

## RELAÇÕES INTENSIDADE-DURAÇÃO-FREQUÊNCIA DE CHUVAS INTENSAS DE LONGA DURAÇÃO PARA SÃO BONIFÁCIO -SC

**ÁLVARO JOSÉ BACK**

<sup>1</sup> Eng. Agrônomo, Doutor em Engenharia de Recursos Hídricos, Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri), Estação Experimental de Urussanga, fone(48) 3403-1382, e-mail: ajb@epagri.sc.gov.br

Apresentado no  
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021  
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

**RESUMO:** Para projetos de drenagem agrícola é necessário dados de chuvas extremas de longa duração. Este estudo teve como objetivo determinar as relações Intensidade-Duração-Frequência de chuvas intensas com duração de 1 a 10 dias de São Bonifácio, SC. Com base em dados históricos de 1977 a 2019 foram avaliadas as distribuições Gumbel e GEV com parâmetros estimados pelo método dos Momentos, método da Máxima Verossimilhança e método dos L-Moments. Com base nos testes de aderência foram selecionadas as melhores distribuições de probabilidade para cada duração. Foram apresentadas as estimativas de chuvas máximas com período de retorno de 2 a 100 anos e duração de 1 a 10 dias foi ajustada a equação IDF para ser usada na estimativa das intensidades de chuva.

**PALAVRAS-CHAVE:** drenagem; eventos extremos; equação IDF.

## INTENSITY-DURATION-FREQUENCY RELATIONS OF LONG-TERM INTENSE RAIN FOR SÃO BONIFÁCIO -SC

**ABSTRACT:** For agricultural drainage projects, long duration extreme rainfall data is required. This study aimed to determine the Intensity-Duration-Frequency relationships of heavy rains with durations from 1 to 10 days from São Bonifácio, SC. Based on historical data from 1977 to 2019, the Gumbel and GEV distributions were evaluated with parameters estimated by the method of Moments, the Maximum Likelihood method and the method of L-Moments. Based on the adherence tests, the best probability distributions for each duration were selected. Estimates of maximum rainfall with a return period of 2 to 100 years and duration of 1 to 10 days were presented, and the IDF equation was adjusted to be used in the estimates of rainfall intensity.

**KEYWORDS:** drainage; extreme events; IDF equation

**INTRODUÇÃO:** Para diminuir os impactos dos eventos extremos de chuva são projetadas obras hidráulicas como canais, bueiros, reservatórios. No dimensionamento dessas obras há necessidade de conhecer as características da chuva a ser usada no projeto, como altura, duração e frequência. Existem muitos estudos sobre chuvas intensas com duração diária ou de chuvas com duração inferior a 24 h. Destacam-se os trabalhos sobre ajuste de equações IDF para chuvas de curta duração, isto é, duração menor que 24 horas (BACK; CADORIN, 2021). No entanto, em projetos que envolvem grandes bacias, ou em estudos de drenagem agrícola, muitas vezes é necessário considerar a frequência de chuvas de grande, duração. NAMITHA e VINOTHKUMAR (2019) afirmam que a análise de precipitação máxima em dias consecutivos de diferentes períodos de retorno é uma ferramenta básica para o

planejamento econômico seguro e o projeto de pequenas barragens, pontes, bueiros, obras de irrigação e drenagem. Os autores destacam ainda que a análise da precipitação máxima em dias consecutivos é mais relevante para o projeto de drenagem de terras agrícolas. PIZARRO (1978) e BELTRÁN (1987) apresentam critérios de drenagem agrícolas com chuvas máximas diárias com duração de um a sete dias. Este trabalho teve como objetivo analisar a série histórica de precipitação de São Bonifácio de forma a obter as estimativas das chuvas máximas e das relações intensidade-duração-frequência de chuvas com duração de um a dez dias.

