

## Estudo das precipitações máximas para o município de Cruz das Almas, BA

<sup>1</sup>Miguel Julio Machado Guimarães, <sup>2</sup>Iug Lopes, <sup>1</sup>Wellington Pereira da Silva, <sup>1</sup>Anderson Santos da Silva

<sup>1</sup> Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, S/N, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE, Brasil. E-mails: mjmguimaraes@hotmail.com, welleng\_pereira@hotmail.com, bobsilva@hotmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal Rural do Vale do São Francisco, Avenida José de Sá Maniçoba, S/N, Campo Universitário, CEP 56304-917, Petrolina, PE, Brasil. E-mail: iuglopes@hotmail.com

**Resumo:** Objetivou-se com este trabalho analisar o ajuste dos dados de precipitação máxima à distribuição de Gumbel, e estimar as precipitações máximas para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200 e 300 anos para a cidade de Cruz das Almas, BA. Foram analisadas as séries históricas dos valores máximos diários de precipitação de uma série 44 anos (1971 a 2014) dos registros da estação meteorológica convencional localizada na sede da Embrapa Mandioca e Fruticultura, no município de Cruz das Almas, BA. Os dados foram submetidos ao teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov aos níveis de 1 e 5% de probabilidade e posteriormente processados. Observou-se picos de precipitação máxima diária com numa escala temporal média de oito anos. Os dados de precipitação máxima diária anual apresentaram aderência ao modelo probabilístico de Gumbel, gerando um modelo logarítmico satisfatório.

**Palavras chave:** Chuva intensa, Parâmetros hidrológicos, Recôncavo baiano

## Study of maximum precipitation for municipality of Cruz das Almas, BA

**Abstract:** The objective of this work was to analyze the data adjustment of maximum rainfall distribution of Gumbel distribution, and estimate the maximum rainfall for return periods of 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200 and 300 years for city of Cruz das Almas/BA. The historical series of the daily maximum precipitation of 44 years (1971-2014) time series were analyzed from the records of conventional weather station located at the headquarters of Embrapa Mandioca e Fruticultura, in Cruz das Almas/BA. The data were submitted to the adherence of Kolmogorov-Smirnov at levels 1 and 5% probability and later were processed. Maximum daily rainfall peaks with an average time frame of eight years were observed. The data of annual maximum daily precipitation showed adherence to the probabilistic model of Gumbel, generating a satisfactory logarithmic model.

**Keywords:** Intense rainfall, Hydrological parameters, Bahian recôncavo

## Introdução

O estudo da precipitação vem recebendo atenção especial do homem nas últimas décadas por ser a principal variável de entrada de água no sistema hidrológico (Tucci, 2009), sendo fundamental para o entendimento da dinâmica hídrica do meio físico.

Os eventos de precipitação podem ser divididos em usuais e eventos extremos. Os eventos usuais são registrados com maior frequência, possibilitando a sua absorção pelas sociedades que se adaptam ao seu ritmo natural, sendo que estes eventos não distanciam de maneira significativa da média. Já os eventos extremos de chuva são aqueles em que os valores apresentaram desvios de chuva superiores ou inferiores ao comportamento usual (Farias et al., 2012).

O planejamento hídrico é a base para se dimensionar qualquer forma de manejo integrado dos recursos hídricos, assim, o conhecimento das características pluviométricas de uma dada região se torna indispensável na agricultura, principalmente em trabalhos de classificação climática, zoneamento agroclimático e ambiental, manejo de irrigação, disponibilidade e necessidade hídrica no solo, além de favorecer ao planejamento integrado dos recursos hídricos. Seu entendimento é imperativo também para estudos estratégicos associados ao planejamento do meio ambiente, geração de energia e dimensionamento de obras hidráulicas, especialmente em condições tropicais (Barreto et al., 2014, Mello & Silva, 2005).

No dimensionamento de obras hidráulicas, a exemplo de sistemas de drenagem agrícola, deve-se conhecer as precipitações máximas esperadas para aquela região, de forma que a estrutura planejada resista adequadamente. Suportando tal valor extremo de precipitação implica dizer que a estrutura apresenta segurança para os valores usuais (Mesquita et al., 2009 & Santos et al., 2014).

O estudo dos eventos extremos de precipitação pode ser realizado através da distribuição de Gumbel, também conhecida como distribuição assintótica dos extremos do tipo I de Fisher-Tippet ou dupla exponencial (Gumbel, 1958).

