



## XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

### **PARÂMETROS DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS NOS MUNICÍPIOS DE CAICÓ E MACAU – RN**

*Karla Nayara Santos de Almeida<sup>1</sup>; Kaíse Barbosa de Souza<sup>2</sup> João Batista Lopes da Silva<sup>3</sup>; Alcinei Riberio Campos<sup>4</sup>; Luanna Chácara Pires<sup>5</sup>*

**RESUMO** – Objetivou-se neste trabalho, determinar parâmetros das equações de IDF ( Intensidade-Duração – Frequência) para os municípios de Caicó e Macau, os quais são pertencentes ao estado do Rio Grande do Norte. Foram utilizados dados de precipitação obtidos a partir da base de dados da Agência nacional de Águas (ANA). Para cada estação foi obtida as séries de precipitações máximas de um dia, para os seguintes períodos de retorno (TR): 5, 10, 15, 25, 50 e 100 anos, pelas distribuições de probabilidade Gumbel, Pearson III, Log-Pearson III, Log-Normal II e III, sendo escolhida a com melhor aderência e menor erro padrão. Realizou-se em seguida a desagregação da precipitação de um dia em intervalos menores e em seguida determinando para cada estação os parâmetros  $K$ ,  $a$ ,  $b$  e  $c$  da equação de intensidade-duração-frequência por regressão múltipla não linear, pelo método de iteração de Gradação Reduzida Generalizada Não Linear. As equações geradas apresentaram um bom ajuste aos dados observados com valores de  $r^2$  acima de 0,99 para os dois municípios. Os parâmetros obtidos foram (1003,602, 0,169, 13,763 e 0,785 para Caicó e 591,970, 0,249, 9,833 e 0,745 para Macau, respectivamente).

**ABSTRACT**– The objective of this work was to determine parameters of the equations of IDF (Intensity-Duration-Frequency) for Caicó and Macau municipalities, which are owned by the state of Rio Grande do Norte. It was used rainfall data obtained from the database of the National Water Agency (ANA). For each station was obtained the series of maximum rainfall from one day to the following return periods (TR): 5, 10, 15, 25, 50 and 100 years, obtained by the probability

1) Engenheira Florestal, Mestranda em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Piauí/UFPI, Bom Jesus-PI, Fone: (89) 99787628, karlanayara02@yahoo.com.br.

2) Engenheira Florestal, Mestranda em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas, UFPI/CPCE, Bom Jesus/PI, Fone: (89) 99972630 kaisesouza172@yahoo.com.br.

3) Engenheiro Agrícola e Ambiental, Professor do curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus-PI, Fone: (89) 99146884, silvajbl@yahoo.com.br

4) Engenheiro Agrônomo, Mestrando em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal do Piauí, Bom Jesus-PI, Fone: (89) 99321718, jjalcinei@live.com

5) Zootecnista, Professora do curso de Engenharia Agrônômica UFPI/Universidade Federal do Piauí, Fone: (89)99159062, lualu66@yahoo.com.br

distributions Gumbel, Pearson III, Log-Pearson III, Log-Normal II and III, that was chosen the best model with better math and lower standard error. It was held after the breakdown of rainfall a day in smaller intervals and then determining for each station the parameters K, a, b and c of intensity-duration-frequency by nonlinear multiple regression equation by the method of iteration Reduced Gradient generalized Non linear. The generated equations showed a good fit to the data with r2 values above 0.99 for the two Countries. The parameters K, a, b and c obtained were (1003.602, 0.169, 13.763 and 0.785 to Caicó and 591.970, 0.249, 9.833 and 0.745, to Macau).

**Palavras-Chave** – equação IDF, período de retorno, precipitações máximas.

## 1. INTRODUÇÃO

A determinação da intensidade das precipitações intensas é importante para o dimensionamento de estruturas destinadas ao correto manejo de bacias hidrográficas, ao controle e proteção contra inundações e às práticas de conservação do solo e de produção de água (Mello *et al.*, 2003). As chuvas intensas, também denominadas chuvas extremas ou máximas, são aquelas que apresentam grande lâmina precipitada, durante pequeno intervalo de tempo.

Os estudos de chuvas intensas são especialmente importantes, devido sua relação com a ocorrência e a magnitude do escoamento superficial, os quais podem ocasionar severos prejuízos em áreas agrícolas e urbanas, tais como a destruição de barragens, a erosão do solo, o assoreamento de corpos hídricos, os alagamentos em áreas urbanizadas e lavouras, dentre outros (Silva *et al.*, 2003). Reis *et al.*,(2005), afirma que entender sobre a distribuição e o comportamento das precipitações é muito importante para o desenvolvimento de projetos hidroagrícolas, visto que a frequência de ocorrência das mesmas e a sequência com que estas ocorrem, apresentam grande relevância nos estudos relativos à erosão dos solos.

