

PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS PARA O MUNICÍPIO DE MOSSORÓ DE 1964 A 2011 PELA DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL

WESLEY DE OLIVEIRA SANTOS¹; FRANCICO DE OLIVEIRA MESQUITA¹; BEN DÊIVIDE DE OLIVEIRA BATISTA²; RAFAEL OLIVEIRA BATISTA³ E ANAILSON DE SOUSA ALVES¹

¹Doutorando em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFRSA/RN, wesley_ufersa@yahoo.com.br; mesquitaagro@yahoo.com.br; anailson_agro@hotmail.com.

²Doutorando em Estatística e Experimentação Agropecuária - Universidade Federal de Lavras/MG. ben.deivide@gmail.com

³Engenheiro Agrícola, Prof. Doutor, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, UFRSA/RN rafaelbatista@ufersa.edu.br

1 RESUMO

Para o dimensionamento de obras hidráulicas, tanto urbanas, como rurais, é necessário o conhecimento da precipitação esperada, de modo que a estrutura planejada possa resistir adequadamente. Foram analisadas as séries históricas dos valores máximos diários de precipitação de uma série histórica de 48 anos (1964 a 2011) dos registros da estação meteorológica Jerônimo Rosado da UFRSA em Mossoró/RN com o objetivo de analisar o ajuste dos dados de precipitação máxima a distribuição de Gumbel por meio do teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov aos níveis de 1 e 5% de probabilidade e estimar a precipitação máxima diária anual provável para diferentes períodos de retorno (2, 5, 10, 20, 50, 100 e 500 anos) com o intuito de auxiliar no planejamento de obras hidráulicas. As análises estatísticas foram feitas em planilhas do Excel 2010 e no software R versão 2.12.1. A precipitação máxima diária anual ajustou-se ao modelo probabilístico de Gumbel e em função do tempo de retorno apresentaram um ajuste logarítmico satisfatório.

Palavras-chave: distribuição de probabilidade, teste estatístico, parâmetros hidrológicos

SANTOS, W. DE O.; MESQUITA, F. DE O.; BATISTA, B. D. DE O.; BATISTA, R. O.; ALVES, A. DE S.

MAXIMUM PRECIPITATION FOR THE CITY OF MOSSORÓ FROM 1964 TO 2011 ACCORDING TO THE GUMBEL DISTRIBUTION

2 ABSTRACT

For planning both urban and rural hydraulic systems, knowing the expected precipitation is essential, so that the planned structure be able to resist properly. Time series of maximum daily precipitation values of a 48-year time series (1964 to 2011) from records of the Jerônimo Rosado meteorological station of UFRSA in Mossoró/RN were evaluated, aiming at analyzing data fitting of maximum precipitation to the Gumbel distribution using the Kolmogorov-Smirnov test at 1% and 5% probability. Also, the likely annual maximum daily precipitation for different payback periods (2, 5, 10, 20, 50, 100 and 500 years) was

also estimated to assist in the planning of hydraulic systems. Statistical analyses were performed using spreadsheets of Microsoft Excel, version 2010, and R software version 2.12.1. The annual maximum daily precipitation fitted the Gumbel distribution, and a satisfactory level of logarithmic adjustment was obtained when considering the payback periods.

Keywords: probability distribution, statistical tests, hydrological parameters.

3 INTRODUÇÃO

Em uma política holística e sustentável de recursos hídricos, os fatores hidrológicos e ecológicos crescem em importância, com relação aos tradicionais fatores administrativos, econômicos e políticos (CRUZ, 2001). Sob esta ótica, o conceito de disponibilidade hídrica, uma das muitas variáveis a serem consideradas na atividade de gerenciamento de recursos hídricos, apresenta diferentes interpretações. O estabelecimento dos critérios de outorga de direito de uso das águas, além de estar vinculado à disponibilidade hídrica, é dependente dos sistemas jurídicos e econômicos locais.

No dimensionamento de obras hidráulicas, é necessário o conhecimento da precipitação máxima esperada, de modo que a estrutura planejada possa resistir adequadamente. Para as obras rurais, esse tipo de conhecimento é necessário para o planejamento de sistemas de terraceamento agrícola, drenagem em estradas e a implantação de barragens para atenuação de cheias (MESQUITA et al., 2009).