Logo, o estudo das condições edafoclimáticas extremas se torna de suma importância para o planejamento hídrico da região. O presente trabalho tem por objetivo analisar o ajuste dos dados de precipitação máxima à distribuição de Gumbel, e estimar as precipitações máximas para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200 e 300 anos para a cidade de Cruz das Almas, BA.

## Material e métodos

Os dados de precipitação pluviométrica utilizados na pesquisa foram obtidos na Estação Meteorológica Convencional locada na sede da Embrapa Mandioca e Fruticultura, no município de Cruz das Almas, BA (OMM: 83222; 12°64'39"S e 39°06'23"W; 225,87m). O clima da região é considerado tropical quente e úmido com pluviosidade média anual de 1170 mm e variações entre 800 e 1400 mm, sendo os meses de março a agosto os mais chuvosos e de setembro a fevereiro, os mais secos. A temperatura média anual é de 24,5 °C e umidade relativa de 80% (Rezende, 2004).

Foram utilizados dados de precipitação pluviométrica máxima diária anual compreendendo um período de 44 anos, de janeiro de 1971 a dezembro de 2014, conforme recomendação da Organização Meteorológica Mundial [OMM], que preconiza pelo menos 30 anos de dados climáticos para que se tenha uma maior confiabilidade na caracterização climática de uma localidade (Blain, Brunini, 2007). O conjunto de dados de precipitação pluvial máxima, representando uma amostra, é composto do maior valor diário registrado no mês para cada ano.

A partir dos dados de precipitação máxima 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 planilha eletrônica e no software SISVAR 5.0 (Ferreira, 2003).

Verificada a aderência dos dados à distribuição, foram estimados os valores máximos

de precipitação pelo Método de Gumbel (1958) para os períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 30, 50, 100, 200 e 300 anos. A Equação 1, representa a função de probabilidade acumulada da distribuição de Gumbel, onde, pode-se calcular a precipitação máxima diária em função do tempo de retorno a partir da sua inversa (Equação 2).

Equação 1

$$Fy(y) = \exp \left[ -\exp \left( -\frac{y - \beta}{\alpha} \right) \right]$$

$$Fy(y) = \exp \left[ -\exp \left( -\frac{y - \beta}{\alpha} \right) \right]$$

Equação 2

$$X(T) = \beta - \alpha \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right]$$

$$X(T) = \beta - \alpha \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right]$$

em que:

x(T) – precipitação máxima em função do tempo de retorno;

T – tempo de retorno;

$\beta$  - parâmetro de forma;

$\alpha$  – parâmetro de escala;

Os parâmetros desta distribuição de probabilidade foram estimados pelo Método do Momento conforme Equações 3 e 4.

Equação 3

$$\hat{\mu} = \bar{X} - 0,451 * S \quad \hat{\mu} = \bar{X} - 0,451 * S$$

Equação 4

$$\hat{\alpha} = \frac{1,2826}{S} \quad \hat{\alpha} = \frac{1,2826}{S}$$

em que:

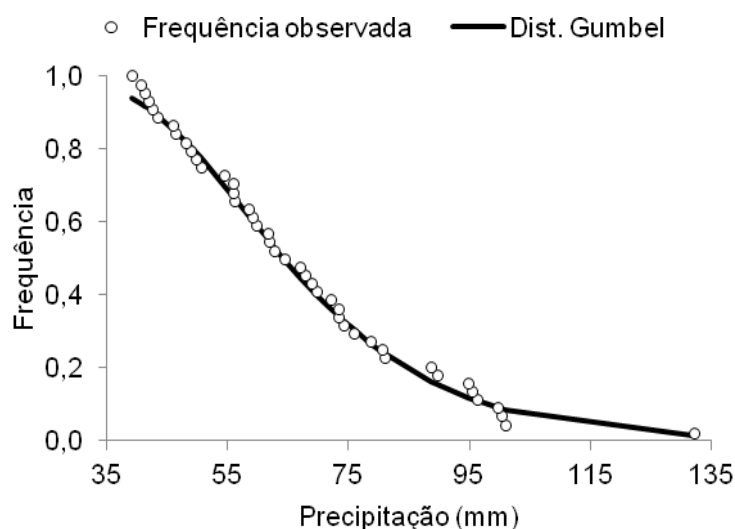
$\bar{X}$  – média dos dados;

S – desvio padrão;

## Resultados e discussão

Pode-se verificar uma distribuição de probabilidade de Gumbel adequada na estimativa da intensidade de precipitação máxima avaliada pelo teste de Kolmogorov- Smirnov ao nível de 1% de significância e 44 dados ( $D = 0,08902 > pr = 0,2406$ ). A Figura 1 apresenta as distribuições de frequência da série das precipitações máximas anuais observadas e estimadas pelo modelo de Gumbel, para o município de Cruz das Almas, BA. Pode-se observar, nesta figura, boa aderência entre a distribuição observada e a teórica de Gumbel.

