

# **CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE DO CUD E DO CVF EM UM SISTEMA DE IRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO ACIONADO PELA FORÇA DA GRAVIDADE<sup>1</sup>**

M.D. RIBEIRO<sup>2</sup>; M.R. KLEIN <sup>3</sup>; F.D. SZEKUT<sup>3</sup>; M. PALHARI JUNIOR<sup>3</sup>; M. A. VILAS BOAS<sup>4</sup>;

**RESUMO:** A uniformidade de aplicação é um dos fatores que devem ser considerados na implantação de um sistema de irrigação, pois influencia diretamente a utilização de insumos e energia e na produção. Este experimento foi conduzido em uma propriedade rural no município de Salto do Lontra – PR, a coleta de dados do experimento se iniciou no dia 17 de dezembro de 2009 e teve término no dia 8 de fevereiro de 2010. Este trabalho consistiu em realizar 25 irrigações ao longo do tempo, com o objetivo de calcular o CUD e o CVf, para a aplicação de gráficos de controle estatísticos os Gráficos de Shwehart. Os resultados mostraram que os gráficos aplicados tanto no CUD quanto no CVf estão fora de controle estatístico de qualidade.

**PALAVRAS-CHAVE:** Controle de qualidade; Gráficos de Controle; CUD.

## **STATISTICAL QUALITY CONTROL CUD AND FVC IN A DRIP IRRIGATION SYSTEM POWERED BY FORCE OF GRAVITY**

**ABSTRACT:** The uniformity of application is one of the factors that should be considered in the implementation of an irrigation system, it influences directly the use of raw materials and energy production. This experiment was conducted in a rural area of Salto do Lontra - PR, data collection, the experiment was started on December 17, 2009 and ending on the day was February 8, 2010. This work consisted of performing 25 irrigations over time, in order to calculate the CUD and FVC for the application of statistical control charts Charts Shwehart. The results showed that the graphics applied in both the CUD and the FVC are out of statistical quality control.

**KEYWORDS:** Quality Control; Control Charts; CUD.

## **INTRODUÇÃO**

A agricultura irrigada é muito importante para o desenvolvimento de uma região, é uma atividade que só é rentável e sustentável se realizada de forma adequada através de técnicas

<sup>1</sup> Trabalho retirado de parte do Trabalho de Conclusão de Curso do primeiro autor.

<sup>2</sup> Acadêmico de Engenharia Agrícola, UNIOESTE – Cascavel – Paraná. Fone: (45) 9933-4286, e-mail: [ribeiro.md@gmail.com](mailto:ribeiro.md@gmail.com).

<sup>3</sup> Acadêmico de Engenharia Agrícola, UNIOESTE – Cascavel – Paraná

<sup>4</sup> Prof. Dr. Adjunto, de Irrigação e Drenagem, UNIOESTE, – Cascavel – Paraná.

que maximizem a eficiência do uso da terra e da água, promovendo, assim, a redução dos custos operacionais e dos impactos ambientais. Assim o sistema de irrigação localizada pode adequar-se em tais técnicas, pois é aplicada diretamente na região radicular em pequenas intensidades, e alta frequência, mantendo o solo próximo a capacidade de campo. Isso possibilita um controle rigoroso da qualidade e da quantidade de água fornecido às plantas.

A uniformidade de aplicação de água é um parâmetro que caracteriza o sistema de irrigação em função da diferença de volume de água aplicado na planta ao longo das linhas laterais. A uniformidade da irrigação tem efeito direto no rendimento de culturas, por isso, é considerada como um dos fatores mais importantes no dimensionamento e na operação de sistemas de irrigação (BARRETO, 2000).

MANTOVANI et al.(2007), salienta que a avaliação de um sistema de irrigação localizada tem o mesmo princípio da avaliação de outros sistemas, consistindo na coleta de vazões e, ou, lâminas aplicada e as efetivamente utilizadas pelas plantas em provetas (medidores graduados). Seja qual for o método utilizado recomenda-se paciência e dedicação.