De acordo com Araújo *et al.*, (2008), uma das características dessas chuvas é possuírem distribuição irregular, tanto espacial, quanto temporalmente. No entanto, a determinação das equações de chuvas intensas apresenta, em muitos casos, grandes dificuldades em função da escassez de informações dessa natureza, da baixa densidade da rede de pluviógrafos e do pequeno período de observações disponível (Pruski *et al.*, 2002). As estimativas das chuvas intensas são realizadas por intermédio de equações empíricas (IDF) e derivadas a partir de dados pluviométricos para cada estação. Damé *et al.* (2008) afirmam que, para se caracterizar essas precipitações, é necessário conhecer a sua duração, sua intensidade e sua frequência de ocorrência, sendo essa relação, comumente denominada de curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF).

O conhecimento da equação de chuvas intensas possibilita a aplicação de modelos matemáticos para estimativa de parâmetros como o tempo de concentração e a distribuição temporal da precipitação (Back, 2006). Segundo Genovez e Zuffo (2000), apresentam validade regional,

sendo que essas equações são válidas somente para o local (região) da estação do qual os dados pluviométricos foram obtidos. Contudo, objetivou-se neste trabalho, determinar parâmetros das equações de IDF para os municípios de Caicó e Macau, os quais são pertencentes ao estado do Rio Grande do Norte.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados utilizados para a realização deste trabalho foram coletados por duas estações pluviométricas localizadas nos municípios de Caicó e Macau, ambas no estado do Rio Grande do Norte, disponíveis no banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), em seu sítio eletrônico. Inicialmente, foi realizada uma análise de consistência das séries de dados de cada estação e em seguida foram obtidas as séries de precipitação máxima de um dia, para os seguintes períodos de retorno (TR): 5, 10, 15, 25, 50 e 100 anos.

As distribuições de probabilidade utilizadas foram: Gumbel; Log-Normal II e III; Pearson III; Log-Pearson III (Tucci, 2001; Naghettini & Pinto, 2007), selecionando para cada estação as precipitações máximas em que os dados da série apresentaram aderência ao modelo probabilístico pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, sendo selecionado após o teste de aderência o modelo de distribuição que apresentou menor erro padrão. Todas estas etapas foram realizadas com auxílio do software SisCAH (Sousa *et al.*, 2009). De posse dos valores das séries de precipitação máxima de um dia para cada período de retorno, realizou-se a desagregação da precipitação de um dia em intervalos menores de 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 360, 480, 600, 720 e 1440 minutos utilizando-se os coeficientes do método de desagregação da chuva proposta por CETESB (1979) (Tabela 1).

Intervalo de transformação	Coefficientes
1 dia para 24 h	1,14
1 dia para 12 h	0,85
24 h para 10 h	0,82
24 h para 8 h	0,78
24 h para 6 h	0,72
24 h para 1 h	0,42
1 h para 30 min	0,74
1 h para 25 min	0,91
1 h para 20 min	0,81
1 h para 15 min	0,70
1 h para 10 min	0,54
1 h para 5 min	0,34

Fonte: CETESB (1979).

Após a desagregação das chuvas de um dia em intervalos menores, foram ajustados para cada estação os parâmetros  $K$ ,  $a$ ,  $b$ , e  $c$  das equações de intensidade-duração-frequência (Eq. 1).

$$Im = \frac{(K \cdot TR)^a}{(t + b)^c} \quad (1)$$

em que,

$Im$  – intensidade máxima média de precipitação, mm h<sup>-1</sup>;

$TR$  – período de retorno, anos;

$t$  – duração da precipitação, min; e

$K$ ,  $a$ ,  $b$ , e  $c$  – parâmetros ajustados com base nos dados pluviométricos da localidade.

O ajuste dos parâmetros da equação IDF foi realizado por meio de regressão múltipla não linear, pelo método de interação de Gradação Reduzida Generalizada (GRG) Não Linear (SOLVER, 2010), com avaliação do ajuste realizada pela correlação de Pearson ( $r$ ) ao quadrado ( $r^2$ ) (Eq. 2). Também foi realizada a avaliação do ajuste dos parâmetros pela equação de regressão dos dados observados em relação aos dados estimados, observando neste caso o coeficiente angular da reta.