A erosão hídrica do solo é um processo físico que ocorre naturalmente, devido à ação das águas das chuvas. Esse processo envolve o impacto, a desagregação, o transporte e a deposição de partículas do solo (SILVA et al., 2010)

Segundo Assis (1996), se determinada estrutura suporta o valor extremo de um evento, isso significa que ela apresenta segurança para os valores correntes.

A teoria de valores extremos em especial a distribuição de Gumbel, também conhecida como distribuição assintótica dos extremos do tipo I de Fisher-Tippet ou dupla exponencial desenvolvida por Gumbel (1958), tem apresentado um papel de grande importância, principalmente na estatística aplicada à análise de fenômenos meteorológicos, entre os quais destaca-se as precipitações pluviométricas máximas (FREIRE; BEIJO, 2010).

Beijo et al. (2003) estimaram a precipitação pluviométrica diária máxima esperada em diferentes níveis de probabilidade para a região de Jaboticabal (SP), ajustando a distribuição de Gumbel. Ferreira et al. (2005) também confirmaram esse bom ajuste da distribuição de Gumbel para dados de precipitação máxima de 165 localidades do Estado de São Paulo.

Na falta de dados observados, estudos hidrológicos devem ser realizados para conduzir as estimativas de disponibilidade hídrica. Dentre os métodos, o de proporção de áreas, os interpolativos e os de regionalização, constituem-se em técnicas expeditas com ampla utilização, que merecem ser avaliados quanto à aplicabilidade, para suprir a deficiência de dados e estimar a disponibilidade hídrica para a outorga de uso dos recursos hídricos.

Nesse sentido conduziu-se esse trabalho com objetivo de analisar o ajuste dos dados de precipitação máxima a distribuição de Gumbel e estimar a precipitação máxima diária anual provável para diferentes períodos de retorno (2, 5, 10, 20, 50, 100 e 500 anos) com o intuito de auxiliar no planejamento de obras hidráulicas.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram analisadas as séries históricas dos valores máximos diários de precipitação de uma série histórica de 48 anos (1964 a 2011) dos registros da estação meteorológica Jerônimo Rosado da UFERSA em Mossoró/RN cujas coordenadas geográficas são: 5°11' S e 37° 20' W.

O clima local apresenta uma temperatura média anual em torno de 27,5°C e umidade relativa de 68,9% (CARMO FILHO et al., 1991). A precipitação média anual é de 670 mm e a evapotranspiração média anual está em torno de 1.945,20 mm e a insolação média de 236 h.mês⁻¹, sendo os meses mais secos de maior insolação. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima de Mossoró é do tipo BSw^h, ou seja, quente e seco, com estação chuvosa no verão, atrasando-se para o outono.

Em Mossoró o clima é tropical-equatorial com sete a oito meses secos, sendo também classificado como semiárido. Durante a maior parte do ano, apresenta redução dos totais pluviométricos mensais e elevadas temperaturas. A variação sazonal da temperatura média não é tão expressiva, o que leva à formação de áreas em que se observa quedas térmicas pouco expressivas na situação de inverno e apresenta regularidade térmica e variabilidade pluviométrica anuais expressivas. O outono caracteriza-se por ser mais chuvoso (a média mensal de março e abril é cerca de 180 mm) e o inverno e a primavera, menos chuvosos (chegando a 5 mm em novembro) (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007). De acordo com as análises dos dados, segundo a classificação climática de Thornthwaite, a região em estudo apresenta um clima do tipo DdA'a', ou seja, Semiárido, megatérmico com pouco ou nenhum excesso de água durante o ano (SANTOS, 2010).

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) relata que são necessários pelo menos 30 anos de dados climáticos para que se tenha uma maior confiabilidade na caracterização climática de uma área (BLAIN; BRUNINI, 2007).