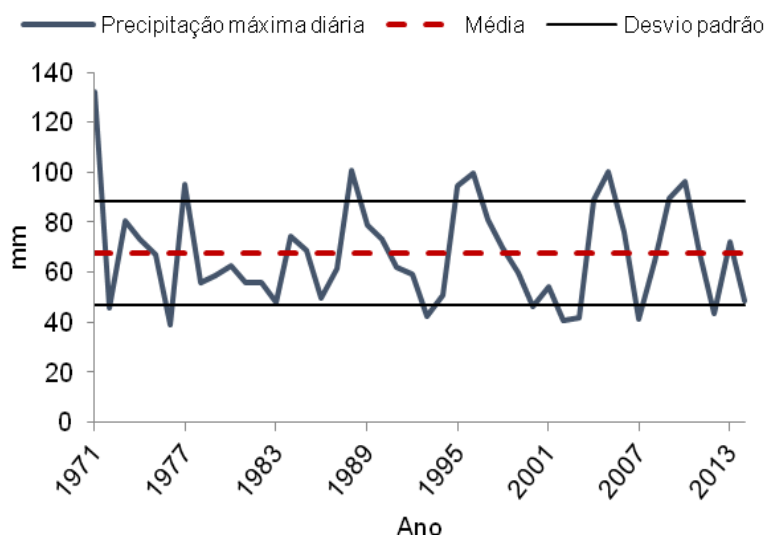
**Figura 1** - Distribuição de frequência das precipitações máximas diárias observadas e estimadas pelo modelo de Gumbel, para o município de Cruz das Almas, BA entre os anos de 1971 e 2014.



O estudo de valores extremos, em especial a distribuição de Gumbel, tem apresentado um papel de grande importância na análise de precipitações pluviométricas máximas. Diversos autores (Almeida et al., 2014, Barreto et al., 2014, Junqueira et al., 2015 & Santos et al., 2014), ao avaliarem séries de dados de precipitação em diferentes localidades do Brasil, observaram boa aderência entre a distribuição observada e a teórica obtida pelo modelo de Gumbel, através dos testes de aderência, já que há uma boa conformidade dos modelos com os dados da série.

O maior valor de precipitação máxima diária registrado foi de 132,2 mm, enquanto o menor 39,2 mm para os anos de 1971 e 1976, respectivamente. As precipitações máximas apresentaram 67,47 mm de média, com um desvio padrão de 20,78 mm (Figura 2). Pode-se observar seis registros de precipitação máxima acima do desvio padrão superior obtido, sendo eles 1971 (132,2 mm), 1977 (95,4 mm), 1988 (101 mm), 1996 (99,7 mm), 2005 (100,2 mm) e 2010 (96,2 mm) (Figura 2). Tais eventos apresentaram uma escala temporal média de oito anos.

**Figura 2** - Precipitações máximas diárias no município de Cruz das Almas, BA no período de 1971 a 2014.

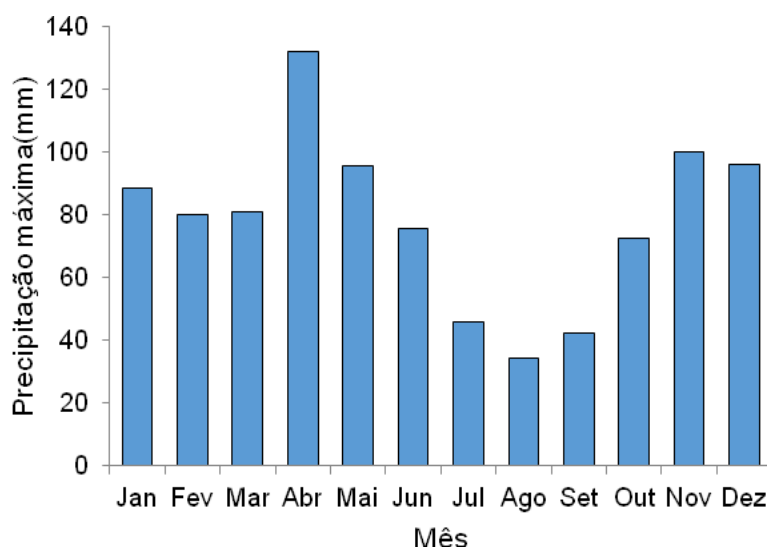


Quando analisadas a distribuição anual das precipitações máximas diárias (Figura 3), observou-se que a máxima precipitação registrada no período de 1971 a 2014 ocorreu no mês de abril (132,2 mm), período considerado chuvoso na região. O mês de agosto foi responsável pelo menor registro de máxima precipitação com apenas 34,4 mm. Tal mês é considerado início do período de secas na região estudada (Rezende, 2004).

