097	1,075

CUC = 98,91%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	1,064	1,066	1,068	1,071
	2	1,06	1,057	1,063	1,068
	3	1,062	1,061	1,065	1,065
	4	1,065	1,072	1,085	1,065

CUC = 99,60%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	1,104	1,1	1,092	1,093
	2	1,1	1,099	1,1	1,098
	3	1,098	1,097	1,099	1,098
	4	1,096	1,099	1,098	1,099

CUC = 99,82%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	1,094	1,09	1,091	1,089
	2	1,088	1,092	1,087	1,095
	3	1,088	1,086	1,088	1,086
	4	1,094	1,089	1,088	1,089

CUC = 99,79%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	1,096	1,094	1,095	1,097
	2	1,097	1,096	1,097	1,095
	3	1,094	1,096	1,095	1,097
	4	1,098	1,096	1,098	1,096

CUC = 99,91%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	1,104	1,104	1,103	1,103
	2	1,105	1,102	1,103	1,101
	3	1,104	1,102	1,102	1,1
	4	1,104	1,104	1,105	1,107

CUC = 99,88%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	1,106	1,11	1,107	1,107
	2	1,107	1,102	1,105	1,108
	3	1,104	1,105	1,106	1,107
	4	1,111	1,11	1,109	1,109

CUC = 99,83%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	1,111	1,113	1,113	1,111
	2	1,112	1,109	1,11	1,105
	3	1,105	1,11	1,11	1,111
	4	1,111	1,112	1,112	1,11

CUC = 99,85%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	1,113	1,112	1,111	1,109
	2	1,112	1,111	1,11	1,11
	3	1,109	1,113	1,109	1,11
	4	1,116	1,114	1,112	1,112

CUC = 99,85%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	1,118	1,114	1,113	1,116
	2	1,115	1,109	1,111	1,115
	3	1,112	1,113	1,114	1,115
	4	1,12	1,118	1,115	1,116

CUC = 99,81%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	1,12	1,118	1,118	1,118
	2	1,118	1,117	1,117	1,115
	3	1,117	1,115	1,116	1,112
	4	1,119	1,119	1,119	1,117

CUC = 99,90%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	1,119	1,12	1,122	1,12
	2	1,123	1,122	1,123	1,12
	3	1,124	1,121	1,122	1,117
	4	1,12	1,119	1,123	1,121

CUC = 99,86%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	1,123	1,127	1,122	1,123
	2	1,117	1,126	1,124	1,121
	3	1,124	1,125	1,124	1,123
	4	1,119	1,121	1,122	1,122

CUC = 99,83%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	1,127	1,123	1,124	1,125
	2	1,127	1,126	1,126	1,127
	3	1,125	1,126	1,126	1,129
	4	1,123	1,12	1,123	1,123

CUC = 99,84%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	1,126	1,126	1,126	1,124
	2	1,129	1,131	1,126	1,128
	3	1,13	1,128	1,129	1,127
	4	1,124	1,125	1,127	1,125

CUC = 99,85

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	1,13	1,13	1,13	1,127
	2	1,132	1,131	1,129	1,129
	3	1,128	1,129	1,129	1,13
	4	1,127	1,128	1,128	1,126

CUC= 99,89%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	1,13	1,128	1,13	1,13
	2	1,132	1,133	1,132	1,13
	3	1,13	1,131	1,132	1,134
	4	1,128	1,13	1,13	1,129

CUC = 99,88%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	1,138	1,133	1,137	1,134
	2	1,136	1,136	1,133	1,132
	3	1,132	1,135	1,133	1,132
	4	1,133	1,132	1,131	1,13

CUC = 99,83%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1		1,134	1,134	1,134
	2	1,136	1,138	1,133	1,135
	3	1,136	1,135	1,134	1,135
	4	1,134	1,131	1,132	1,133

CUC = 99,88%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	1,136	1,135	1,135	1,137
	2	1,14	1,139	1,14	1,14
	3	1,141	1,141	1,14	1,139
	4	1,134	1,139	1,133	1,135

CUC = 99,78%

**ARTIGO 2****CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ACLIVE**Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	2,082	2,074	2,092	2,099
	2	2,096	2,07	2,113	2,101
	3	2,068	2,069	2,068	2,068
	4	2,062	2,09	2,063	2,071

CUC = 99,33%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	2,082	2,08	2,08	2,082
	2	2,082	2,082	2,082	2,083
	3	2,083	2,074	2,082	2,075
	4	2,072	2,063	2,065	2,073

CUC = 99,74%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	2,089	2,094	2,094	2,096
	2	2,088	2,082	2,083	2,08
	3	2,081	2,082	2,088	2,088
	4	2,082	2,085	2,078	2,071

CUC = 99,75%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	2,087	2,095	2,102	2,093
	2	2,094	2,091	2,091	2,097
	3	2,091	2,094	2,1	2,094
	4	2,078	2,087	2,091	2,08

CUC = 99,78%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	2,1	2,101	2,102	2,102
	2	2,104	2,101	2,102	2,102
	3	2,104	2,097	2,104	2,097
	4	2,095	2,093	2,092	2,097

CUC = 99,84%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	2,06	2,04	2,058	2,052
	2	2,043	2,052	2,068	2,064
	3	2,07	2,062	2,038	2,066
	4	2,067	2,027	2,03	2,059

CUC = 99,43%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	2,145	2,15	2,144	2,137
	2	2,111	2,138	2,142	2,103
	3	2,134	2,147	2,148	2,103
	4	2,143	2,145	2,147	2,143

CUC = 99,45%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	2,153	2,157	2,148	2,151
	2	2,14	2,157	2,15	2,148
	3	2,153	2,16	2,155	2,149
	4	2,144	2,124	2,156	2,14

CUC = 99,70%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1		2,124	2,126	2,13
	2	2,128	2,121	2,128	2,119
	3	2,12	2,124	2,121	2,117
	4		2,128	2,122	2,134

CUC = 99,81%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	2,139	2,136	2,139	2,129
	2	2,134	2,13	2,133	2,136
	3	2,13	2,135	2,134	2,135
	4	2,135	2,13	2,127	2,119

CUC = 99,82%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	2,145	2,145	2,143	2,147
	2	2,145	2,14	2,14	2,14
	3	2,145	2,149	2,142	2,137
	4	2,145	2,141	2,137	2,141

CUC = 99,86%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	2,156	2,152	2,152	2,151
	2	2,151	2,151	2,147	2,149
	3	2,153	2,149	2,143	2,148
	4	2,148	2,143	2,149	2,149

CUC = 99,88%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	2,16	2,162	2,16	2,157
	2	2,158	2,157	2,151	2,156
	3	2,157	2,156	2,158	2,156
	4	2,155	2,154	2,148	2,157

CUC = 99,90%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	2,166	2,162	2,167	2,167
	2	2,158	2,165	2,161	2,163
	3	2,161	2,164	2,161	2,162
	4	2,165	2,161	2,157	2,158