Por meio dos dados de precipitação máxima anual avaliou-se pelo teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov a hipóteses H_0 : a distribuição de Gumbel se ajusta aos dados e H_1 : a distribuição de Gumbel não se ajusta aos dados em análise aos níveis de 1 e 5% de probabilidade. As análises estatísticas foram feitas em planilhas do Excel 2010 e no software R (2010) versão 2.12.1. A Equação 1, representa a função cumulativa de probabilidade de Gumbel e a Equação 2 a estimativa do período de retorno, já a Equação 3 representa a estimativa da precipitação máxima provável para determinado período de retorno. Os parâmetros da equação da função cumulativa de probabilidade foram determinados pelo método dos momentos, conforme as Equações 4 e 5.

$$P(X) = e^{-e^{-\frac{(X-\alpha)}{\beta}}} \quad (1)$$

Em que: $P(X)$ é a função cumulativa de probabilidade, α e β são os parâmetros da equação e X é a variável aleatória em mm.

$$T = (1/1 - P(X)) \quad (2)$$

Em que: T é o período de retorno para a variável aleatória organizada de forma crescente em anos.

$$P_{\text{máx}} = \beta - \text{Ln}(-\text{Ln}(1 - (1/T)))\alpha \quad (3)$$

Em que: $P_{\text{máx}}$ é a precipitação máxima provável em mm.

$$\hat{\alpha} = \bar{X} - 0,5772 \cdot \hat{\beta} \quad (4)$$

$$\hat{\beta} = \frac{\sqrt{6}}{\pi} \cdot S \quad (5)$$

Em que: \bar{X} é a média da amostra em mm e S é o desvio padrão da amostra em mm.

O teste de Kolmogorov-Smirnov é apresentado pela Equação 6:

$$D = \max |F'(X) - F(X)| \quad (6)$$

Em que: $F'(X)$ é a distribuição de probabilidade teórica e $F(X)$ é a distribuição de probabilidade empírica.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentadas as estimativas dos parâmetros α e β pelo método dos momentos e na Tabela 2 são apresentadas as estimativas das precipitações máximas diárias esperadas para os diferentes períodos de retorno.

Tabela 1. Estimativa dos parâmetros pelos métodos dos momentos para o período anual.

Parâmetro α	Parâmetro β
58,61	22,88

Tabela 2. Estimativa das precipitações máximas prováveis (mm) para os diferentes períodos de retorno.

Períodos de retorno						
2	5	10	20	50	100	200
44,36	110,79	154,78	196,97	251,58	292,51	387,08

De acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov, sendo a estatística teste $D = 0,1379$ e o p -value = 0,02301, isso indica que o modelo proposto (Gumbel) é adequado para representar a amostra dos dados de precipitação ao nível de 1% de probabilidade, ou seja, essa distribuição ajustou-se aos dados no período anual. Freire e Beijo (2010) obtiveram resultados semelhantes ao determinar os parâmetros da equação de Gumbel pelo método dos momentos ao estudar uma série histórica de precipitação de 1917 a 2008 num total de 92 anos para Piracicaba/SP, isso confirma sua aplicação para eventos extremos de 24 horas de séries anuais, especialmente, para dados de chuvas diárias máximas anuais (SANTOS, 2010).

Freire et al. (2012) ao avaliar uma série histórica de precipitação máxima diária para Mossoró/RN de 1970 a 2007 obteve ajuste dos dados de precipitação a distribuição de Gumbel sendo os seus parâmetros determinados pelo método dos momentos.

Segundo Hartman et al. (2011) houve um bom ajuste da distribuição Gumbel para os dados da precipitação máxima mensal para a região de Presidente Prudente. As estimativas de precipitação obtidas pelo método de máxima verossimilhança são consistentes conseguindo reproduzir com bastante fidelidade o regime de chuvas da região de Presidente Prudente.

De acordo com os resultados obtidos das estimativas da precipitação máxima provável para cada período de retorno pelo método dos momentos de determinação dos parâmetros da equação de Gumbel, espera-se que a precipitação máxima diária seja em média igualada ou superada.

Na Figura 1 é possível verificar a distribuição mensal das chuvas máximas durante a série histórica de precipitação em estudo.

