

UNIFORMIDADE DE IRRIGAÇÃO AVALIADA UTILIZANDO ÍNDICE DE CAPACIDADE DO PROCESSO

¹André Luiz Justi, ²Marcio Antonio Vilas Boas, ³João Luis Zocoler

RESUMO: A Uniformidade de um sistema de irrigação é uma fonte de avaliação de seu bom funcionamento, assim objetivou-se com este trabalho utilizar o índice de capacidade do processo para avaliar a uniformidade de distribuição de água de um sistema de irrigação por aspersão convencional. Os ensaios foram conduzidos em área experimental pertencente a UNIOESTE – Campus Cascavel/PR, utilizando 2 aspersores modelo Super10, marca NAANDAN, espaçados 9 m entre si. Foram realizadas 25 irrigações, sendo que dados de velocidade do vento eram coletados a cada 10 min. Ao longo das irrigações, foi encontrado um CUC médio de 79,72% sendo que o valor médio de velocidade do vento foi de $1,85 \text{ m s}^{-1}$. Calculou-se o índice de capacidade do processo para os coeficientes de uniformidade. Com base nos resultados afirma-se que a utilização do índice de capacidade do processo é uma ferramenta poderosa para classificar sistemas de irrigação em função de sua uniformidade de distribuição.

PALAVRAS-CHAVE: Aspersão, Controle de Qualidade, Christiansen

EVALUATION OF SPRINKLER IRRIGATION USING INDEX OF CAPACITY OF PROCESS

ABSTRACT: Uniformity an overhead irrigation is a source of evaluation of good operation, it was aimed at like this with this work to use the index capacity the process to evaluate the uniformity of distribution of water an overhead sprinkler irrigation. The rehearsals were driven in belonging experimental area UNIOESTE - Campus Cascavel/PR, using 2 sprinklers model Super10, it marks NAANDAN, spaced 9 m. 25 irrigations were accomplished with time of 1 h each, and data of speed the wind were collected to each 10 min. Along the irrigations, it was found a medium CUC of 79,72% and the medium value of speed of the wind was of $1,85 \text{ m.s}^{-1}$. The index of capacity the process was calculated for the uniformity coefficients. With base in the obtained results can be affirmed that the use of the index of capacity of the process becomes a powerful tool to classify overhead irrigations in function of his/her distribution uniformity

KEYWORDS: Sprinkler irrigation, Quality control, Christiansen.

INTRODUÇÃO

A uniformidade de distribuição é a principal maneira usada para determinar se um sistema de irrigação é aceitável ou não (BRENNAN, 2008).

¹ Engenheiro Agrícola, Doutorando em Agronomia – UNESP, Caixa Postal 237 - CEP 18610-307, Botucatu, SP. Fone (14) 8129-7970. e-mail: aljusti@fca.unesp.br

² Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel, PR.

³ Prof. Doutor, Depto de Fitossanidade Engenharia Rural e Solos., UNESP, Ilha Solteira, SP.

Diversos fatores influenciam na uniformidade de distribuição, desde os fatores de projeto até os climáticos, sendo que na irrigação por aspersão, um dos mais importantes é a velocidade do vento.

CARRIÓN et al.(2001) afirmaram que, para avaliar os efeitos da velocidade do vento na uniformidade de distribuição da irrigação por aspersão, é necessário mensurar a distribuição de água em campo sob diferentes condições de vento, para então proceder ao cálculo do coeficiente de uniformidade.

Em campo, a importância de uniformidade de irrigação é bem visível e são usados vários parâmetros para descrever a distribuição de água de irrigação no campo, e a uniformidade de distribuição é um dos mais importantes (CLEMMENS & MOLDEN, 2007), destacando-se o Coeficiente de Uniformidade de Christiansen (CUC).

O CUC, porém é um valor obtido para um ensaio apenas e o índice de capacidade do processo é parte das técnicas de engenharia de qualidade desenvolvidas para avaliar a variabilidade ao longo do tempo (MONTGOMERY, 2001). Assim, buscou-se aplicar tais técnicas na avaliação da uniformidade distribuição de água em um sistema de irrigação por aspersão convencional.

MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram conduzidos no Núcleo Experimental de Engenharia Agrícola, pertencente à UNIOESTE – Campus Cascavel/PR, avaliando uma linha lateral constituída por dois aspersores marca *NAANDAN*, modelo Super10, não compensante, bocal azul, que, utilizando o espaçamento de 9 x 0 m, como mostra a figura 1.

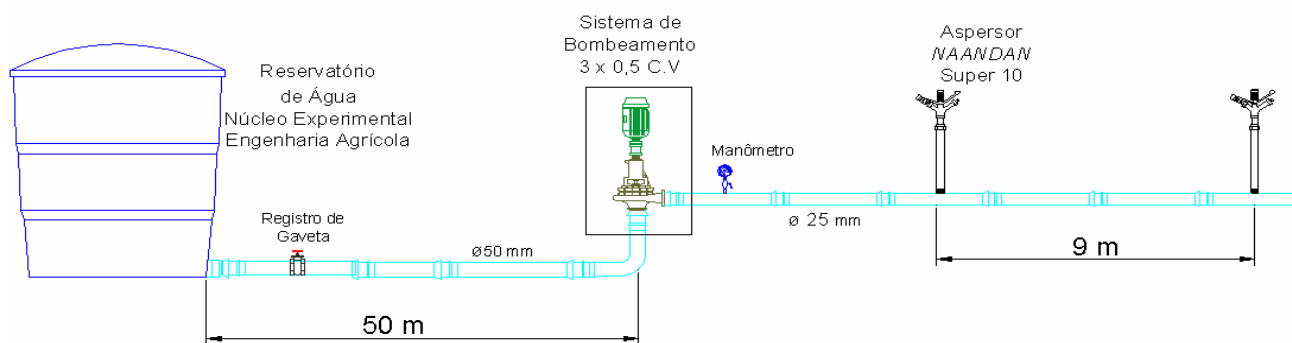


Figura 1 – Layout do sistema avaliado.

¹ Engenheiro Agrícola, Doutorando em Agronomia – UNESP, Caixa Postal 237 - CEP 18610-307, Botucatu, SP. Fone (14) 8129-7970. e-mail: aljusti@fca.unesp.br

² Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel, PR.

³ Prof. Doutor, Depto de Fitossanidade Engenharia Rural e Solos., UNESP, Ilha Solteira, SP.

A linha lateral foi montada utilizando tubo de Polietileno de 25 mm de diâmetro e linha principal com tubos de PVC (poli cloreto de vinila) com de 50 m de comprimento, operando com três bombas associadas em série, marca THEBE, modelo M2B-12X, com potência de 0,5 c.v, 3500 r.p.m, com vazão máxima de $5,1 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e uma pressão máxima de 260 KPa.

Foram realizados 25 ensaios com tempo de 1 h, número de amostras recomendadas por MONTGOMERY (2001) e as variáveis climáticas monitorados por uma estação climatológica sem fio (Wireless Weather Station) marca La Crosse, modelo WS-2310 da *La Crosse Technology*. Para o cálculo do índice de capacidade do processo, dado pela equação (1), foi utilizado como média amostral a lâmina informada pelo fabricante ($4,9 \text{ mm.h}^{-1}$) e como limite inferior, a lâmina do ensaio cujo CUC foi 80,05%, por ser o mais próximo do mínimo aceitável pela norma, fixando assim a lâmina de $2,82 \text{ mm.h}^{-1}$.

$$C_{pl} = \frac{LCL - \bar{x}}{3\sigma} \quad (1)$$

Em que:

- LCL → Limite Inferior de Especificação, mm;
- \bar{x} → média amostral, mm;
- σ → desvio padrão amostral da variável em estudo;