CUC = 99,88%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	2	2,169	2,167	2,171
	2	2,165	2,17	2,165	2,166
	3	2,166	2,168	2,165	2,165
	4	2,165	2,168	2,163	2,164

CUC = 99,89%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	2,172	2,174	2,18	2,171
	2	2,169	2,17	2,174	2,172
	3	2,17	2,168	2,167	2,167
	4	2,166	2,168	2,163	2,163

CUC = 99,85%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	2,182	2,183	2,181	2,182
	2	2,177	2,179	2,178	2,177
	3	2,176	2,176	2,18	2,177
	4	2,179	2,175	2,173	2,176

CUC = 99,89%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	2,187	2,188	2,187	2,185
	2	2,178	2,18	2,186	2,181
	3	2,18	2,18	2,181	2,176
	4	2,18	2,176	2,178	2,174

CUC = 99,84%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	2,194	2,191	2,191	2,195
	2	2,184	2,192	2,188	2,188
	3	2,183	2,186	2,184	2,184
	4	2,186	2,187	2,18	2,187

CUC = 99,84%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	2,196	2,199	2,192	2,194
	2	2,193	2,194	2,19	2,188
	3	2,192	2,19	2,188	2,188
	4	2,192		2,19	2,188

CUC = 99,88%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	2,197	2,197	2,2	2,198
	2	2,19	2,192	2,189	2,193
	3	2,195	2,198	2,194	2,189
	4	2,194	2,186	2,19	2,189

CUC= 99,84%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	2,168	2,165	2,165	2,165
	2	2,166	2,167	2,158	2,156
	3	2,166	2,163	2,167	2,161
	4	2,159	2,164	2,164	2,16

CUC = 99,86%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	2,186	2,185	2,183	2,172
	2	2,176	2,173	2,183	2,186
	3	2,179	2,182	2,179	2,181
	4	2,17	2,183	2,18	2,173

CUC = 99,80%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1	2,197	2,194	2,197	2,195
	2	2,197	2,197	2,187	2,194
	3	2,197	2,191	2,195	2,195
	4	2,193	2,192	2,19	2,189

CUC = 99,83%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	2,21	2,199	2,199	2,207
	2	2,205	2,21	2,209	2,208
	3	2,205	2,197	2,205	2,206
	4	2,207	2,206	2,202	2,192

CUC = 99,81%

## ARTIGO 2

## CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DECLIVE

Condutividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	1,59	1,582	1,588	1,59
	2	1,582	1,591	1,593	1,592
	3	1,589	1,589	1,592	1,595
	4	1,602	1,607	1,594	1,603

CUC = 99,69%

Condutividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	1,588	1,591	1,588	1,59
	2	1,587	1,593	1,59	1,59
	3	1,596	1,595	1,589	1,595
	4	1,596	1,602	1,598	1,604

CUC = 99,73%

Condutividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	1,595	1,595	1,595	1,597
	2	1,601	1,603	1,603	1,602
	3	1,602	1,604	1,6	1,602
	4	1,595	1,599	1,607	1,61

CUC = 99,75%

Condutividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	1,605	1,599	1,609	1,605
	2	1,605	1,608	1,604	1,606
	3	1,613	1,61	1,61	1,611
	4	1,598	1,61	1,615	1,617

CUC = 99,74%

Condutividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	1,616	1,613	1,614	1,611
	2	1,615	1,617	1,617	1,613
	3	1,62	1,619	1,615	1,613
	4	1,608	1,615	1,614	1,625

CUC = 99,82%

Condutividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	1,613	1,622	1,622	1,623
	2	1,622	1,626	1,621	1,624
	3	1,625	1,625	1,624	1,626
	4	1,616	1,62	1,627	1,634

CUC = 99,79%



Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	1,628	1,631	1,626	1,627
	2	1,625	1,631	1,628	1,63
	3	1,632	1,634	1,635	1,634
	4	1,622	1,627	1,637	1,637

CUC = 99,77%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	1,635	1,631	1,636	1,635
	2	1,64	1,641	1,637	1,64
	3	1,645	1,645	1,64	1,641
	4	1,632	1,641	1,646	1,648

CUC = 99,74%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	1,639	1,64	1,641	1,643
	2	1,64	1,644	1,642	1,642
	3	1,646	1,646	1,645	1,644
	4	1,636	1,642	1,649	1,651

CUC = 99,82%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	1,647	1,646	1,644	1,646
	2	1,651	1,651	1,65	1,648
	3	1,656	1,652	1,651	1,653
	4	1,64	1,646	1,653	1,657

CUC = 99,77%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	1,681	1,684	1,669	1,672
	2			1,669	1,671
	3	1,683	1,681	1,667	1,676
	4	1,682	1,674	1,669	1,699

CUC = 99,58%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	1,665	1,667	1,666	1,661
	2	1,67	1,676	1,671	1,669
	3	1,672	1,672	1,669	1,672
	4	1,659	1,663	1,669	1,664

CUC = 99,77%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	1,674	1,672	1,676	1,675
	2	1,682	1,685	1,676	1,675
	3	1,68	1,679	1,684	1,682
	4	1,673	1,675	1,674	1,677

CUC = 99,79%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	1,68	1,685	1,677	1,672
	2	1,687	1,686	1,686	1,683
	3	1,686	1,681	1,684	1,683
	4	1,675	1,68	1,685	1,682

CUC = 99,79%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	1,684	1,683	1,687	1,683
	2	1,688	1,688		1,684
	3	1,672	1,686	1,691	1,683
	4	1,679	1,687	1,688	1,689

CUC = 99,79%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	1,69	1,689	1,687	1,687
	2	1,688	1,69	1,696	1,694
	3	1,701	1,704	1,691	1,692
	4	1,684	1,69		1,693

CUC = 99,76%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	1,688	1,692	1,692	1,694
	2	1,698	1,692	1,7	1,694
	3	1,706	1,701	1,691	1,699
	4	1,694	1,696	1,696	1,697

CUC = 99,79%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	1,76	1,757	1,756	1,75
	2	1,76	1,754	1,752	1,755
	3	1,755	1,764	1,756	1,757
	4	1,756	1,752	1,757	1,758

CUC = 99,85%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	1,763	1,763	1,76	1,761
	2	1,763	1,755	1,764	1,764
	3	1,765	1,724	1,766	1,763
	4	1,756	1,763	1,768	1,77

CUC = 99,66%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	1,765	1,769	1,763	1,768
	2	1,772	1,769	1,771	1,773
	3	1,772	1,776	1,774	1,774
	4	1,766	1,77	1,776	1,779

CUC = 99,80%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	1,775	1,773	1,775	1,778
	2	1,778	1,778	1,777	1,775
	3	1,78	1,781	1,78	1,784
	4	1,766	1,78	1,778	1,784