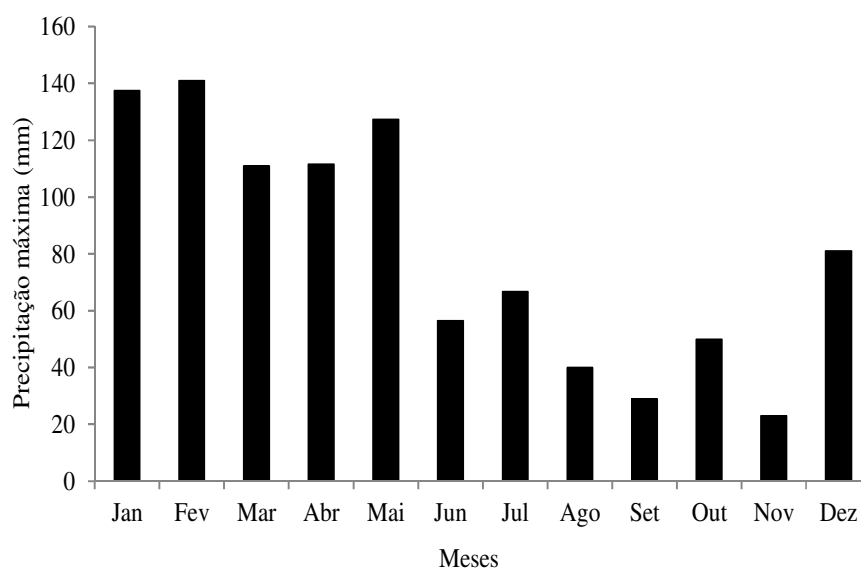


Figura 1. Chuvas máximas diárias mensais ao longo da série histórica de 1964 a 2011 para Mossoró/RN.

Na Tabela 3 verifica-se o resumo estatístico das precipitações máximas diárias para série pluviométrica em estudo.

Tabela 3. Resumo estatístico das precipitações máximas diárias anuais de 1964 a 2011 em Mossoró/RN.

Média	81,23 mm
Mediana	73,9 mm
Desvio padrão	42,95 mm
Erro padrão da média	$\pm 12,40$ mm
Coefficiente de variação (%)	52,87
Mínimo	23 mm
Máximo	141 mm

O valor mínimo da precipitação máxima ocorreu no mês de setembro e o máximo no mês de fevereiro. De acordo com os resultados apresentados, as precipitações máximas apresentaram 81,23 mm em média, com um erro padrão da média de $\pm 12,40$ mm, 50% das

precipitações máximas apresentam até 73,9 mm. Em média a precipitação máxima diária anual se desvia em 42,95 mm em torno dos 81,23 mm da precipitação média. O valor mínimo foi de 23 mm e o máximo de 141 mm.

Na Figura 2, verifica-se o comportamento das precipitações máximas em função do período de retorno sendo representado pela função logarítmica. Freire et al. (2012) obteve resultados semelhantes ao avaliar uma série histórica de 38 anos.

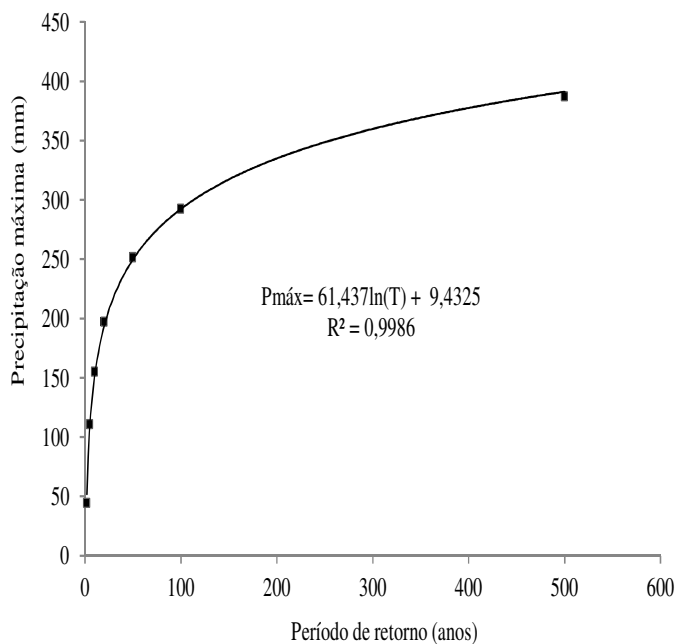


Figura 2. Precipitação máxima em função do período de retorno.

