

DISTRIBUIÇÕES NORMAL E UNIFORME DE PROBABILIDADES NA MODELAGEM DA LÂMINA DE ÁGUA APLICADA POR UM LINEAR MÓVEL DE IRRIGAÇÃO

BERNARDO GOMES NÖRENBERG¹; JOSÉ HENRIQUE NUNES FLORES²;
EMANUELE BAIFUS MANKE³; TAYNARA MARIA DOMINGUES DE ALMEIDA⁴;
JOSÉ MARIA BARBAT PARFITT⁵; LESSANDRO COLL FARIA⁶

¹Doutorando, PPG Recursos Hídricos - CDTec/UFPEL - bernardo.norenberg@hotmail.com

²Doutorando, PPG Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas - DEG/UFLA -
josenunesflores@hotmail.com

³Doutoranda, PPG Manejo e Conservação do Solo e da Água - FAEM/UFPEL -
manumanke@gmail.com

⁴Mestranda, PPG Recursos Hídricos - CDTec/UFPEL - taynara.domingues@hotmail.com

⁵Pesquisador, Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado - EMBRAPA -
jose.parfitt@embrapa.br

⁶Orientador, Professor Dr., CDTec/UFPEL – lessandro.faria@ufpel.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Atualmente com o avanço tecnológico grande parte dos projetos de sistemas de irrigação tem sido realizados utilizando equipamentos mecanizados de irrigação do tipo lateral móvel e pivô central. Cabe ressaltar, que originalmente esses sistemas de irrigação, conforme apontado por FACI et al. (2001), eram projetados com aspersores de impacto, e, atualmente esses aspersores foram substituídos por aspersores fixos de baixa pressão.

Essa alteração do modelo do aspersor ocasiona uma mudança no padrão de aplicação de água do equipamento de irrigação, sendo o conhecimento por parte do projetista das características da distribuição de água aplicada por um equipamento de irrigação é fator determinante para a eficiente operação do sistema, desta forma, diversas distribuições de probabilidade teóricas podem ser utilizadas para descrever a distribuição de água aplicada pelo equipamento de irrigação (ELLIOTT et al., 1980).

O uso na irrigação, de distribuições de probabilidades na sua forma acumulada, é devido a sua capacidade de indicar a porcentagem da área que está recebendo uma quantidade maior ou menor de água do que aquela estipulada pelo irrigante (KELLER; BLIESNER, 1990; ANYOJI; WU, 1994).

Desta forma, este trabalho teve como objetivo comparar a qualidade do ajuste das distribuições normal e uniforme de probabilidades em representarem os perfis de distribuição de água de um equipamento de irrigação mecanizado do tipo lateral móvel equipado com aspersores de placa oscilante.

2. METODOLOGIA

Nesse estudo, foi utilizado um equipamento de irrigação mecanizado do tipo lateral móvel instalado no Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CPACT-ETB/EMBRAPA), Rio Grande do Sul, Brasil.

O equipamento de irrigação mecanizado do tipo lateral móvel é da marca Valley, fabricado pela Valmont Industries, com um comprimento, em cinco vãos, de 265 m. Equipado com aspersores modelo I-Wob, fabricados pela Senninger, contendo bocais de 6,35 mm de diâmetro, com válvulas reguladoras de pressão de 10 psi (68,9 kPa), assim fornecendo uma vazão de 1313 L h⁻¹ por aspersor.

Além disso, os aspersores foram instalados em tubos flexíveis de descida espaçados de 2,3 m e dispostos a 2,0 m de altura da borda do coletor.

Os ensaios para avaliação da uniformidade de distribuição de água do equipamento lateral móvel foram realizados de acordo com a norma técnica NBR 14244 (ABNT, 1998). Foram conduzidos 6 ensaios de campo do sistema linear móvel, sendo estes realizados no período de irrigação da cultura do arroz.

Os coletores da marca Fabrimar com diâmetro e profundidade de 8 cm, instalados à uma altura de 70 cm da superfície do solo. Os coletores foram dispostos em duas linhas paralelas ao equipamento lateral móvel e distanciadas de 5 m entre si, sendo, em cada linha, instalados 88 coletores espaçados em 3 m. O volume de água em cada coletor foi mensurado logo após o término do ensaio, por meio de uma proveta de vidro de 100 mL.