CUC= 99,82%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	1,783	1,783	1,78	1,783
	2	1,782	1,786	1,79	1,788
	3	1,788	1,787	1,791	1,786
	4	1,776	1,786	1,791	1,791

CUC = 99,81%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	1,784	1,784	1,784	1,791
	2	1,784	1,791	1,786	1,787
	3	1,768	1,788	1,793	1,791
	4	1,774	1,787	1,795	1,796

CUC = 99,71%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1	1,784	1,784	1,784	1,791
	2	1,784	1,791	1,786	1,787
	3	1,768	1,788	1,793	1,791
	4	1,774	1,787	1,795	1,796

CUC = 99,69%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	1,801	1,803	1,806	1,807
	2	1,808	1,806	1,803	1,803
	3	1,802	1,805	1,807	1,805
	4	1,793	1,796	1,801	1,811

CUC = 99,81%

**ARTIGO 3**  
**VAZÃO NÍVEL**

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	2,86	2,93	2,90	2,88
	2	2,94	2,88	2,89	2,92
	3	2,89	2,87	2,83	2,95
	4	2,71	2,76	2,83	2,86

CUC = 98,42%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	2,92	2,99	2,94	2,93
	2	2,99	2,92	2,93	2,99
	3	2,96	2,91	2,89	3,01
	4	2,75	2,81	2,89	2,91

CUC = 98,41%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	3,04	3,19	2,96	3,04
	2	2,88	3,06	3,12	3,16
	3	2,97	3,12	2,97	3,19
	4	2,92	3,02	3,00	2,99

CUC = 98,04%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	3,07	3,14	3,12	3,10
	2	3,10	3,06	3,08	3,13
	3	3,06	3,05	3,04	3,14
	4	2,87	2,97	3,02	2,90

CUC = 98,10%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	3,06	3,12	3,11	3,08
	2	3,11	3,04	3,07	3,13
	3	3,06	2,99	3,06	3,14
	4	2,85	2,96	3,00	3,05

CUC = 98,23%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	3,08	3,14	3,12	3,10
	2	3,10	3,07	3,08	3,14
	3	3,08	3,05	3,05	3,16
	4	2,84	2,97	3,04	

CUC = 98,31%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	3,09	3,15	3,15	3,09
	2	3,11	3,08	3,10	3,15
	3	3,09	3,06	3,08	3,17
	4	2,86	2,98	3,04	

CUC = 98,34%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	3,08	3,13	3,13	3,09
	2	3,09	3,05	3,08	3,13
	3	3,08	3,05	3,06	3,15
	4	2,82	2,96	3,03	3,05

CUC = 98,31%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	3,08	3,14	3,14	3,10
	2	3,12	3,07	3,09	3,15
	3	3,10	3,04	3,07	3,16
	4	2,88	2,95	3,04	3,05

CUC = 98,30%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	3,10	3,16	3,15	3,12
	2	3,12	3,12	3,11	3,15
	3	3,11	3,06	3,20	3,16
	4	2,93	3,00	3,07	3,08

CUC = 98,48%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	3,05	3,11		3,08
	2	3,10	3,05	3,09	3,12
	3	3,06	3,03	3,03	3,28
	4	2,81	2,95	3,03	3,04

CUC = 98,04%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	3,09	3,15	3,14	3,11
	2	3,18	3,08	3,10	3,14
	3	3,08	3,04	3,07	3,15
	4	2,83	2,97	3,06	3,08

CUC = 98,26%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	3,07	3,12	3,13	3,10
	2	3,11	3,08	3,11	3,16
	3	3,10	3,05	3,07	3,14
	4	2,96	2,95	3,05	3,06

CUC = 98,63%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	3,05	3,12	3,10	3,08
	2	3,10	3,07	3,04	3,13
	3	3,07	3,02	3,05	3,14
	4	2,87	2,95	3,01	3,03

CUC = 98,37%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	3,05	3,14	3,12	3,08
	2	3,12	3,05	3,05	3,14
	3	3,09	3,04	3,06	3,16
	4	2,90	2,96	3,04	3,05

CUC = 98,46%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	3,08	3,13	3,14	3,09
	2	3,12	3,07	3,06	3,14
	3	3,09	3,05	3,04	3,15
	4	2,96	2,96	3,04	3,05

CUC = 98,52%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	3,08	3,15	3,13	3,10
	2	3,11	3,07	3,05	3,13
	3	3,08	3,05	3,05	3,14
	4	2,97	2,97	3,04	3,04

CUC = 98,58%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	3,05	3,12	3,12	3,10
	2	3,11	3,07	3,07	3,14
	3	3,08	3,04	3,05	3,14
	4	2,90	2,96	3,03	3,05

CUC = 98,46%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	3,07	3,13	3,13	3,10
	2	3,12	3,25	3,08	3,14
	3	3,08	3,04	3,06	3,15
	4	2,85	2,95	3,03	3,05

CUC = 98,02%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	2,16	2,20	2,15	2,15
	2	2,19	2,17	2,16	2,23
	3	2,16	2,16	2,16	2,23
	4	2,06	2,07	2,15	2,13

CUC = 98,59%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	2,23	2,29	2,25	2,23
	2	2,26	2,24	2,22	2,30
	3	2,23	2,24	2,21	2,31
	4	2,21	2,14	2,00	2,21

CUC = 98,09%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	2,27	2,33	2,19	2,27
	2	2,31	2,29	2,28	2,34
	3	2,28	2,27	2,27	2,36
	4	2,19	2,31	2,26	2,26

CUC = 98,61%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	2,30	2,35	2,32	2,30
	2	2,32	2,30	2,30	2,36
	3	2,31	2,29	2,29	2,37
	4		2,14	2,28	2,26

CUC = 98,56%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1	2,36	2,43	2,40	2,38
	2	2,40	2,37	2,37	2,43
	3	2,38	2,36	2,36	2,45
	4	2,18	2,29	2,36	2,35

CUC = 98,45%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	2,30	2,35	2,31	2,30
	2	2,34	2,30	2,29	2,36
	3	2,30	2,29	2,31	2,40
	4	2,23	2,21	2,13	2,27

CUC = 98,12%

**ARTIGO 3****VAZÃO ACLIVE**

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	3,16	3,29	3,24	2,87
	2		3,09	3,31	3,15
	3	3,19	3,17	3,05	3,13
	4	2,69	3,10	3,05	3,21

CUC = 96,48%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	3,11	3,25	3,22	2,91
	2	3,46	3,15	3,18	3,26
	3	3,13	3,12	3,14	3,22
	4	2,91	3,07	3,02	3,17

CUC = 97,04%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	3,15	3,34	3,30	3,05
	2	3,47	3,23	3,28	3,32
	3	3,26	3,22	3,24	3,32
	4	2,84	3,10	3,05	3,25