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x}) \cdot (y - \bar{y})}} \quad (2)$$

em que,

$x$  – valores observados;

$\bar{x}$  – valores médios observados;

$y$  – valores estimados; e

$\bar{y}$  – valores médios estimados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 apresenta os valores das precipitações máximas observadas para cada estação de acordo com o modelo probabilístico em que os dados da série apresentaram maior aderência, pode se observar que a estação 637004 apresentou os maiores valor de precipitação, exceto para o período de retorno de 100 anos.

**Tabela 2** - Valores das chuvas máximas (mm.h<sup>-1</sup>) de um dia para diferentes períodos de retorno

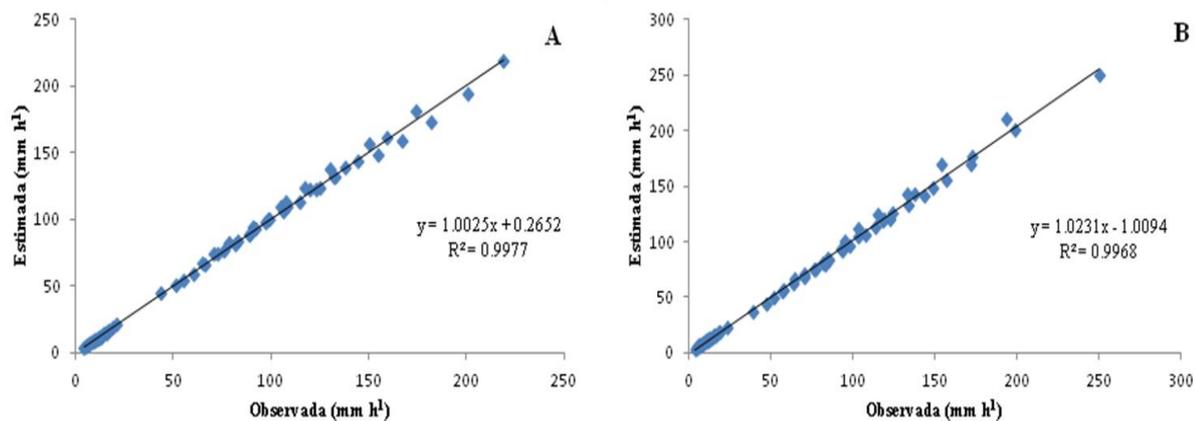
Município	Código	Período de retorno em anos					
		5	10	15	25	50	100
<b>Caicó</b>	637004	91.24	107.05	115.55	125.74	138.92	151.58
<b>Macau</b>	536004	81.98	99.27	108.56	119.68	134.05	173.16

Na Tabela 3 pode-se observar os parâmetros ajustados ( $K$ ,  $a$ ,  $b$  e  $c$ ) das equações de IDF, relativos às duas estações pluviométricas nos municípios analisados, verificando ajustes adequados, com valores  $r^2$  acima de 0,99. Em seu estudo sobre a análise de chuvas intensas por meio da desagregação de precipitações diárias para municípios do estado de Rondônia, Souza, *et. al.*, (2013), observaram que os valores dos parâmetros de ajuste ( $K$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) das equações apresentaram alto grau de correlação com as variáveis relacionadas, ou seja, com a duração e o período de retorno do fenômeno. Estudando sobre chuvas intensas em localidades do estado de Pernambuco, Silva *et. al.* (2012), observaram que os valores dos parâmetros de ajuste ( $K$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) das equações apresentaram alta variabilidade de uma estação para outra, resultado semelhante ao encontrado no presente trabalho. O parâmetro  $K$  apresentou a maior variação e o parâmetro  $c$  menor variação entre as estações. Essa variação pode ser atribuída principalmente a distribuição das chuvas, sendo que nas regiões onde apresentam maiores valores precipitados também apresentam maiores valores do parâmetro  $K$ , tendo o parâmetro  $c$  comportamento inverso ao parâmetro  $K$  (Aragão *et al.*, 2013).

**Tabela 3** - Valores dos parâmetros ( $K$ ,  $a$ ,  $b$  e  $c$ ) da IDF ajustados para de Caicó e Macau.

Município	Código	$K$	$a$	$b$	$c$	$r^2$
<b>Caicó</b>	637004	1003,602	0,169448	13,76299	0,785178	0.9977
<b>Macau</b>	536004	591,9701	0,249602	9,833327	0,745373	0.9968

Observa-se nas figuras 1A e 1B, o ajuste dos valores de intensidades máximas estimados com as equações IDF ajustadas nesse trabalho, bem como os valores obtidos a partir dos dados observados para cada estação, evidenciando o bom ajuste das equações, visto que, ao se comparar os dados estimados com os dados obtidos das séries pluviográficas, observa-se que há uma grande correlação entre esses valores, com  $r^2$  superior a 0,99.