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados obtidos, foi realizado o teste de normalidade de Anderson-Darling ao nível de 5% de significância, onde todas as variáveis apresentaram distribuição normal. Encontrou-se um CUC médio para as 25 irrigações de 79,72% e a velocidade do vento média, $1,85 \text{ m.s}^{-1}$. Durante os ensaios, os valores máximos de CUC e velocidade do vento foram 89,45% e $2,97 \text{ m.s}^{-1}$, respectivamente. Os valores de desvio padrão obtidos a partir dos dados foram 3,74 e 0,70 % para CUC e velocidade do vento, respectivamente. Quanto ao coeficiente de variação, para o CUC o mesmo foi 14,05 e para a velocidade do vento, 0,49. Quanto aos fatores umidade relativa e temperatura, foram encontrados valores entre 30 e 58 % para umidade relativa e 27,30 e 41,80 °C, e valores médios de 46,04 % e 32,59 °C.

¹ Engenheiro Agrícola, Doutorando em Agronomia – UNESP, Caixa Postal 237 - CEP 18610-307, Botucatu, SP. Fone (14) 8129-7970. e-mail: aljusti@fca.unesp.br

² Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel, PR.

³ Prof. Doutor, Depto de Fitossanidade Engenharia Rural e Solos., UNESP, Ilha Solteira, SP.

Houve tendência de o CUC diminuir com o aumento da velocidade do vento, caracterizando uma relação negativa entre CUC e velocidade do vento, sendo encontrado um coeficiente de determinação $R^2 = 83,6\%$ para a regressão linear, como mostra a Figura 2.

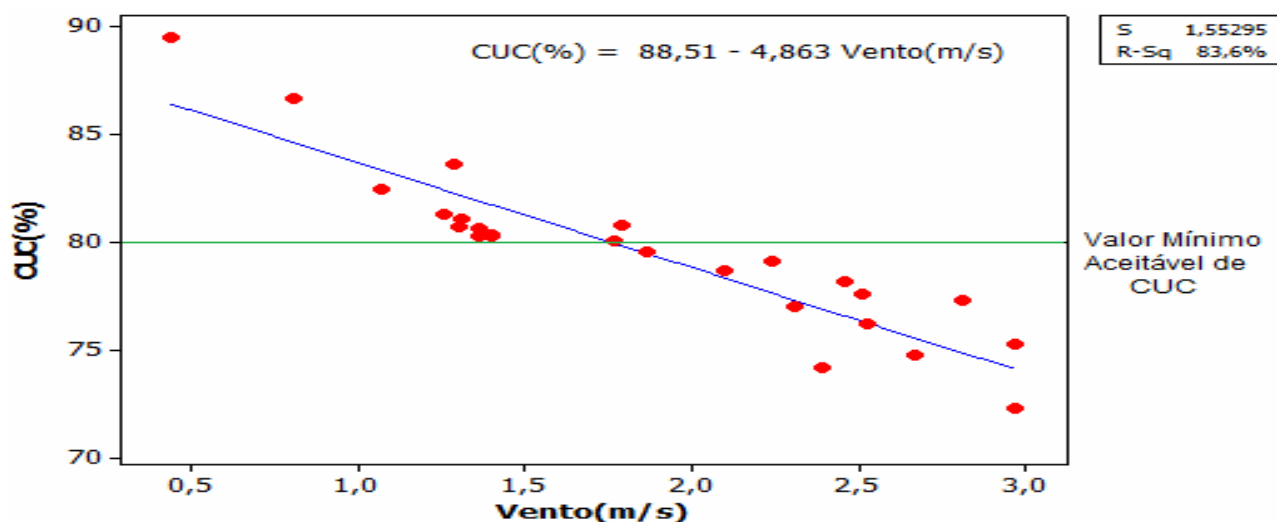


Figura 2 - Relação entre CUC e velocidade do vento

Resultado semelhante foi encontrado também por PLAYÁN et al (2006) estudando a uniformidade de distribuição de água usando modelos balísticos, utilizando três modelos de aspersores, verificaram que em todos os casos, o aumento da velocidade do vento, sendo que para a pressão de serviço de 300 KPa, ao testar a regressão linear encontraram coeficiente de determinação $R^2 = 73\%$.