CUC = 96,86%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	3,05	3,18	3,11	3,15
	2	3,30	3,15	3,20	3,23
	3	3,17	3,11	3,13	3,21
	4	2,68	3,03	2,96	3,11

CUC = 97,10%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	3,09	3,16	3,16	3,06
	2	3,28	3,13	3,16	3,23
	3	3,15	3,10	3,13	3,21
	4	2,70	3,01	2,96	3,11

CUC = 97,15%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	2,86	3,04	3,13	3,06
	2	3,39	3,23	3,30	3,34
	3	3,24	3,19	3,23	3,28
	4	2,67	3,04	2,93	3,10

CUC = 95,20%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	2,94	3,07	3,15	3,07
	2	3,36	3,18	3,20	3,23
	3	3,19	3,12	3,15	3,22
	4	2,72	3,03	2,94	3,13

CUC = 96,51%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	3,07	3,04	3,14	3,05
	2	3,32	3,15	3,17	3,21
	3	3,15	3,11	3,11	3,19
	4	2,69	3,02	2,97	3,11

CUC = 97,08%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	3,06	2,95	3,12	3,01
	2	3,31	3,13	3,19	3,21
	3	3,15	3,10	3,13	3,20
	4	2,68	3,02	2,94	3,08

CUC = 96,71%



Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	3,05	2,95	3,09	3,04
	2	3,30	3,12	3,14	3,21
	3	3,19	3,09	3,12	3,19
	4	2,66	2,99	2,92	3,08

CUC = 96,69%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	3,07	2,96	3,08	3,06
	2	3,31	3,12	3,13	3,22
	3	3,14	3,12	3,12	3,19
	4	2,64	3,01	2,94	3,09

CUC = 96,88%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	3,08	2,93	3,10	3,06
	2	3,31	3,13	3,12	3,22
	3	3,15	3,11	3,14	3,19
	4	2,65	2,61	2,96	3,09

CUC = 95,62%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	3,06	2,92	3,07	3,04
	2	3,29	3,10	3,10	3,20
	3	3,12	3,07	3,10	3,14
	4	2,65	2,99	2,93	3,06

CUC = 96,98%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	3,08	2,99	3,05	3,04
	2	3,32	3,13	3,12	3,23
	3	3,15	3,11	3,15	3,20
	4	2,66	3,02	2,96	3,09

CUC = 96,82%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	2,78	3,06	3,04	3,06
	2	3,30	3,12	3,14	3,24
	3	3,13	3,10	3,13	3,18
	4	2,64	3,00	2,97	3,06

CUC = 96,48%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	3,07	2,99	3,10	3,06
	2	3,28	3,11	3,10	3,20
	3	3,11	3,07	3,09	3,14
	4	2,60	2,97	2,94	3,06

CUC = 97,08%

Vazão (L h<sup>-1</sup>)

Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	3,07	3,04	3,06	3,02
	2	3,26	3,09	3,09	3,19
	3	3,10	3,07	3,09	3,15
	4	2,58	2,97	2,94	3,04

CUC = 97,18%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	3,10	3,11	3,08	3,13
	2	3,28	3,08	3,11	3,18
	3	3,12	3,08	3,17	3,14
	4	2,64	2,98	2,96	3,07

CUC = 97,34%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	3,13	3,35	3,45	3,57
	2	3,34	3,17	3,19	3,25
	3	3,06	3,14	3,13	3,20
	4	2,77	2,80	3,43	3,07

CUC = 95,09%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	3,13	3,20	3,26	3,21
	2	3,40	3,23	3,24	3,30
	3	3,12	3,19	3,18	3,23
	4	2,84	2,83	2,75	3,11

CUC = 95,82%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	3,14	3,16	3,23	3,18
	2	3,38	3,20	3,19	3,27
	3	3,08	3,15	3,13	3,18
	4	2,80	2,81	2,70	3,02

CUC = 95,56%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	3,14	3,24		3,18
	2	3,36	3,09	3,20	3,26
	3	3,06	3,15	3,14	3,16
	4	2,78	2,79	2,71	3,08

CUC = 95,58%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	3,13	3,05	3,22	3,15
	2	3,36	3,18	3,19	3,25
	3	3,07	3,15	3,14	3,14
	4	3,17	2,78	2,69	3,03

CUC = 96,02%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1	3,06	3,09	3,23	3,15
	2	3,36	3,17	3,19	3,24
	3	3,05	3,19	3,13	3,16
	4	2,78	2,79	2,70	3,05

CUC = 95,63%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	3,20	3,16	3,29	3,23
	2	3,44	3,24	3,27	3,32
	3	3,14	3,21	3,25	3,30
	4	2,86	2,86	2,74	3,14

CUC = 95,67%

**ARTIGO 3****VAZÃO DECLIVE**

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	3,11	3,16	3,13	3,14
	2	3,11	3,09	3,08	3,17
	3	3,10	3,07	3,10	3,19
	4	2,81	3,04	2,92	2,81

CUC = 97,22%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	3,08	3,15	3,12	3,13
	2	3,12	3,09	3,09	3,17
	3	3,10	3,06	3,10	3,20
	4	2,80	3,04	2,88	2,81

CUC = 97,16%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	3,04	3,12	3,05	3,10
	2	3,11	3,09	3,08	3,17
	3		3,06	3,08	3,17
	4	2,77	3,01		2,80

CUC = 97,63%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	3,03	3,10		3,11
	2	3,10	3,09	3,05	3,28
	3	3,09	3,07	3,09	3,17
	4	2,76	3,02	2,74	2,83

CUC = 96,45%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	3,02		3,11	3,08
	2	3,11	3,09	3,09	3,13
	3	3,10	3,08	3,10	3,18
	4	2,80		3,02	2,81

CUC = 97,39%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	3,02	3,08	3,08	3,08
	2	3,09	3,07	3,07	3,06
	3		3,07	3,09	3,18
	4	2,76	3,02	2,70	2,79

CUC = 96,56%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	3,02	3,09	3,07	3,07
	2	3,07	3,06	3,05	3,12
	3	3,06	3,06	3,07	3,18
	4	2,76	3,01	2,72	2,76

CUC = 96,70%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	3,01	3,07	3,09	3,06
	2	3,05	3,07	3,07	3,11
	3	3,05	3,08	3,08	3,16
	4	2,77	3,01	2,70	2,74

CUC = 96,61%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	3,00	3,06	3,06	3,06
	2	3,05	3,07	3,06	3,11
	3	3,06	3,07	3,06	3,17
	4	2,78	3,02	2,69	2,72

CUC = 96,57%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	3,02	3,08	3,09	3,07
	2	3,06	3,09	3,07	3,12
	3	3,10	3,08	3,08	3,17
	4	2,77	3,02	2,69	2,78

CUC = 96,62%

Vazão (L h <sup>-1</sup> ) Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	2,94	3,02		3,07
	2	3,09	3,08	3,05	3,12
	3	3,10	3,06	3,07	3,14
	4	2,76	2,99	2,65	2,79