O mês de abril coincide com a época de plantio de diversas culturas anuais cultivadas na região (Silveira et al., 2013, Peixoto et al., 2012 &

Lima et al., 2013). Em estudos avaliando práticas conservacionistas no cultivo de mandioca e feijão-caupi na mesma região, Lima (2013) verificou perdas de solos significativas, em áreas sem a aplicação práticas de conservação do solo, quando submetidas a chuvas com intensidades superiores a  $30 \text{ mm h}^{-1}$ . A mesma afirma que a utilização destas práticas são eficazes na diminuição da erosão hídrica, das perdas de solo, água e nutrientes, principalmente nos períodos do ano em que há uma maior incidência de altas precipitações.

**Figura 3** - Chuvas máximas diárias mensais ao longo da série histórica de 1971 a 2014 para Cruz das Almas, BA.



Na Tabela 1 são apresentadas as estimativas das precipitações máximas diárias esperadas para diferentes períodos de retorno. De acordo com os resultados obtidos da precipitação máxima, pode-se observar que em

média a cada dois anos é possível observar uma precipitação igual ou superior a 64,3 mm, sendo esta mesma interpretação semelhante para os demais tempos de retorno.

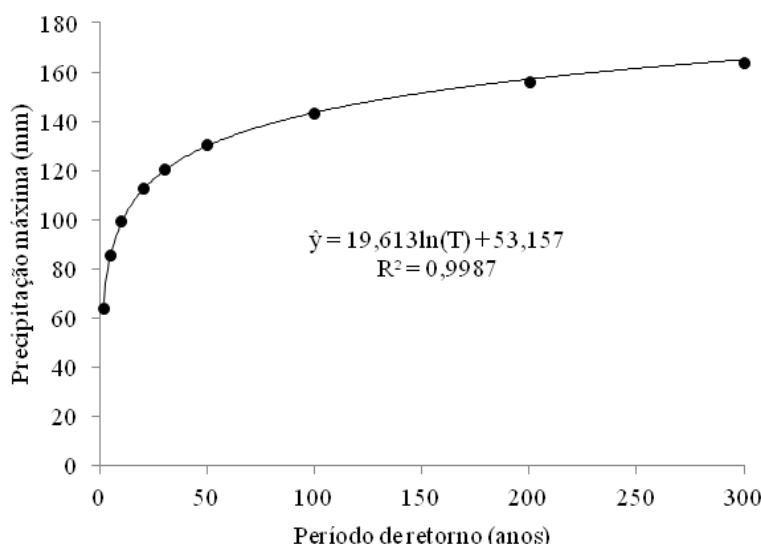
**Tabela 1** - Estimativa das precipitações máximas prováveis (mm) para os diferentes períodos de retorno no município de Cruz das Almas, BA.

Período de retorno (anos)									
2	5	10	20	30	50	100	200	300	
(mm)									
64,3	85,48	99,5	112,95	120,68	130,35	143,4	156,39	163,98	

Na Figura 4, verifica-se o comportamento das precipitações máximas em função do período de retorno. Pode-se observar que o comportamento da precipitação varia em função do período de retorno, sendo que o crescimento das precipitações máximas tende a estabilizar com o aumento do período de retorno, ajustando-se ao modelo logarítmico.

Tais resultados corroboram diversos autores, os quais obtiveram resultados semelhantes. Freire et al. (2012) e Santos et al (2014) obtiveram resultados semelhantes ao

avaliar uma série histórica de 38 anos para o município de Mossoró, RN. Queiroz e Assunção (2013) observaram o mesmo comportamento para uma série de 36 anos no município de Uberlândia, MG. A partir das informações de período de retorno de precipitações máximas é possível adotar medidas preventivas de enchentes, bem como seu amortecimento em reservatórios na área de estudo e dimensionar a capacidade de armazenamento de água (Queiroz & Assunção, 2013).