KELLER & KARMELI (1975), recomenda a coleta de vazão em quatro pontos ao longo da linha lateral, ou seja, do primeiro gotejador, dos gotejadores situados a  $1/3$  e  $2/3$  do comprimento e o último gotejador. As linhas laterais selecionadas, ao longo da linha de derivação, devem ser a primeira, as situadas a  $1/3$  e  $2/3$  do comprimento e a última linha lateral.

Para avaliar o sistema de irrigação existem várias formas de representar a uniformidade de aplicação de água, sendo um dos mais usados o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD). PIZARRO (1996) explica que para classificar os gotejadores em categorias de qualidade utiliza-se o Coeficiente de Variação de Fabricação (CVf).

Em irrigações assim como em outros processos realizados no meio agrícola, deve-se ter uma qualidade das ações, controlando parâmetros que esteja afetando tais ações. O controle de qualidade é perfeitamente adaptável ao sistema de produção agrícola, pois com a correção e a eliminação de desperdícios e falhas, redução de custos e aumento da produtividade, muitas vantagens são agregadas à competitividade no campo (SILVA et al., 2007), sendo que o gráfico de controle é uma das principais ferramentas utilizadas no controle estatístico da qualidade (MONTGOMERY, 2004).

Logo o presente trabalho de pesquisa objetiva avaliar a qualidade de um sistema de irrigação por gotejamento de baixo custo, aplicando gráficos de controle de qualidade nas avaliações do CUD e CVf.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi implantado e conduzindo em uma casa de vegetação em uma propriedade rural do município de Salto do Lontra – PR, localizado nas coordenadas geográficas 25° 47' 02" de latitude sul, 53° 18' 32" de longitude oeste e altitude de 538 metros. A instalação e o início da coleta de dados do experimento iniciou no dia 17 de dezembro de 2009, a 8 de fevereiro de 2010. O experimento foi realizado em condições real de campo, em um consórcio da cultura do morango (*Fragaria vesca*) com alface (*Lactuca sativa* L.).

As vazões dos emissores foram amostradas em triplicata de acordo com a metodologia proposta por Keller e Karmeli, em um intervalo de 4 minutos. O tempo foi medido com auxílio de cronômetros digitais. O volume foi medido com o auxílio de uma proveta graduada de 100mL.

Foram realizadas 25 irrigações, visando à aplicação do controle estatístico de processo para, coeficiente de uniformidade de distribuição (CUD), coeficiente de variação de fabricação (CVf)

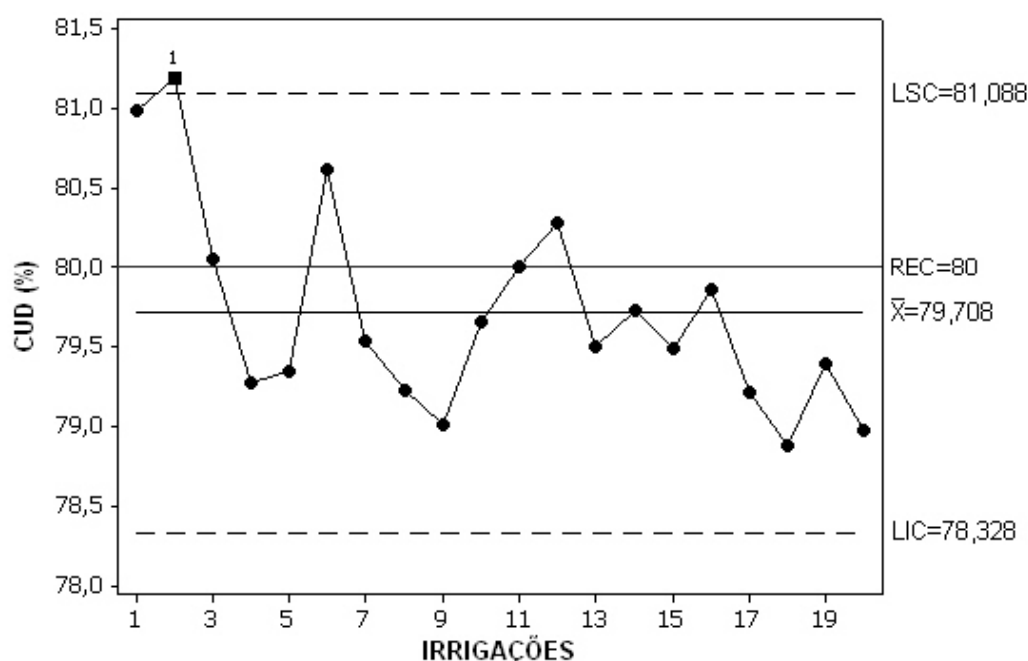
Para a aplicação das ferramentas fornecidas pelo controle estatístico de processo, houve a necessidade de que os dados apresentem distribuição normal sendo que esta foi observada através da aplicação do teste de Anderson-Darling, Ryan-Joiner e Kolmogorov-Smirnov, determinados por meio do programa MINITAB (versão 15).