Observa-se na Figura 3, comportamento do sistema de irrigação estudado ao longo dos 25 ensaios que apresenta um dos ensaios acima do Limite Superior de Controle (UCL = 87,52%), e nenhum dos ensaios obteve CUC menor que o Limite Inferior de Controle (LCL = 71,45%). Os demais ensaios permaneceram dentro dos limites, sendo que o valor médio foi 79,49 %. Exceto o ensaio 8 (CUC = 89,45%), os demais ensaios estão sob controle, porém tendo uma grande variação em relação ao valor médio. Em relação ao desempenho do sistema, mesmo apresentando um valor acima do limite superior de controle, sob o ponto de vista da irrigação é aceitável, pois o valor de uniformidade foi muito próximo ao indicado pelo catálogo do fabricante, o qual afirma que para a pressão de serviço usada no estudo, o emissor pode chegar a coeficientes de uniformidade de até 92 %. A média foi inferior ao valor mínimo aceitável para o CUC (80%) em decorrência de diversos fatores, dentre os quais houve maior influência da velocidade do vento.

¹ Engenheiro Agrícola, Doutorando em Agronomia – UNESP, Caixa Postal 237 - CEP 18610-307, Botucatu, SP. Fone (14) 8129-7970. e-mail: aljusti@fca.unesp.br

² Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel, PR.

³ Prof. Doutor, Depto de Fitossanidade Engenharia Rural e Solos., UNESP, Ilha Solteira, SP.

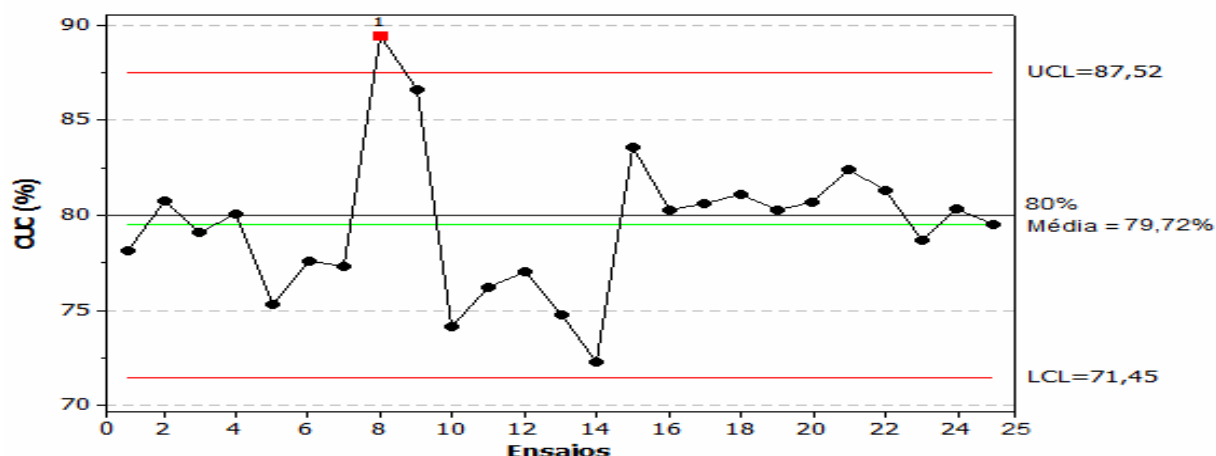


Figura 3 - Gráfico de controle de qualidade para o sistema de irrigação estudado apresentando os limites superior e inferior de especificação, média e valor de referência para o CUC (80%).

Na Tabela 1 são apresentados os valores calculados do índice de capacidade do processo (C_{PL}), ao longo dos 25 ensaios. O maior índice ($C_{PL} = 3,00$) foi encontrado quando o valor do CUC foi maior que 80%.