CUC = 96,27%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	2,77	3,14	3,10	3,13
	2	3,12	3,11	3,09	3,16
	3	3,10	3,09	3,07	3,14
	4	3,07	2,98	2,72	2,33

CUC = 94,87%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	2,77	3,13	3,09	3,13
	2	3,15	3,14	3,12	3,20
	3	3,11	3,10	3,10	2,81
	4	2,77	2,98		2,34

CUC = 94,16%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	2,80	3,17	3,13	3,17
	2	3,17	3,14	3,13	3,20
	3	3,14	3,12	3,12	
	4	2,77	3,00	2,26	2,35

CUC = 92,23%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	2,78	3,13		3,12
	2	3,13	2,71	3,09	3,18
	3	3,12	3,09	3,09	3,22
	4	2,72	2,97	2,26	2,29

CUC = 91,49%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	2,81	3,13	3,14	3,17
	2	3,19	3,18	3,16	3,24
	3	3,19	3,15	3,15	3,25
	4	2,75	3,01	2,88	2,44

CUC = 94,39%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	2,84	3,15	3,10	3,17
	2	3,20	3,17	3,15	3,23
	3	3,18	3,13	3,15	3,24
	4	2,76	3,01	2,50	2,44

CUC = 93,45%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	2,80	3,10	3,06	2,35
	2	3,13	3,11	3,10	3,17
	3	3,10	3,07	3,11	3,13
	4	2,71	2,96	2,70	3,13

CUC = 94,18%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	2,79	3,12	3,07	3,13
	2	3,15	3,13	3,12	3,20
	3	3,12	3,09	3,11	3,19
	4	2,74	2,98	2,73	2,36

CUC = 94,13%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	2,74	3,08	3,10	3,10
	2	3,11	3,09	3,06	3,16
	3	3,08	3,05	3,09	3,15
	4	2,69	2,94	2,68	2,45

CUC = 94,25%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	2,77	3,15	2,83	3,15
	2	3,17	3,15	3,13	3,22
	3	3,14	3,12	3,11	3,21
	4	2,73	3,01	2,76	2,58

CUC = 94,18%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	2,73	3,10	3,14	3,05
	2	3,13	3,11	3,10	3,17
	3	3,10	3,07	3,07	3,08
	4	2,69	2,96	2,71	2,55

CUC = 94,63%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	2,75	3,10	3,07	
	2	3,14	3,11	3,11	3,17
	3	3,10	3,07	3,04	3,18
	4	2,70	2,96	2,74	2,56

CUC = 94,76%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1	2,68	3,06	3,01	3,08
	2	3,10	3,08	3,07	3,15
	3	3,07	3,05	3,04	3,08
	4	2,77	2,94	2,69	2,46

CUC = 94,76%

Vazão (L h <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	2,68	3,03	2,68	3,05
	2	3,08	3,06	3,06	3,13
	3	3,07	3,01	3,01	3,11
	4	2,65	2,95	2,80	2,48

CUC = 94,22%

**ARTIGO 3****pH NÍVEL**

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	5,7	5,7	5,7	5,7
	2	5,7	5,7	5,7	5,7
	3	5,7	5,7	5,7	5,7
	4	5,7	5,7	5,7	5,7

CUC = 100%

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	5,7	5,7	5,7	5,7
	2	5,7	5,7	5,7	5,7
	3	5,7	5,7	5,7	5,7
	4	5,7	5,7	5,7	5,7

CUC = 100%

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	5,7	5,7	5,7	5,7
	2	5,8	5,7	5,7	5,7
	3		5,7	5,7	5,7
	4	5,7	5,7		5,7

CUC = 99,76%

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	5,7	5,7	5,7	5,7
	2	5,7	5,8	5,7	5,7
	3	5,7	5,7	5,7	5,7
	4	5,7	5,7	5,7	5,7

CUC = 99,79%

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	5,7	5,7	5,7	5,7
	2	5,7	5,7	5,7	5,7
	3	5,8	5,7	5,7	5,7
	4	5,7	5,7	5,7	5,7

CUC = 99,79%

		pH Linha			
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,7	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,7
	4	5,8	5,8	5,8	

CUC = 99,60%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,7	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 99,79%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%



pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	5,7	5,7	5,7	5,7
	2	5,7	5,7	5,7	5,7
	3	5,7	5,7	5,7	5,7
	4	5,8	5,8	5,8	5,7

CUC = 99,46%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,7	5,7	5,8	5,8
	3	5,7	5,7	5,7	5,7
	4	5,7	5,8	5,8	5,8

CUC = 99,14%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4		5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

**ARTIGO 3****pH ACLIVE**

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	5,8	5,7	5,8	5,9
	2		5,7	5,8	5,7
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,7	5,7

CUC = 99,15%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	5,8	5,8	5,9	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 99,78%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	5,9	5,9	5,9	5,9
	2	5,9	5,9	5,9	5,9
	3	5,9	5,9	5,9	5,9
	4	5,9	5,9	5,9	5,9

CUC = 99,80

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	5,9	5,9	5,9	5,9
	2	5,9	5,9	5,9	5,9
	3	5,9	5,9	5,9	5,9
	4	5,9	5,9	6	5,9

CUC = 99,78%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	5,9	5,9	5,9	5,9
	2	5,9	5,9	5,9	5,9
	3	5,9	5,9	5,9	5,9
	4	5,9	5,9	5,9	5,9

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	5,9	5,9	5,9	5,9
	2	5,9	5,9	5,9	5,9
	3	5,9	5,9	5,9	5,9
	4	6	5,9	5,9	5,9

CUC = 99,80%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	6	5,9	5,9	5,9
	2	5,9	5,9	5,9	5,9
	3	5,9	5,9	5,9	5,9
	4	5,9	6	5,9	5,9

CUC = 99,63%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	5,9	6	6	5,9
	2	5,9	5,9	5,9	5,9
	3	5,9	5,9	5,9	5,9
	4	5,9	6	6	6

CUC = 99,27%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	6	6	6	5,9
	2	5,9	5,9	5,9	5,9
	3	5,9	5,9	5,9	5,9
	4	6	6	5,9	5,9

CUC = 99,27%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	6	6	6	6
	2	6	6	5,9	6
	3	6	6	6	6
	4	6	6	6	6

CUC = 99,80%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	6	6	6	6
	2	6	6	6	6
	3	6	6	6	6
	4	6	6	6	6

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	6	6	6	6
	2	6	6	6	6
	3	6	6	6	6
	4	6	6	6	6

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	6	6	6	6
	2	6	6	6	6
	3	6	6	6	6
	4	6	6	6	6

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	6	6	6	6
	2	6	6	6	6
	3	6	6	6	6
	4	6	6	6	6

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	6	6	6	6
	2	6	6	6	6
	3	6	6	6	6
	4	6	6	6	6