Os dados utilizados deviam possuir independência entre si, para que pudessem ser aplicados nos gráficos de controle, havendo portando a necessidade do estudo da autocorrelação dos mesmos. A existência de autocorrelação proporciona o comprometimento do desempenho da técnica, já que pode vir a confundir as causas especiais com as comuns do processo (MONTGOMERY, 2001).

O gráfico de controle utilizado neste estudo foi o gráfico de controle de Shewhart para medidas individuais, sendo que este foi realizado por meio do programa MINITAB (versão 15). O gráfico de controle para as observações individuais tem a finalidade de observar a existência de pontos fora de controle, ou seja, que estão fora dos limites e também avaliar a ocorrência de configurações indesejáveis como tendências, pontos muito próximo dos limites ou da linha média (WERKEMA, 1995).

## RESUTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 apresenta o gráfico de controle estatístico referente ao Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) ao longo das 25 irrigações. Os dados estavam apresentando autocorrelação, portanto foi retirado 5 pontos para não haver dependência entre si, com isso houve normalidade nos dados com o teste de Anderson-Darling.



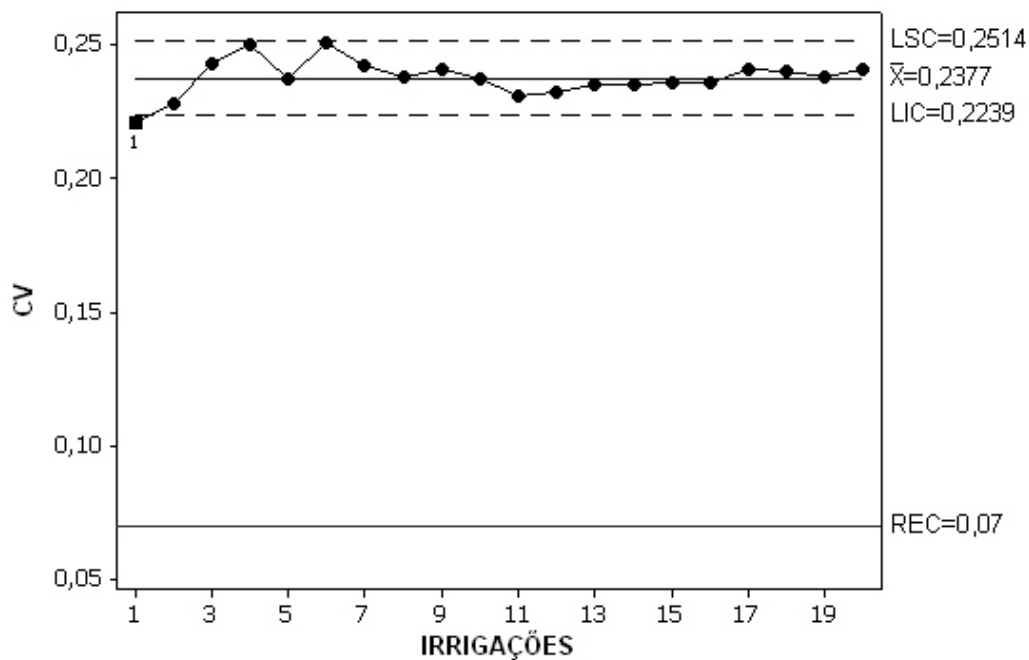
**Figura 1.** Gráfico de controle estatístico de medidas individuais para o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD).