Tabela 1 Valores do índice de capacidade do processo (C_{PL}) para irrigação

	CUC (%)	C_{PL}
IRRIGAÇÃO	70 - 75	2,26
	75 - 80	2,97
	>80	3,00

A Tabela 1 mostra ainda que, conforme a uniformidade de distribuição aumenta, o índice de capacidade também aumenta, ocorrendo uma relação positiva entre tais variáveis, expressa pela equação $CUC (\%) = 46,07 + 10,55 C_{pl}$, com coeficiente de determinação $R^2 = 78 \%$.

O sistema usado para o experimento pode considerado um processo com capacidade aceitável, pois possui índices com valores superiores aos indicados na literatura especializada, confirmando o que RAFAELLI *et al.*(2002) citam que, quanto maior o valor do índice de capacidade do processo, menor a variabilidade durante o processo.

Resultados semelhantes quanto a viabilidade da utilização do controle de qualidade foram encontrados por CHEN *et al.* (2006), que afirmaram, após estudar a capacidade do processo para medidas unilaterais, que esse índice, utilizando gráficos de controle pode ser

¹ Engenheiro Agrícola, Doutorando em Agronomia – UNESP, Caixa Postal 237 - CEP 18610-307, Botucatu, SP. Fone (14) 8129-7970. e-mail: aljusti@fca.unesp.br

² Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel, PR.

³ Prof. Doutor, Depto de Fitossanidade Engenharia Rural e Solos., UNESP, Ilha Solteira, SP.

usado não somente para monitorar a estabilidade do processo, mas também para monitorar a qualidade do mesmo, acompanhando índices de especificação e avaliando sua estabilidade.

CONCLUSÕES

- Encontrou-se uma correlação negativa entre o CUC e a velocidade do vento de 83,6 %, porém entre o CUC e o índice de capacidade do processo, ocorreu o contrário, ou seja, houve uma correlação positiva de 78%.
- O índice de capacidade do processo mostrou-se diretamente proporcional ao aumento da uniformidade de distribuição, sendo capaz de diagnosticar a qualidade da irrigação e se a mesma tem capacidade de se manter sob controle e constante, ou seja, se será capaz de manter níveis aceitáveis de uniformidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARRIÓN, P., TARJUELO, J.M., MONTERO, J. SIRIAS: a simulation model for sprinkler irrigation. *Irrigation Science*. Heidelberg, n.20, p. 73 – 84, 2001.

CHEN, K.S., HUANG, H.L.,HUANG,C.T., Control charts for one-sided capability indices. *Quality & Quantity*. n.41,p.413-427,2006.

CLEMMENS, A. J.; MOLDEN, D. J. Water uses and productivity of irrigation systems. *Irrigation Science*. Heidelberg, n.25, p.247 – 261, 2007

MONTGOMERY, D.C. *Introduction to statistical quality control*. 4. ed. LTC, 500 p. 2001.

BRENNAN, D. Factors affecting the economic benefits of sprinkler uniformity and their implications for irrigation water use. *Irrigation Science*. Heidelberg, n.26, p.109 – 119, 2008.

RAFAELLI, D. C.; VILAS BOAS, M. A.; URIBE-OPAZO, M. A. Controle de qualidade e avaliação da capacidade do processo de fabricação de ração monitorando-se o teor de proteína bruta, teor de água e atividade de uréase do farelo de soja utilizado como matéria prima. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 22, n. 2, p. 229-237, 2002

PLAYÁN, E., ZAPATA, N., FACI, J.M., TOLOSA, D., LACUEVA, J.L., PELEGRÍN, J., SALVADOR, R., SÁNCHEZ, I., LAFITA, A. Assessing sprinkler irrigation uniformity using a ballistic simulation model. *Agricultural Water Management*, Amsterdam, v.85, p. 89 – 100, 2006.

¹ Engenheiro Agrícola, Doutorando em Agronomia – UNESP, Caixa Postal 237 - CEP 18610-307,Botucatu,SP. Fone (14) 8129-7970. e-mail: aljusti@fca.unesp.br

² Prof. Doutor, Depto de Engenharia Agrícola, UNIOESTE, Cascavel,PR.

³ Prof. Doutor, Depto de Fitossanidade Engenharia Rural e Solos., UNESP, Ilha Solteira, SP.