

COEFICIENTE DE UNIFORMIDADE DE DISTRIBUIÇÃO BASEADO NA DISTRIBUIÇÃO LOGÍSTICA DE PROBABILIDADES

LETÍCIA BURKERT MÉLLO-ARAUJO¹; BERNARDO GOMES NÖRENBERG¹;
JOSÉ HENRIQUE NUNES FLORES²; SAMUEL BESKOW⁴; ALBERTO
COLOMBO³; LESSANDRO COLL FARIA⁴

¹Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos, Centro de desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas Pelotas – leticia Burkert@gmail.com

²Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Universidade Federal de Lavras

³Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras

⁴Centro de desenvolvimento Tecnológico, Universidade Federal de Pelotas – lessandro.faria@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Conhecer as características da distribuição da água aplicada por um equipamento de irrigação sobre a superfície do solo é de grande importância para o correto dimensionamento desses sistemas. De acordo com ELLIOT et al. (1980), distribuições de probabilidade podem ser usadas para descrever a distribuição da água aplicada por um equipamento de irrigação.

Dessa forma, ao longo da história, diversos coeficientes que visam mensurar a uniformidade de distribuição de água aplicada por um sistema de irrigação foram criados (CHAUDHRY, 1976). Destacando-se o coeficiente de uniformidade de Christiansen, CUC (CHRISTIANSEN, 1942) e o coeficiente de uniformidade de distribuição, CUD (CRIDDLE, 1956). Sendo o CUD baseado na média do quartil inferior das lâminas de água aplicadas por um sistema de irrigação.

Visando facilitar a determinação do CUD, HART (1961), propôs a determinação da média do quartil inferior com base na distribuição normal de probabilidades. Seguindo no mesmo sentido, WARRICK (1983), analisou diferentes distribuições de probabilidades (Log-Normal, Uniforme, potência especializada, beta e gama) para calcular o CUD e determinou suas equações.

Entretanto, FARIA et al. (2019), observaram que a distribuição logística de probabilidades representa melhor a lâmina de água aplicada por um sistema de irrigação mecanizado tipo lateral móvel, do que as distribuições de probabilidade comumente adotadas na irrigação. Dessa forma, esse trabalho objetivou determinar, de maneira analítica, uma equação para calcular o coeficiente de uniformidade de distribuição através da distribuição logística de probabilidades.

2. METODOLOGIA

Para determinação do coeficiente de uniformidade de distribuição foi adotada a equação 1, proposta por CRIDDLE (1965). Com base na lâmina média coletada durante o ensaio de campo e a média do quartil inferior das lâminas coletadas.

$$CUD = \left(\frac{LQA}{\mu} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Onde: LQA – Média do quartil inferior das lâminas coletadas (mm);

μ – Lâmina média coletada (mm).

A função da distribuição logística de probabilidades é definida conforme a equação 2.

$$FDP_{Logística}(X) = \frac{e^{\left(\frac{X-\mu}{\sigma \cdot \sqrt{3}}\right)}}{\frac{\sigma \cdot \sqrt{3}}{\pi} \cdot \left(1 + e^{\left(\frac{X-\mu}{\sigma \cdot \sqrt{3}}\right)}\right)^2} \quad (2)$$

Onde: X – Lâmina coletada (mm)
 σ – Desvio padrão da lâmina coletada (mm).

Para a determinação do CUD em função da distribuição logística de probabilidades, foi adotada a metodologia proposta por WARRICK (1983), onde foi proposta a equação 3.

$$LQA = 4 \cdot \int_{-\infty}^{X_{25\%}} X \cdot PDF(X) \cdot dX \quad (3)$$

Para a verificação da qualidade do CUD em função da distribuição logística foram realizados 29 ensaios de campo no equipamento de irrigação mecanizado do tipo lateral móvel. E, sendo comparados, o CUD proposto por CRIDDLE et al. (1956), com o CUD proposto nesse estudo.

Além disso, foi usado o padrão de eficiência (PE_H), equação 4, proposto por HART (1961), onde o autor propôs o PE_H determinando o CUD com base na distribuição normal de probabilidades.

$$PE_H = (1 - 1,27 CV) \cdot 100 \quad (4)$$

Essa comparação foi realizada com base na raiz do erro quadrático médio (RMSE), equação 5.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{N}} \cdot 100 \quad (5)$$

Onde: Y_i – Valor estimado com CUD_{Log} e PE_H (%);
 \hat{Y}_i – Valor observado de CUD (%);
 N – Número de ensaios

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a elaboração do CUD em função da distribuição logística foi substituída a equação 2 na equação 3, resultando na equação 6, conforme proposto por WARRICK (1983).

$$LQA = \frac{4 \cdot X_{25\%}}{e^{\frac{\mu - X_{25\%}}{k}} + 1} - 4 \cdot X_{25\%} + 4 \cdot k \cdot \ln \left(e^{\frac{\mu}{k}} \cdot e^{\frac{10}{k}} \right) - \dots \quad (6)$$

$$4 \cdot k \cdot \ln \left(e^{\frac{\mu}{k}} \cdot e^{\frac{X_{25\%}}{k}} \right) + \frac{40}{e^{\frac{\mu - X_{25\%}}{k}} + 1} - 40$$