**MATERIAL E MÉTODOS:** Foram utilizados os dados diários de precipitação do período de 1977 a 2019, da estação pluviométrica da Agência Nacional de Águas (ANA), com código 02748018 (coordenadas latitude -27,900, longitude -48,93, altitude de 410), localizada em São Bonifácio, SC. Foram determinadas as séries de precipitações máximas anuais com duração de um a dez dias. Foram ajustadas as distribuições Gumbel e GEV para cada uma das séries de diferentes durações. Os parâmetros de cada distribuição foram estimados pelos métodos dos momentos e da Máxima Verossimilhança, conforme descrito em KITE (1978), e pelo método dos L-Momentos, conforme descrito NAGHETTINI; PINTO, 2007). Para avaliar a aderência das distribuições ajustadas às séries observadas foram usados os testes de Kolmogorov-Smirnov (KS) e Anderson-Darling (AD), ambos a 5% de significância (KITE, 1978). Para a seleção da melhor distribuição foi usado também o erro padrão de estimativa (Ep). Com a distribuição com o melhor ajuste de cada duração foram estimadas as alturas das chuvas com período de retorno de 2 a 100 anos e duração de um a dez dias. Essas alturas foram convertidas em intensidades, e dessa forma, foi ajustada uma equação para estimar a intensidade da chuva conforme:

$$i = \frac{KT^m}{(t+b)^n} \quad (1)$$

Em que  $i$ : intensidade da chuva (mm/h);  $T$  = período de retorno (anos);  $T$  = duração da chuva (horas);  $K$ ,  $m$ ,  $b$ ,  $n$  coeficientes a serem ajustados.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Tabela 1 constam o resumo estatístico das séries de chuvas máximas anuais com duração de um a dez dias. Observa-se que as séries apresentam assimetria positiva, típica dos eventos extremos de chuvas máximas, com coeficiente de assimetria variando de 0,30 a 2,27. O coeficiente de variação variou de 27,2 a 35,6%. ALAM et al. (2018) afirmam que séries com coeficiente de assimetria acima de 1,0 podem ser consideradas altamente assimétricas, enquanto a assimetria de 0,5 a 1 é considerada moderadamente assimétrica. Séries com assimetria entre -0,5 e 0,5 podem ser consideradas aproximadamente simétricas. Vários estudos mostram que, em geral, as séries de máximas anuais têm assimetria positiva, (BACK; CADORIN, 2020; WAN ZIN et al., 2009). A distribuição de Gumbel com parâmetro estimado pelo método do LM somente foi considerada a melhor para a duração de cinco dias. Para as demais durações a distribuição GEV com parâmetros estimados pelo método dos LM foi a melhor para cinco séries (durações de 1, 3, 6, 8 e 10 dias) e a distribuição GEV com parâmetros estimados com o MM foi a melhor para quatro séries (Tabela 2). Estes resultados estão de acordo com outros estudos que mostram que embora as distribuições Gumbel e GEV não sejam rejeitadas pelos testes de aderência, a distribuição GEV mostra melhor ajuste (MELLO; SILVA, 2005; BESKOW et al., 2015). Os valores das estatísticas calculadas dos testes KS e AD foram bem inferiores os valores críticos, evidenciando o excelente ajuste das distribuições, o que também é reforçado pelos baixos valores de erro padrão de estimativa, inferiores a 0,61 mm.

**TABELA 1:** Resumo estatístico das séries de máximas anuais om duração de 1 a dez dias de chuva máxima de São Bonifácio, SC (1977-2019).

| Duração | Média (mm) | Desvio padrão (mm) | Coef. de Assimetria | Coef. de Variação (%) | Maior valor (mm) | Menor valor (mm) |
|---------|------------|--------------------|---------------------|-----------------------|------------------|------------------|
| 1 dia   | 93,9       | 26,5               | 0,62                | 28,2                  | 169,9            | 42,7             |
| 2 dias  | 122,8      | 33,4               | 0,30                | 27,2                  | 198,0            | 65,1             |
| 3 dias  | 140,4      | 44,0               | 0,69                | 31,3                  | 273,9            | 74,1             |
| 4 dias  | 155,0      | 44,9               | 0,56                | 29,0                  | 291,8            | 85,1             |
| 5 dias  | 164,8      | 50,3               | 0,93                | 30,5                  | 340,0            | 95,5             |
| 6 dias  | 178,8      | 61,1               | 1,94                | 34,2                  | 442,6            | 96,8             |
| 7 dias  | 190,1      | 67,6               | 2,23                | 35,6                  | 490,1            | 96,8             |
| 8 dias  | 198,1      | 66,2               | 2,27                | 33,4                  | 493,2            | 116,4            |
| 9 dias  | 206,6      | 65,8               | 2,09                | 31,8                  | 493,2            | 128,0            |
| 10 dias | 216,2      | 65,7               | 1,91                | 30,4                  | 493,2            | 133,5            |