6 CONCLUSÕES

Os dados de precipitação máxima diária anual apresentaram ajuste ao modelo probabilístico de Gumbel. As precipitações máximas prováveis em função do tempo de retorno apresentaram um ajuste logarítmico satisfatório.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSIS, F. N.; ARRUDA, H. V.; PEREIRA, A.R. **Aplicações de Estatística à Climatologia**. Pelotas: Ed. Universitária/UFPel, 1996. 161 p.

BEIJO, L.A.; MUNIZ, J.A.; VOLPE, C.A.; PEREIRA, G.T. Estudo da precipitação máxima em Jaboticabal (SP) pela distribuição de Gumbel utilizando dois métodos de estimação. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 1, p. 141-147, 2003. <<http://www.sbagro.org.br/>> 27 nov. 2012.

BLAIN, G. C.; BRUNINI, O. Caracterização do regime de evapotranspiração real, em escala decenal, no estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.22, n.1, 75-82, 2007. <<http://www.rbmet.org.br/>> 27 nov. 2012.

CARMO FILHO, F.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; Maia Neto, J. M. Dados meteorológicos de Mossoró (janeiro de 1989 a dezembro de 1990), Mossoró: ESAM, FGD, 1991, 110p, **Coleção Mossoroense**, Série C, 630.

CRUZ, J. C. **Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação dos aspectos técnicos e conceituais**. Porto Alegre: UFRGS. 2001.199p. Tese Doutorado.

FERREIRA, J.C.; DANIEL, L.A.; TOMAZELA, M. Parâmetros para equações mensais de estimativas de precipitação de intensidade máxima para o Estado de São Paulo - Fase I. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 29, n. 6, 2005. < <http://www.scielo.br/scielo> > 27 nov. 2012.

FREIRE, F. R.; BEIJO, L. A.; Análise dos métodos de estimação para os parâmetros da distribuição gumbel na precipitação de chuvas máximas para a cidade de Piracicaba-SP. XIX **CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFPA**, 2010.

HARTMANN, M.; MOALA, F. A.; MENDONÇA, M. A.; Estudo das precipitações máximas anuais em Presidente Prudente. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.4, 561 - 568, 2011. <<http://www.sbagro.org.br>> 27 nov. 2012.

MENDONÇA, F; DANNI-OLIVEIRA I. M. **Climatologia**: noções básicas e climas do Brasil, São Paulo, Oficina de textos, 2007.

MESQUITA W. O.; GRIEBELER, N P; OLIVEIRA, L. F. C. DE; Precipitações máximas diárias esperadas para as regiões central e sudeste de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical** v. 39, n. 2, p. 73-81, abr./jun. 2009. < <http://www.revistas.ufg.br> > 04 dez. 2012.

FREIRE, F. G. C.; OLIVEIRA, A. M. de P.; SOBRINHO, J. E.; BATISTA, R. O.; SANTOS, W. O.; BARRETO, H. B. F.; Estudo das precipitações máximas para o município de Mossoró-RN, Brasil. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. v.6, nº. 1, p 3-7 , 2012. <<http://www.inovagri.com.br> > 27 nov. 2012.

GUMBEL, E.J. **Statistical of Extremes**. New York: Columbia University Press, 1958. 375 p.

R VERSION 2.12.1. Viena, Austria: Foundation for Estatistical Computing, 2010. (Software). < <http://www.r-project.org> > 27 nov. 2012.

SANTOS, W. O. **Ajuste da evapotranspiração de referência estimada através de 10 métodos em Mossoró-RN à diferentes distribuições densidade de probabilidade**. 2010. 222 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró-RN.

SILVA, J. V.; ALECRIM, M. A. B.; SILVA, D. O. De; COSTA, C. C. Da; OLIVEIRA, R. J. De; Perdas de solo e água por erosão hídrica em floresta equiânea em um Latossolo Vermelho-Amarelo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife, v.5, n.4, p.579-584, 2010. <<http://www.agraria.pro.br/> > DOI:10.5239/agraria. v5i4.724. 27 nov. 2012.