**Figura 4** - Precipitação máxima em função do período de retorno.

Ao utilizar a equação logarítmica apresentada na Figura 4 para calcular a precipitação máxima para um período de retorno de oito anos pode-se verificar uma precipitação máxima de 93,94 mm. Valor este que corrobora a série histórica utilizada no estudo, a qual apresenta precipitações acima do desvio superior numa escala temporal média de oito anos (Figura 2).

### Conclusão

O município de Cruz das Almas apresenta picos de precipitação máxima diária com uma escala temporal média de oito anos;

Os dados de precipitação máxima diária anual apresentaram aderência ao modelo probabilístico de Gumbel;

As precipitações máximas prováveis em função do tempo de retorno apresentaram um ajuste logarítmico satisfatório.

### Referências

Almeida, B. M., José, J. V., Duarte, S. N., Frizzone, J. A., & Perbone, A. (2014). Análise de tendência temporal da precipitação diária máxima no Estado de São Paulo. *Water Resources and Irrigation Management*, 3 (1), 1-12.

Barreto, H. B. F., Pereira, G. M., Barreto, F. P., Freire, F. G. C., & Maia, P. M. E. (2014). Relação intensidade-duração-frequência para precipitação extrema Em Mossoró – RN. *Global Science and Technology*, 7 (3), 103-109.

Blain, G. C., & Brunini, O. (2007). Caracterização do regime de evapotranspiração real, em escala decenal, no estado de São Paulo. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 22 (1), 75-82.

Farias, R. F. L., Alves, K. M. A. S., & Nóbrega, R. S. (2012). Climatologia de ocorrência de eventos extremos de precipitação na mesorregião do Sertão Pernambucano. *Revista Geonorte*, Edição Especial 2, 1 (5), 930-941.

Ferreira, D. F. (2003). *Programa de análises estatísticas e planejamento de experimentos (SISVAR 5.0, Build 67)* [statistical analysis software]. Lavras: DEX/UFLA.

Freire, F. G. C., Oliveira, A. M. P., & Espínola Sobrinho, J. (2012). Estudos das precipitações máximas para o município de Mossoró/RN. Brasil. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 6 (1), 3-7.

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

- Junqueira Jr., J. A., Mello, C. R., & Alves, G. J. (2015). Eventos extremos de precipitação no Alto Rio Grande, MG: Análise probabilística. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 19 (4), 301-308.
- Lima, A. C. (2013). *Perdas de solo, água e nutrientes em cultivo de mandioca no Recôncavo da Bahia* (78f). Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola, Recife, PE, Brasil.
- Lima Filho, A. F., Coelho Filho, M. A., & Heinemann, A. B. (2013). Determinação de épocas de semeadura do feijão caupi no Recôncavo Baiano através do modelo Cropgro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online)*, 17, 1294-1300.
- Mello, C. R., & Silva, A. M. (2005). Métodos estimadores dos parâmetros da distribuição de Gumbel e sua influência em estudos hidrológicos de projeto. *Irriga*, 10 (4), 318-334.
- Mesquita W. O., Griebeler, N P., & Oliveira, L. F. C. (2009). Precipitações máximas diárias esperadas para as regiões central e sudeste de Goiás. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 39 (2), 73-81.
- Peixoto, C. P., Machado, G. S., Borges, V. P., Alves, E. C. & Leal, G. M. F. (2012). Índices fisiológicos de soja hortaliça em duas épocas de semeadura no Recôncavo Sul Baiano. *Scientia Agraria Paranaensis*, 11, 6-67.
- Queiroz, A. T., & Assunção, W. L. (2013). Análise geoestatística das precipitações na Fazenda Letreiro (Uberlândia-MG). *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium*, 4 (2), 448-476.
- Rezende, J. O. (2004). *Recôncavo Baiano, berço da Universidade Federal segunda da Bahia: passado, presente e futuro* (194p). Salvador: P&A.
- Santos, W. O., Mesquita, F. O., Batista, B. D. O., Batista, R. O., & Alves, A. S. (2014). Precipitações máximas para o município de Mossoró de 1964 a 2011 pela distribuição de Gumbel. *Irriga*, 9 (2), 207-213.
- Silveira, P. S., Peixoto, C. P., Ledo, C. A. S., Passos, A. R., Borges, V. P., & Bloisi, L. F. M. (2013). Fenologia e produtividade do amendoim em diferentes épocas de semeadura no recôncavo sul baiano. *Bioscience Journal*, 29, 553-561.
- Tucci, C. E. M (Org) (2009). *Hidrologia: Ciência e Aplicação* (4ed). Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH.

Recebido em: 10/06/2015

Aceito em: 31/03/2016