**TABELA 2:** Parâmetros das distribuições Gumbel e GEV ajustados pelos métodos do Momentos (MM) e L-Moments (LM) e estatísticas dos testes Kolmogorov-Smirnov (KS) e Anderson-Darling (AD) para séries de máximas de São Bonifácio, SC

| Duração | Distri-<br>buição | Método | Parâmetro da distribuição |         |        | Teste de aderência |        | Erro padrão |
|---------|-------------------|--------|---------------------------|---------|--------|--------------------|--------|-------------|
|         |                   |        | alfa                      | beta    | kappa  | KS                 | AD     |             |
| 1 dia   | GEV               | LM     | 22,747                    | 82,272  | 0,077  | 0,0788             | 0,1474 | 0,2592      |
| 2 dias  | GEV               | MM     | 31,475                    | 109,649 | 0,187  | 0,0693             | 0,1759 | 0,2721      |
| 3 dias  | GEV               | LM     | 38,340                    | 121,084 | 0,080  | 0,0766             | 0,2146 | 0,3437      |
| 4 dias  | GEV               | MM     | 39,960                    | 136,221 | 0,119  | 0,0695             | 0,2644 | 0,3891      |
| 5 dias  | Gumbel            | LM     | 40,108                    | 141,670 | -      | 0,0915             | 0,4245 | 0,4638      |
| 6 dias  | GEV               | LM     | 42,854                    | 151,640 | -0,055 | 0,0970             | 0,2808 | 0,6055      |
| 7 dias  | GEV               | MM     | 43,057                    | 159,087 | -0,128 | 0,0873             | 0,2431 | 0,6043      |
| 8 dias  | GEV               | LM     | 40,197                    | 167,769 | -0,152 | 0,0850             | 0,2112 | 0,5859      |
| 9 dias  | GEV               | MM     | 42,779                    | 176,328 | -0,117 | 0,1138             | 0,4452 | 0,6081      |
| 10 dias | GEV               | LM     | 42,752                    | 185,609 | -0,123 | 0,1028             | 0,3444 | 0,5596      |

KS crítico ( $\alpha = 0,05$ ) = 0,205; AD crítico ( $\alpha = 0,05$ ) = 0,757.

Na Tabela 3 constam as estimativas das chuvas máximas com duração de 1 a dez dias e período de retorno de 2 a 100 anos. Para a obtenção de intensidade da chuva com duração entre 1 e 10 dias e outros períodos de retorno entre 2 e 100 anos pode-se utilizar a equação IDF ajustada (equação 9). Destaca-se que no Brasil existem centenas de trabalhos e equações IDF (BACK; CADORIN, 2021), no entanto essas equações são ajustadas para durações de até 24 horas. A equação aqui apresentada mostra que essas equações podem ser ajustadas também para chuvas de longa duração. A equação IDF ajustada para São Bonifácio é dada por:

$$i = \frac{23,27^{0,1850}}{t^{0,6126}} \quad (2)$$

Válida para duração  $24 \leq t \leq 240$  horas e período de retorno de  $2 \leq T \leq 100$  anos.