Com as propriedades da distribuição logística de probabilidades, pode-se determinar que o valor correspondente à lâmina que irriga 75% da área ($X_{25\%}$), conforme equação 7:

$$X_{25\%} = \mu - 1.0986 \cdot \frac{\sigma \cdot \sqrt{3}}{\pi} \quad (7)$$

Substituindo-se a equação 7 na 6, obtém-se a equação 8.

$$LQA = 4 \cdot k \cdot \ln \left(e^{\frac{\mu}{k}} \cdot e^{\frac{10}{k}} \right) - 4 \cdot \mu + 1 \cdot \mu + \frac{40}{e^{\frac{\mu - X_{25\%}}{k}} + 1} - 2.249 \cdot k - 40 \quad (8)$$

Analisando-se numericamente a equação 8, obtém-se a equação 9, a qual representa o LQA.

$$LQA = 1 \cdot \mu - 2.249 \cdot \frac{\sigma \cdot \sqrt{3}}{\pi} \quad (9)$$

Por fim, substituindo-se o LQA (equação 9) na equação do CUD (equação 1), obtém-se a equação do CUD baseado na distribuição logística (CUD_{Log}).

$$DU_{LOG} = \left(1 - \frac{1.240 \cdot \sigma}{\mu} \right) \cdot 100 \quad (10)$$

Onde: σ – Desvio padrão da lâmina coletada no ensaio de campo;
 μ – Média da lâmina coletada no ensaio de campo.

Na figura 1 está mostrado a comparação entre o CUD, o PE_H e o CUDLog para 29 ensaios de campo do equipamento mecanizado do tipo lateral móvel. Pode-se observar que o CUD_{Log} foi o que mais se aproximou dos dados observados em campo, corroborando assim com FARIA et al. (2019), que verificou o melhor desempenho da distribuição logística de probabilidades para modelar a lâmina de irrigação quando comparada com a distribuição normal de probabilidades.

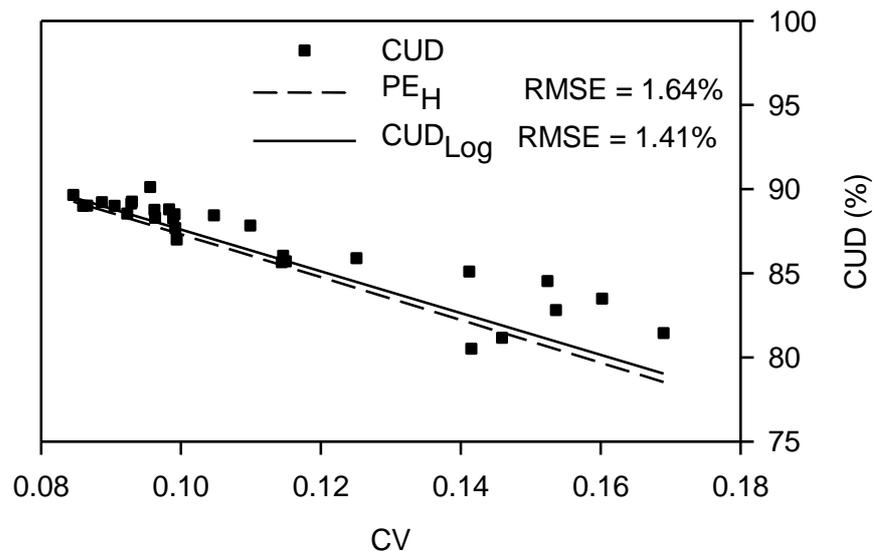


Figura 1 – Comparação CUD, PE_H e CUD_{Log} para 29 ensaios de campo de um equipamento de irrigação mecanizado do tipo lateral móvel.

Esse melhor desempenho da distribuição logística de probabilidades (CUD_{Log}), quando comparado com a distribuição normal (PE_H), corrobora, também, com as observações DUKES (2006), o qual verificou que a distribuição logística se ajusta de forma mais adequada à lâmina de irrigação de equipamentos de irrigação mecanizado tipo lateral móvel.

4. CONCLUSÕES

O Coeficiente de uniformidade de distribuição com base na distribuição logística de probabilidades foi o que apresentou a menor raiz do erro quadrático médio (RMSE). Dessa forma, sendo o coeficiente que melhor se assemelhou aos dados observados em campo, em 29 ensaios de um equipamento de irrigação mecanizado do tipo lateral móvel.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CHAUDHRY, F. H. Sprinkler uniformity measures and skewness. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v.106, n.4, p.425-433. 1976.
- CRIDDLE, W.D.; DAVIS, S.; PAIR, C.H.; SHUCKELY, D.G. **Methods for evaluation irrigation systems**. Washington: USDA, 24 p. (Agricultural Handbook, 82).1956.
- DUKES, M. D. Effect of wind speed and pressure on linear move irrigation system. **Applied Engineering in Agriculture**, v.22, n.4, p.541-548. 2006.
- ELLIOTT, R. L., NELSON, J. D., LOFTIS, J. C., AND HART, W. E. Comparison of sprinkler uniformity models. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**, v.106, n.4, p.321-33, 1980.
- HART, W. E. Overhead Irrigation Pattern Parameters. **Agricultural Engineering**, v.24, n.7, p.354-355, 1961.
- WARRICK, A. W. Interrelationships of Irrigation Uniformity Terms. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.109, n.3, p.317-332, 1983.