Foram utilizadas nesse estudo a distribuição normal de probabilidades (equação 1) e a distribuição uniforme de probabilidades (equação 2), foram as utilizadas nesse estudo. A função cumulativa distribuição (FCP) normal da distribuição normal, é o resultado da integração da FDP da distribuição normal de infinito negativo até x.

$$FDP_{Normal} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-0,5 \cdot \left[\frac{(X_i - \mu)}{\sigma} \right]^2} \quad (1)$$

$$FCP_{Uniforme} = \begin{cases} 1 & \text{for } X_i < (\mu - \sigma\sqrt{3}) \\ \frac{(\mu + \sigma\sqrt{3}) - X_i}{2\sigma\sqrt{3}} & \text{for } (\mu - \sigma\sqrt{3}) \leq X_i \leq (\mu + \sigma\sqrt{3}) \\ 0 & \text{for } X_i > (\mu + \sigma\sqrt{3}) \end{cases} \quad (2)$$

Onde:

FDP_{Normal} - Função densidade de probabilidade da distribuição normal;

$FCP_{Uniforme}$ - Função cumulativa de probabilidade da distribuição uniforme;

μ - Parâmetro de locação;

σ - Parâmetro de escala;

X_i - Lâmina coletada no coletor "i".

Para determinar a posição de plotagem dos conjuntos de lâminas coletadas nos ensaios de campo do equipamento de irrigação mecanizado tipo lateral móvel, foi utilizada a equação de Weibull (equação 3).

$$q = \frac{i}{n+1} \quad (3)$$

Onde:

q - Probabilidade empírica de não excedência da lâmina X_i ;

i - Posição da lâmina X_i ordenado de maneira crescente (1, ..., 88)

n - Tamanho da amostra (n=88).

Para verificar a qualidade do ajuste das distribuições de probabilidades aos dados observados nos ensaios de campo do equipamento de irrigação mecanizado do tipo lateral móvel, foi aplicado o teste não-paramétrico de Kolmogorov-Smirnov (KS), equação 4, que de acordo com HEERMANN et al. (1992), é o que melhor avalia a adequabilidade das distribuições de probabilidades teóricas, ajustadas às lâminas coletadas em ensaios de campo de equipamentos de irrigação.

$$KS = \max |q(x) - FCP(x)| \quad (4)$$

Onde:

KS - Máxima diferença entre a distribuição empírica e a FCP teórica;

$q(x)$ - Probabilidade de não-excedência da função empírica na lâmina x ;

FCP (x) - Probabilidade de não-excedência da FCP da distribuição teórica testada na lâmina x .

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 estão mostrados as funções cumulativas das distribuições de probabilidade e a distribuição empírica da lâmina coletada para os 6 ensaios de campo do equipamento de irrigação mecanizado do tipo lateral móvel equipado com emissores do tipo I-Wob.

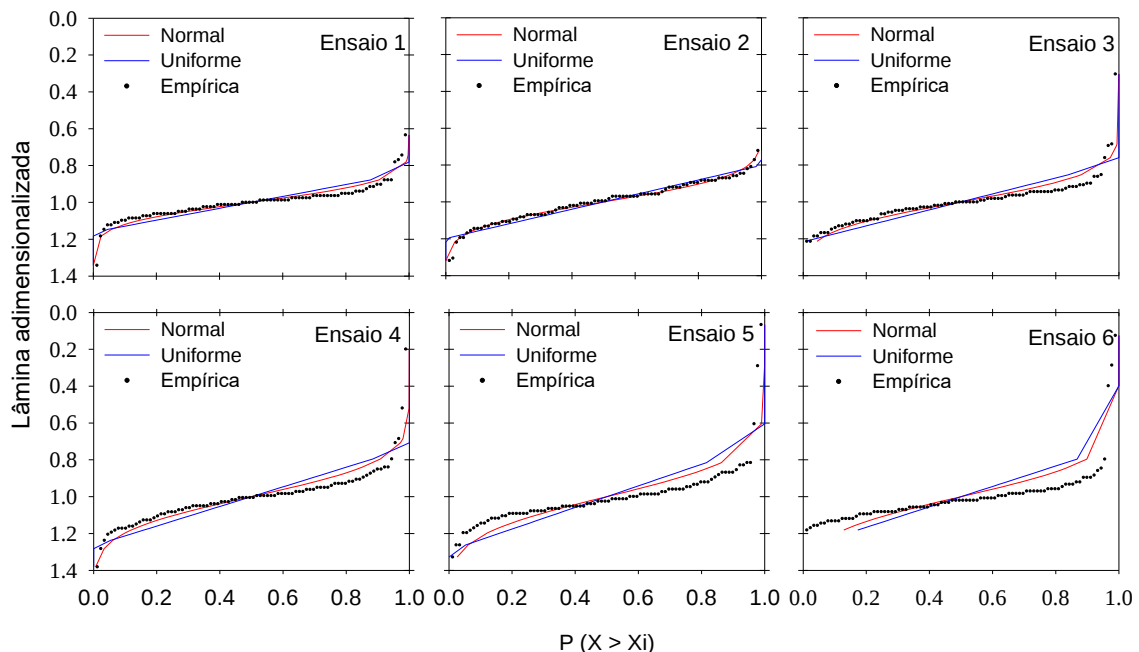


Figura 1. Funções cumulativas das distribuições de probabilidades normal e uniforme, ajustadas aos 6 ensaios de campo.