**TABELA 3:** Chuvas máximas com duração e 1 a 10 dias e período de retorno de 2 a 100 anos para São Bonifácio, Santa Catarina

| T<br>(anos) | Duração da chuva |        |        |        |        |        |        |        |        |         |
|-------------|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
|             | 1 dia            | 2 dias | 3 dias | 4 dias | 5 dias | 6 dias | 7 dias | 8 dias | 9 dias | 10 dias |
| 2           | 90,5             | 120,8  | 134,9  | 150,6  | 156,4  | 167,5  | 175,2  | 182,9  | 192,3  | 201,6   |
| 5           | 114,5            | 150,8  | 175,3  | 191,1  | 201,8  | 218,6  | 230,3  | 235,5  | 246,5  | 256,0   |
| 10          | 129,3            | 167,5  | 20,00  | 215,1  | 231,9  | 254,3  | 271,4  | 275,7  | 286,5  | 296,4   |
| 15          | 137,2            | 175,9  | 213,3  | 227,7  | 248,9  | 275,0  | 296,4  | 300,5  | 310,6  | 320,9   |
| 20          | 142,7            | 181,4  | 222,4  | 236,2  | 260,8  | 289,8  | 314,7  | 318,8  | 328,3  | 338,9   |
| 25          | 146,8            | 185,4  | 229,2  | 242,5  | 270,0  | 301,4  | 329,3  | 333,5  | 342,3  | 353,1   |
| 50          | 158,9            | 196,8  | 249,5  | 261,0  | 298,2  | 338    | 377,0  | 382,1  | 387,9  | 399,7   |
| 100         | 170,4            | 206,8  | 268,5  | 277,8  | 326,2  | 375,7  | 428,8  | 435,8  | 437,0  | 450,0   |

**CONCLUSÕES:** Com base na análise de 43 anos de registros pluviométricos de São Bonifácio pode-se concluir que: i) As séries de máximas anuais de precipitação com duração de um a dez dias apresentam assimetria positiva, variando de 0,30 a 2,27 e coeficiente de variação entre 27,2 a 35,6%; ii) Para duração de cinco dias o melhor ajuste foi obtido com a distribuição Gumbel e para as demais durações a distribuição GEV se ajustou melhor; iii) A equação IDF ajustada para São Bonifácio permite estimar a intensidade da chuva para durações de 24 a 240 horas e período de retorno de 2 a 100 anos.

#### REFERÊNCIAS:

- ALAM, M.A.; EMURA, K.; FARNHAM, C.; YUAN, J. Best-Fit Probability Distributions and Return Periods for Maximum Monthly Rainfall in Bangladesh. **Climate, Basel**, v.6, n.9, p.1-17, 2018.
- BACK, Á.J.; CADORIN, S.B. Heavy rain equations for Brazil. **International Journal of Development Research**, v.11, n.1, p.43332-43337, 2021.
- BACK, Á.J.; CADORIN, S.B. Extreme rainfall and intensity-duration-frequency equations for the state of Acre, Brazil. **Brazilian Journal of Environmental Sciences**, v.55, n.2, p.159-170. 2020.
- BELTRÁN, J.M. **Drenaje Agrícola**. In: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación/Instituto Nacional de Reforma y Desarrollo Agrario, Madrid, 1986. 239 p.
- BESKOW, S.; CALDEIRA, T.L.; MELLO, C.R.; FARIA, L.C.; GUEDES, H.A.S. Multiparameter probability distributions for heavy rainfall modeling in extreme southern Brazil. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, 4B, p. 123-133, 2015.
- KITE, G.W. **Frequency and risk analyses in Hydrology**. Water Resources publications. Colorado. 1978. 224 p.
- MELLO, C.R.; SILVA, A.M. Métodos estimadores dos parâmetros da distribuição de Gumbel e sua influência em estudos hidrológicos de projeto. **Irriga, Botucatu**, v. 10, n.4, p.318-334. 2005.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. **Hidrologia estatística**. CPRM, Belo Horizonte.2007.
- NAMITHA, M.R.; VINOTHKUMAR, V. Development of empirical models from rainfall-intensity-duration-frequency curves for consecutive days maximum rainfall using GEV distribution. **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**, v.8, n.1, p.2705-2709, 2019.
- PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos**. Madrid, Editorial Agrícola Española, 1978, 521 p.
- WAN ZIN, W.Z.; JEMAIN, A.A.; IBRAHIM, K. The best fitting distribution of annual maximum rainfall in Peninsular Malaysia based on methods of L-moment and LQ-moment. **Theoretical an Applied Climatology**, v. 96, p.337-344, 2009.