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	6,1	6,1	6,1	6,1
	2	6,1	6,1	6,1	6,1
	3	6,1	6,1	6,1	6,1
	4	6,1	6,1	6,1	6,1

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	6,1	6,1	6,1	6,1
	2	6,1	6,1	6,1	6,1
	3	6,1	6,1	6,1	6,1
	4	6,1	6,1	6,1	6,1

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	6,1	6,1	6,1	6,2
	2	6,1	6,1	6,1	6,1
	3	6,1	6,1	6,1	6,1
	4	6,1	6,1	6,1	6,1

CUC = 99,80%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	6,1	6,1	6,1	6,1
	2	6,1	6,1	6,1	6,1
	3	6,1	6,1	6,1	6,1
	4	6,1	6,1	6,1	6,1

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	6,1	6,1	6,1	6,1
	2	6,1	6,1	6,1	6,1
	3	6,1	6,1	6,1	6,1
	4	6,1	6,1	6,1	6,1

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1	6,1	6,1	6,1	6,1
	2	6,1	6,1	6,1	6,1
	3	6,1	6,1	6,1	6,1
	4	6,1	6,1	6,1	6,1

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	6,1	6,1	6,1	6,1
	2	6,1	6,1	6,1	6,1
	3	6,1	6,1	6,1	6,1
	4	6,1	6,1	6,1	6,1

CUC = 100%

**ARTIGO 3****pH DECLIVE**

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,7	5,8	5,8

CUC = 99,79%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	5,9	5,9	5,9	5,9
	2	5,7	5,7	5,9	5,9
	3	5,6	5,9	5,9	5,9
	4	5,9	5,9	5,9	5,9

CUC = 98,78%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	5,6	5,6	5,7	5,7
	2	5,7	5,6	5,6	5,6
	3	5,6	5,6	5,6	5,6
	4	5,7	5,6	5,7	5,6

CUC = 99,25%

pH					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	5,7	5,7		5,7
	2	5,7	5,7	5,7	5,7
	3	5,7	5,7	5,7	5,7
	4	5,7	5,7	5,7	5,7

CUC = 100%

pH					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	5,7		5,7	5,7
	2	5,7	5,7	5,7	5,7
	3	5,7	5,7	5,7	5,7
	4	5,7		5,7	5,7

CUC = 100%

pH					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	5,7	5,7	5,7	5,7
	2	5,7	5,7	5,7	5,7
	3	5,7	5,7	5,7	5,7
	4	5,7	5,7	5,7	5,7

CUC = 100%

pH					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	5,7	5,7	5,7	5,7
	2	5,7	5,7	5,7	5,7
	3	5,7	5,7	5,7	5,7
	4	5,7	5,7	5,7	5,7

CUC = 100%

pH					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	5,7	5,7	5,7	5,7
	2	5,7	5,7	5,7	5,7
	3	5,7	5,7	5,7	5,7
	4	5,7	5,7	5,7	5,7

CUC = 100%

pH					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	5,7	5,7	5,7	5,7
	2	5,7	5,7	5,7	5,7
	3	5,7	5,7	5,7	5,7
	4	5,7	5,7	5,7	5,7

CUC = 100%

pH					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	5,7	5,7	5,7	5,7
	2	5,7	5,7	5,7	5,7
	3	5,7	5,7	5,7	5,7
	4	5,7	5,7	5,7	5,7

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	5,7	5,7	5,7	5,7
	2	5,7	5,7	5,7	5,7
	3	5,7	5,7	5,7	5,7
	4	5,7	5,7	5,7	5,7

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	5,7	5,7	5,8	5,8
	2	5,7	5,7	5,8	5,7
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,7	5,7	5,8	5,7

CUC = 99,13%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	5,8	5,8		5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%



pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	5,7	5,8	5,7	5,8
	2	5,8	5,8	5,7	5,7
	3	5,8	5,8	5,7	5,7
	4	5,8	5,7	5,8	5,7

CUC = 99,13%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	5,8	5,8	5,8	
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,7	5,8	5,8	5,7

CUC = 99,60%

pH Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

pH					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	5,8	5,8	5,8	5,8
	2	5,8	5,8	5,8	5,8
	3	5,8	5,8	5,8	5,8
	4	5,8	5,8	5,8	5,8

CUC = 100%

**ARTIGO 3****Condutividade Elétrica Nível**

Condutividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	4,428	4,46	4,468	4,473
	2	4,46	4,443	4,434	4,506
	3	4,49	4,472	4,486	4,458
	4	4,472	4,461	4,497	4,477

CUC = 99,63%

Condutividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	4,485	4,455	4,47	4,467
	2	4,503	4,488	4,467	4,462
	3	4,515	4,49	4,486	4,493
	4	4,484	4,48	4,474	4,524

CUC = 99,68%

Condutividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	4,614	4,622	4,613	4,622
	2	4,62	4,627	4,625	4,648
	3		4,633	4,653	4,643
	4	4,663	4,632		4,644

CUC = 99,76%

Condutividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	4,594	4,594	4,591	4,593
	2	4,585	4,572	4,574	4,578
	3	4,583	4,581	4,588	4,597
	4	4,6	4,592	4,597	4,586

CUC = 99,84%

Condutividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	4,595	4,605	4,612	4,605
	2	4,606	4,599	4,598	4,595
	3	4,591	4,603	4,609	4,601
	4	4,612	4,612	4,606	4,599

CUC = 99,88%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	4,579	4,587	4,585	4,58
	2	4,582	4,58	4,582	4,571
	3	4,581	4,585	4,582	4,585
	4	4,587	4,579	4,581	4,562

CUC = 99,91%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	4,605	4,613	4,611	4,61
	2	4,603	4,599	4,601	4,594
	3	4,603	4,603	4,606	4,599
	4	4,61	4,612	4,608	

CUC = 99,90%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	4,618	4,613	4,622	4,617
	2	4,617	4,615	4,611	4,606
	3	4,613	4,604		4,617
	4	4,616	4,619	4,616	4,611

CUC = 99,91%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	4,617	4,624	4,622	4,62
	2	4,613	4,612	4,612	4,614
	3	4,627	4,616	4,617	4,61
	4	4,619	4,625	4,625	4,617

CUC = 99,90%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	4,623	4,626	4,627	4,623
	2	4,627	4,622	4,623	4,622
	3	4,628	4,621	4,626	4,621
	4	4,632	4,624	4,633	4,624

CUC = 99,93%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	4,609	4,602	4,604	4,609
	2	4,618	4,609	4,607	4,602
	3	4,615	4,612	4,604	4,607
	4	4,612	4,611	4,608	4,611

CUC = 99,92%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	4,596	4,6	4,601	4,601
	2	4,608	4,601	4,59	4,586
	3	4,605	4,594	4,604	4,593
	4	4,601	4,6	4,605	4,599