Pode-se verificar na Figura 1, para a maioria dos casos, a curva da função cumulativa da distribuição normal de probabilidades ficou mais próxima aos dados observados em campo, quando comparados com a distribuição uniforme de probabilidades, corroborando com HEERMANN et al (1992), que avaliando a qualidade de ajuste de diversas distribuições de probabilidade, observaram que a distribuição normal apresenta melhores resultados do que a distribuição uniforme de probabilidades. Esse fato é comprovado na Tabela 1, a qual apresenta os valores do teste de KS para os 6 ensaios de campo do equipamento de irrigação.

Tabela 1. Parâmetros das distribuições normal e uniforme de probabilidades e resultados do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov

Data	Ensaio	V (m s ⁻¹)	μ	σ	KS Normal	KS Uniforme
12/03/2014	1	1,89	1	0,0930	0,1229	0,1693*
14/03/2014	2	5,34	1	0,1146	0,0751	0,0727
21/03/2014	3	4,66	1	0,1251	0,1238	0,1762*
21/03/2014	4	5,18	1	0,1536	0,1178	0,1662*
22/03/2014	5	6,09	1	0,1690	0,1473*	0,1840*
22/03/2014	6	5,86	1	0,1602	0,2046*	0,2328*

*Ensaio que não se ajustaram segundo o teste de KS à 5% de probabilidade (KS > 0.1448).

Na Tabela 1, verifica-se que o desvio padrão das lâminas coletadas nos 6 ensaios de campo variou entre 0,0930 e 0,1690, além de que a distribuição normal de probabilidades se ajustou à 4 dos 6 ensaios de campo, já a distribuição uniforme se ajustou à apenas 1 ensaio.

Corroborando assim com resultados observados por HEERMANN et al. (1992) e DUKES (2006), que avaliando equipamentos de irrigação tipo pivô central e tipo lateral móvel, respectivamente, verificaram que a distribuição normal de probabilidades se ajusta à maioria dos ensaios de campo. Entretanto, estes resultados divergem dos resultados observados por KARMELI (1978), que afirmou, para equipamentos de irrigação por aspersão convencional, que a distribuição uniforme de probabilidades apresenta desempenho semelhante ao da distribuição normal de probabilidades.

4. CONCLUSÕES

A distribuição normal de probabilidades se ajustou à 4 dos 6 ensaios de campo do equipamento de irrigação mecanizado do tipo lateral móvel equipados com aspersores de placa oscilante modelo I-Wob, enquanto a distribuição uniforme de probabilidades se ajustou à apenas um ensaio de campo do equipamento de irrigação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14244:** Equipamentos de irrigação mecanizada - Pivô central e lateral móvel providos de emissores fixos ou rotativos - Determinação da uniformidade de distribuição de água. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- ANYOJI, H.; WU, I. P. Normal distribution water application for drip irrigation schedules. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**. v. 37, n.1, p.159-164, 1994.
<https://elibrary.asabe.org/abstract.asp?aid=28066&t=2&redir=&redirType>
- DUKES, M. D. Effect of wind speed and pressure on linear move irrigation system uniformity. **Applied Engineering in Agriculture**. v. 22, n. 4, p. 541-548, 2006.
<http://dx.doi.org/10.13031/2013.21222>
- ELLIOTT, R. L.; NELSON, J. D.; LOFTIS, J. C.; HART, W. E. Comparison of sprinkler uniformity models. **Journal of the Irrigation and Drainage Division**. v.106, n.4, p.321-330, 1980.
<http://cedb.asce.org/CEDBsearch/record.jsp?dockkey=0009921>
- FACI, J. M.; SALVADOR, R.; PLAYÁN, E.; SOURELL, H. Comparison of fixed and rotating spray plate sprinklers. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 127, p. 224-233, 2001.
[http://dx.doi.org/10.1061/\(ASCE\)07339437\(2001\)127:4\(224\)](http://dx.doi.org/10.1061/(ASCE)07339437(2001)127:4(224))
- HEERMANN, D. F.; DUKE, H. R.; SERAFIM, A. M.; DAWSON, L. J. Distribution functions to represent center-pivot water distribution. **Transactions of American Society of Agricultural Engineers**. v.32, n.5, p.1465-1472, 1992.
<http://dx.doi.org/10.13031/2013.28754>
- KARMELI, D. Estimating sprinkler distribution patterns using linear regression. **Transactions of the American Society of Agricultural Engineers**. v.21, n.4, p.682-686, 1978. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.35367>
- KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickle irrigation**. New York: AnaviBook/Van Nostrand Reinhold, 1990.