Observa-se que existem 1 ponto acima do LSC (81,088%), apesar de terem alguns pontos em sequência abaixo e acima da linha média (80,14%), não denunciam nenhum tipo de sequência, pois não há mais de 5 pontos consecutivos acima ou abaixo da linha média. Observa-se que há muitos pontos abaixo do recomendado que é de 80%, que segundo BERNARDO et al (2006), é classificado como “bom”. Analisando estatisticamente o processo se encontra sobre controle, porém se determinarmos a linha de classificação do CUD, o processo estaria totalmente fora do controle de qualidade.

Os pontos fora dos limites, neste caso não indicam nenhum tipo de problema em relação à irrigação, por ser acima do LSC.

A Figura 2 apresenta o gráfico de controle estatístico referente ao coeficiente de variação (CVf) ao longo das 25 irrigações. Os dados estavam apresentando autocorrelação,

portanto foi retirado 5 pontos para não haver dependência entre si, com isso houve normalidade nos dados com o teste de Ryan-Joiner.



**Figura 2.** Gráfico de controle estatístico de medidas individuais para o coeficiente de variação (cv).

Como se observa na figura 8 há uma irrigação do parâmetro coeficiente de variação fora do limite de controle, observamos também que ao contrario dos coeficientes há um crescimento seqüencial nas primeiras irrigações, logo observamos que conforme aumenta o CV, diminui os coeficientes. Ocorrem configurações do tipo sequência sendo uma delas que esta abaixo da linha média que são as irrigações de 10 a 16, Isso mostra que o coeficiente de variação esta fora de controle de qualidade estatístico, sendo que os pontos não estão variando em torno da linha média, e sim com sequencias de valores acima da linha média e abaixo da linha média.

Alem de estarem fora de um controle estatístico de qualidade, notamos que os valores estão muito acima do limite máximo de coeficiente de variação estabelecido pela ABNT (2006), que é de 7 %, ou seja, esta sem controle estatístico e fora da classificação. De acordo com a ASAE (2008) todos os CV's são classificados como “*inaceitáveis*”, sendo todos os coeficientes de variação acima de 20%.

Podemos observar uma relação inversamente proporcional entre os valores de coeficiente de variação e os coeficientes de uniformidades, pois conforme aumenta o CVf diminui o CUD. Da mesma forma ocorre com as configurações do tipo sequência, quando

havia sequência abaixo da linha média para o CUD, havia sequência acima da linha média para o CVf.

## CONCLUSÃO

O CUD esta fora do controle estatístico de qualidade, e uma parte das irrigações se encontram abaixo do recomendado.

CVf, estão fora do controle estatístico de qualidade, e todos os pontos está acima do mínimo recomendado.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. Equipamentos de irrigação agrícola – Emissores e tubos emissores – Especificações e métodos de ensaio. ABNT NBR ISO 9261, 2006. 9p.
- ASAE – American Society of Agricultural and Biological Engineers – **Design and Installation of Microirrigation Systems**. EP405.1 APR1988 (R2008). 2008. 3p.
- BARRETO FILHO, A. de A.; DANTAS NETO, J.; MATOS, J. A. de; GOMES, E. M.; Desempenho de um sistema de irrigação por microaspersão, instalado a nível de campo **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 4, n. 3, p. 309-314, 2000.
- BERNARDO, S; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.
- KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, 133 p. 1975.
- MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARETTI, L. F. Irrigação princípios e métodos. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, p.225-227, 2007.
- MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao controle estatístico da qualidade**. 2004. Tradução: Farias, A. M. L., Flores, V. R. L. F., Laurencel, L. C. 4. ed. Editora LTC. Rio de Janeiro.
- MONTGOMERY, D.C. **Introduction to statistical quality control**. 4º ed. Rio de Janeiro: LTC livros Técnicos e Científicos, 2001. 513p.
- PIZARRO CABELLO, F. Riegos localizados de alta frecuencia: goteo, microaspersión, exudación. 3.ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa,. p.513, 1996.
- SILVA, R. P.; SOUZA, F. G.; CORTEZ, J. W.; FURLANI, C. E. A.; VIGNA, G. P. Variabilidade espacial e controle estatístico do processo de perdas na colheita mecanizada do algodoeiro. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p.742-752, 2007.
- WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas da qualidade: ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: FCO - UFMG, 1995. 404p.