CUC = 99,90%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	4,614	4,613	4,626	4,621
	2	4,62	4,604	4,621	4,604
	3	4,62	4,61	4,617	4,624
	4	4,619	4,621	4,625	

CUC = 99,88%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	4,611	4,613	4,614	4,61
	2	4,61	4,612	4,6	4,606
	3	4,627	4,608	4,607	4,603
	4	4,61	4,612	4,611	4,607

CUC = 99,92%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	4,606		4,604	4,605
	2	4,606	4,605	4,6	4,597
	3	4,605	4,599	4,61	4,6
	4	4,607	4,606	4,609	4,602

CUC = 99,93%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	4,613	4,607	4,55	4,612
	2	4,619	4,607	4,594	4,6
	3	4,605	4,603	4,604	4,6
	4	4,602	4,606	4,55	4,605

CUC = 99,72%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	4,615	4,612	4,615	4,624
	2	4,617	4,616	4,618	4,601
	3	4,62	4,616	4,613	4,668
	4		4,611	4,616	4,603

CUC = 99,82%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	4,596	4,6	4,604	4,599
	2	4,598	4,594	4,596	4,597
	3	4,598	4,587	4,599	4,597
	4	4,596	4,598	4,597	4,59

CUC = 99,94%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	4,597	4,599	4,596	4,597
	2	4,599	4,596	4,595	4,593
	3	4,589	4,592	4,595	4,593
	4	4,599	4,591	4,597	4,59

CUC = 99,94%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	4,62	4,623	4,633	4,623
	2	4,624	4,617	4,615	4,616
	3	4,613	4,617	4,612	4,63
	4	4,601	4,6	4,6	4,609

CUC = 99,83%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	4,594	4,6	4,604	4,592
	2	4,597	4,599	4,594	4,59
	3	4,594	4,594	4,6	4,592
	4	4,591	4,588	4,572	4,581

CUC = 99,88%

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	4,601	4,601	4,587	4,599
	2	4,596	4,592	4,596	4,596
	3	4,586	4,595	4,587	4,595
	4	4,585	4,595	4,585	4,577

CUC = 99,87%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	4,6	4,6	4,598	4,601
	2	4,595	4,599	4,593	4,593
	3	4,597	4,597	4,599	4,591
	4		4,579	4,584	4,58

CUC = 99,87%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1		4,6	4,595	4,597
	2	4,599	4,601	4,598	4,598
	3	4,597	4,6	4,594	4,595
	4	4,582	4,58	4,58	4,575

CUC = 99,84%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	4,585	4,535	4,586	4,594
	2	4,586	4,589	4,584	4,582
	3	4,584	4,577	4,585	4,587
	4	4,57	4,576	4,577	4,564

CUC = 99,79%

**ARTIGO 3****CONDUTIVIDADE ELÉTRICA ACLIVE**Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	4,575	4,581	4,57	4,525
	2		4,611	4,56	4,55
	3	4,554	4,537	4,618	4,613
	4	4,538	4,561	4,55	4,445

CUC = 99,37%

Conductividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	4,547	4,522	4,532	4,554
	2	4,53	4,567	4,527	4,519
	3	4,532	4,529	4,53	4,513
	4	4,556	4,522	4,502	4,494

CUC = 99,69%

Conductividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	4,563	4,54	4,534	4,6
	2	4,552	4,581	4,535	4,541
	3	4,536	4,534	4,601	4,571
	4	4,596	4,529	4,546	4,545

CUC = 99,51%

Conductividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	4,498	4,529	4,509	4,503
	2	4,548	4,533	4,54	4,53
	3	4,508	4,528	4,547	4,541
	4	4,533	4,498	4,532	4,532

CUC = 99,67%

Conductividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	4,562	4,553	4,505	4,543
	2	4,584	4,571	4,558	4,561
	3	4,58	4,563	4,573	4,567
	4	4,528	4,557	4,54	4,532

CUC = 99,64%

Conductividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	4,534	4,565	4,557	4,572
	2	4,556	4,573	4,572	4,569
	3	4,557	4,573	4,572	4,568
	4	4,56	4,555	4,543	4,5664

CUC = 99,80%

Conductividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	4,574	4,57	4,544	4,558
	2	4,574	4,575	4,563	4,569
	3	4,575	4,567	4,565	4,557
	4	4,561	4,564	4,525	4,56

CUC = 99,80%

Conductividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	4,559	4,566	4,549	4,551
	2	4,572	4,563	4,575	4,562
	3	4,562	4,558	4,562	4,557
	4	4,549	4,557	4,549	4,548

CUC = 99,86%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	4,557	4,568	4,561	4,568
	2	4,583	4,572	4,56	4,572
	3	4,555	4,566	4,571	4,565
	4	4,545	4,56	4,554	4,554

CUC = 99,83%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	4,568	4,57	4,564	4,57
	2	4,585	4,567	4,579	4,574
	3	4,579	4,571	4,572	4,573
	4	4,574	4,558	4,56	4,56

CUC = 99,87%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	4,567	4,555	4,554	4,564
	2	4,583	4,575	4,569	4,568
	3	4,575	4,573	4,562	4,577
	4	4,558	4,559	4,533	4,535

CUC = 99,76%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	4,58	4,57	4,587	4,582
	2	4,59	4,582	4,578	4,585
	3	4,59	4,584	4,582	4,582
	4	4,573	4,56	4,564	4,58

CUC = 99,85%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	4,583	4,561	4,573	4,57
	2	4,592	4,579	4,584	4,582
	3	4,578	4,571	4,573	4,577
	4	4,573	4,563	4,557	4,566

CUC = 99,84%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	4,587	4,587	4,572	4,558
	2	4,592	4,587	4,587	4,594
	3	4,586	4,582	4,588	4,586
	4	4,567	4,562	4,56	4,565

CUC = 99,75%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	4,561	4,571	4,559	4,565
	2	4,581	4,579	4,572	4,584
	3	4,571	4,566	4,575	4,572
	4	4,537	4,555	4,554	4,56

CUC = 99,79%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	4,554	4,562	4,561	4,561
	2	4,581	4,58	4,567	4,57
	3	4,568	4,569	4,566	4,566
	4	4,555	4,543	4,563	4,547

CUC = 99,83%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	4,552	4,548	4,554	4,553
	2	4,563	4,539	4,554	4,538
	3	4,544	4,543	4,542	4,547
	4	4,538	4,549	4,527	4,547

CUC = 99,85%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	4,552	4,546	4,559	4,557
	2	4,544	4,537	4,551	4,534
	3	4,543	4,548	4,537	4,549
	4	4,539	4,545	4,521	4,542

CUC = 99,84%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	4,58	4,582	4,571	4,568
	2	4,584	4,595	4,582	4,582
	3	4,585	4,593	4,583	4,563
	4	4,543	4,574	4,564	4,549