**Figura 1** - Comparação entre os valores de intensidades máximas estimadas (Estimada) com os valores das equações IDF ajustadas nesse trabalho e os valores de intensidades obtidas a partir dos dados observados (Observada) para cada estação: (A) Caicó e (B) Macau.

#### 4. CONCLUSÕES

As equações geradas apresentaram um bom ajuste aos dados observados com valores de  $r^2$  acima de 0,99 para as duas cidades, Caicó e Macau, sugerindo que as equações representam bem as condições climáticas, podendo, serem usadas na simulação de chuvas máximas nesses municípios.

#### BIBLIOGRAFIA

- ANA - Agência Nacional de Águas. **Hidroweb – Sistemas de Informações Hidrológicas**. 2012. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 28 março 2013.
- ARAGÃO, R.; SANTANA, G. R.; COSTA, C. E. F. F.; CRUZ, M. A. S.; FIGUEIREDO, E. E.; SRINIVASAN, V. S. **Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.3, p.243–252, 2013.
- ARAÚJO, L.E.; SOUSA, F.A.S.; RIBEIRO, M.A.F.M.; SANTOS, A.S.; MEDEIROS, P.C. Análise estatística de chuvas intensas na bacia hidrográfica do rio Paraíba. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos v.23, n.2, p.162-169, 2008.
- BACK, A. J. Relações Intensidade-Duração-Frequência de chuvas intensas de Chapecó, Estado de Santa Catarina. Acta Sci. Agron., v. 28, n. 4, p. 575-581, Oct./Dec., 2006.
- CETESB - Companhia De Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Drenagem urbana: manual de projeto**. São Paulo, 1979. 476 p.
- DAMÉ, R. C. F.; TEIXEIRA, C. F. A; TERRA, V. S. S. **Comparação de diferentes metodologias para estimativa de curvas intensidade-duração-frequência para pelotas – RS**. Revista Engenharia Agrícola, v.28, n.2, p.245-255, abr./jun. 2008.
- GENOVEZ, A. M.; ZUFFO, A. C. Chuvas intensas no Estado de São Paulo: Estudos existentes e análise comparativa. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.5, p45-58, 2000.
- MELLO, C.R.; LIMA, J.M.; SILVA, A.M.; MELLO, J.M. & OLIVEIRA, M.S. Krigagem e inverso do quadrado da distância para interpolação dos parâmetros da equação de chuvas intensas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.27, n.5, p.925-933, 2003.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007, 552p.

PRUSKI, F.F.; SILVA, D.D.; TEIXEIRA, A.F.; SILVA, J.M.A.; CECÍLIO, R.A.; SILVA, D.F. **PLÚVIO 1.3: Chuvas intensas para o Brasil**. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola, 31, 2002, Salvador. Anais... Salvador: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2002.

REIS, M. H .; GRIEBELER, N. P.; SARMENTO, P. H. L.; OLIVEIRA, L. F. C.; OLIVEIRA, J. M. **Espacialização de dados de precipitação e avaliação de interpoladores para projetos de drenagem agrícola no estado de Goiás e Distrito Federal**. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 229-236.

SILVA, D. D.; PEREIRA, S. B.; PRUSKI, F. F.; GOMES FILHO, R. R.; LANA, A. M. Q.; BAENA, L. G. **Equações de intensidade-duração-frequência da precipitação pluvial para o estado de Tocantins**. *Engenharia na Agricultura*, v. 11, n. 1, p 7-14, 2003.

SILVA , B. M.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, F. B.; ARAÚJO FILHO, P. F. **Chuvas Intensas em Localidades do Estado de Pernambuco**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* Volume 17 n.3 - 135-147, Jul/Set 2012.

SOUSA, H. T.; PRUSKI, F. F.; BOF, L. H. N.; CECON, P. R.; SOUSA, J. R. C. **SisCAH – Sistema Computacional para Análise Hidrológica**. Versão 1.0. GPRH, 2009.

SOUZA, V.A.S.; NASCIMENTO, R.K.; NUNES, M.L.A.; ROSA, A.L.D. Análise de chuvas intensas por meio da desagregação de precipitações diárias de Jarú e Machadinho d’ Oeste – RO, Brasil. **Revista Verde (Mossoró – RN - Brasil)**, v. 8, n. 1, p. 80-85, jan/mar de 2013

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2. ed. Porto Alegre, RG: UFRGS, 943 p, 2001.