CUC = 99,74%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	4,564	4,584	4,567	4,566
	2	4,605	4,594	4,639	4,574
	3	4,591	4,622	4,603	4,593
	4	4,568	4,565	4,537	4,544

CUC = 99,52%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	4,591	4,688	4,525	4,573
	2	4,58	4,611	4,564	4,405
	3	4,565	4,543	4,574	4,425
	4	4,609	4,662	4,667	4,569

CUC= 98,88%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	4,61	4,59	4,635	4,603
	2	4,632	4,603	4,633	4,606
	3	4,634	4,613	4,622	4,628
	4	4,583	4,6	4,54	4,579

CUC = 99,58%



Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	4,6	4,615	4,694	4,605
	2	4,666	4,644	4,602	4,587
	3	4,627	4,607	4,6	4,595
	4	4,603	4,585	4,585	4,565

CUC = 99,48%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1		4,585	4,565	4,596
	2	4,655	4,6	4,576	4,601
	3	4,65	4,582	4,605	4,602
	4	4,601	4,562	4,53	4,592

CUC = 99,52%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	4,58	4,59	4,59	4,577
	2	4,651	4,628	4,59	4,6
	3	4,62	4,594	4,602	4,591
	4	4,605	4,518	4,55	4,595

CUC = 99,57%

**ARTIGO 3****CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DECLIVE**Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
1	1	4,647	4,654	4,647	4,638
	2	4,699	4,678	4,684	4,657
	3	4,695	4,719	4,689	4,699
	4	4,861	4,935	4,898	4,885

CUC = 98,26%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
2	1	4,39	4,392	4,387	4,4
	2	4,385	4,381	4,348	4,402
	3	4,389	4,413	4,417	4,422
	4	4,494	4,479	4,505	4,5

CUC = 99,13%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
3	1	4,533	4,54	4,541	4,536
	2	4,541	4,539	4,526	4,536
	3	4,536	4,533	4,534	4,543
	4	4,509	4,532	4,528	4,505

CUC = 99,83%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
4	1	4,54	4,523		4,53
	2	4,529	4,53	4,517	4,582
	3	4,533	4,527	4,53	4,523
	4	4,508	4,51	4,518	4,519

CUC = 99,76%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
5	1	4,541		4,53	4,539
	2	4,52	4,542	4,542	4,541
	3	4,52	4,515	4,535	4,538
	4	4,529		4,527	4,527

CUC = 99,82%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
6	1	4,525	4,522	4,519	4,522
	2	4,525	4,52	4,517	4,52
	3	4,51	4,518	4,527	4,512
	4	4,501	4,511	4,506	4,509

CUC = 99,86%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
7	1	4,54	4,534	4,527	4,536
	2	4,537	4,536	4,543	4,524
	3	4,533	4,536	4,525	4,513
	4	4,525	4,527	4,514	4,52

CUC = 99,83%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
8	1	4,537	4,536	4,536	4,539
	2	4,528	4,532	4,536	4,531
	3	4,53	4,525	4,533	4,534
	4	4,524	4,523	4,51	4,525

CUC = 99,88%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
9	1	4,545	4,552	4,529	4,538
	2	4,538	4,53	4,539	4,545
	3	4,532	4,539	4,534	4,536
	4	4,532	4,527	4,52	4,516

CUC = 99,84%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
10	1	4,544	4,542	4,532	4,535
	2	4,536	4,534	4,539	4,533
	3	4,537	4,538	4,541	4,557
	4	4,527	4,529	4,52	4,519

CUC = 99,85%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
11	1	4,538	4,545	4,546	4,535
	2	4,542	4,546	4,542	4,54
	3	4,54	4,537	4,541	4,54
	4	4,532	4,523	4,542	4,521

CUC = 99,88%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
12	1	4,511	4,509	4,515	4,518
	2	4,513	4,522	4,507	4,51
	3	4,506	4,51	4,515	4,497
	4	4,504	4,499	4,496	4,499

CUC = 99,86%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
13	1	4,534	4,531	4,539	4,537
	2	4,542	4,537	4,537	4,541
	3	4,537	4,528	4,543	4,53
	4	4,532	4,53		4,524

CUC = 99,89%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
14	1	4,588	4,597	4,589	4,591
	2	4,604	4,595	4,588	4,606
	3	4,605	4,6	4,579	
	4	4,595	4,575	4,574	4,583

CUC = 99,81%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
15	1	4,603	4,626		4,622
	2	4,642	4,628	4,631	4,628
	3	4,618	4,614	4,649	4,639
	4	4,626	4,609	4,627	4,656

CUC = 99,77%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
16	1	4,677	4,677	4,658	4,665
	2	4,666	4,661	4,671	4,666
	3	4,664	4,672	4,684	4,658
	4	4,661	4,675	4,658	4,659

CUC = 99,85%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
17	1	4,698	4,698	4,734	4,722
	2	4,696	4,714	4,697	4,687
	3	4,719	4,69	4,709	4,68
	4	4,714	4,704	4,701	4,693

CUC = 99,75%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
18	1	4,721	4,742	4,746	4,742
	2	4,722	4,725	4,789	4,749
	3	4,738	4,721	4,69	4,717
	4	4,731	4,73	4,732	4,75

CUC = 99,68%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
19	1	4,726	4,739	4,749	4,73
	2	4,717	4,759	4,747	4,665
	3	4,724	4,727	4,779	4,722
	4	4,733	4,743	4,76	4,741

CUC = 99,63%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
20	1	4,769	4,751	4,8	4,781
	2	4,755	4,789	4,736	4,738
	3	4,759	4,767	4,753	4,745
	4	4,793	4,782	4,774	4,794

CUC = 99,63%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
21	1	4,786	4,744	4,776	4,787
	2	4,78	4,78	4,772	4,779
	3	4,787	4,776	4,771	4,77
	4	4,772	4,749	4,761	4,782

CUC = 99,80%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
22	1	4,767	4,785	4,816	4,781
	2	4,756	4,75	4,766	4,79
	3	4,808	4,786	4,765	4,804
	4	4,816	4,799	4,784	4,818

CUC = 99,62%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
23	1	4,813	4,759	4,797	
	2	4,822	4,768	4,808	4,777
	3	4,828	4,809	4,81	4,772
	4	4,816	4,783	4,797	4,833

CUC = 99,60%

Conductividade Elétrica (dS m<sup>-1</sup>)

## Linha

Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
24	1		4,792	4,864	4,821
	2	4,774	4,798	4,81	4,792
	3	4,781	4,787	4,806	4,812
	4	4,821	4,817	4,82	4,82

CUC = 99,65%

Conductividade Elétrica (dS m <sup>-1</sup> )					
Linha					
Ensaio	Gotejador	1	2	3	4
25	1	4,783	4,833	4,808	4,806
	2	4,761	4,813	4,775	4,827
	3	4,815	4,845	4,792	4,812
	4	4,84	4,815	4,826	4,856

CUC = 99,60%