



## XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

### **EQUAÇÕES DE CHUVAS INTENSAS PARA OS MUNICÍPIOS DE AREIA BRANCA E CEARÁ-MIRIM- RN**

*KAÍSE BARBOSA DE SOUZA<sup>11</sup>; KARLA NAYARA SANTOS DE ALMEIDA<sup>2</sup>; JOÃO BATISTA LOPES DA SILVA<sup>3</sup>; TEMÍSTOCLES PACHECO LIMA<sup>4</sup>; LUANNA CHÁCARA PIRE<sup>5</sup>*

**RESUMO** – A caracterização da variabilidade temporal das chuvas intensas ao longo de sua duração, é imprescindível na elaboração de projetos agrícolas e no desenvolvimento de obras hidráulicas. Dessa forma, objetivou-se com este trabalho determinar os parâmetros das equações IDF para as cidades de Areia Branca e Ceará-Mirim, ambos no estado do Rio Grande do Norte. Para a realização deste trabalho foram utilizados dados das estações pluviométricas disponíveis no banco de dados da Agência Nacional de Águas. 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. Em seguida realizou-se a desagregação da precipitação de um dia em intervalos menores. Após isto foram determinadas 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 com valores de  $r^2$  acima de 0,99 para as duas cidades.

**ABSTRACT**– The characterization of the temporal variability of heavy rainfall along its length is essential in the development of agricultural projects and the development of hydraulic works. The aim's work was determined the parameters of the IDF equations for Areia Branca and Ceará-Mirim countries, Brazil. It was used data from rainfall stations available in the database of the National Water Agency of Brazil (Ana) to carry out this work. For each station was obtained the maximum rainfall series of a day for the following return periods (TR): 5, 10, 15, 25, 50 and 100 years, the probability distributions Gumbel, Pearson III, Log-Pearson III, Log-Normal II and III. Followed

1)Eng. Florestal, Mestranda em Engenharia Agrônômica: Solos e Nutrição de Plantas - UFPI, campus Bom Jesus/PI, (89)9997-2630, kaisesouza172@yahoo.com.br

2)Eng. Florestal, Mestranda em Engenharia Agrônômica: Solos e Nutrição de Plantas - UFPI, campus Bom Jesus/PI, (89) 9978-7628, karlanayara02@yahoo.com.br

3) Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia Florestal, UFPI/ campus Bom Jesus/PI, (89) 9914-6884, silvajbl@yahoo.com.br

4)Graduando em Engenharia Florestal, UFPI, Campus Bom Jesus,(89) 9972-9894, temistoclespacheco@hotmail.com

5)Zootecnista, Prof. Doutora ,Departamento de Engenharia Agrônômica, UFPI/ campus Bom Jesus/PI, (89) 9915-9062, lualu66@yahoo.com.br

took place in the disaggregation of rainfall a day in smaller intervals. After that were determined for each station the parameters K, a, b, and c of the intensity-duration-frequency by nonlinear multiple regression equation by iteration method of Generalized Reduced Gradient nonlinear. The generated equations showed a good fit to the data with  $r^2$  values above 0.99 for the two countries.

**Palavras-Chave** – Equação IDF, estações pluviométrica, período de retorno.

## 1 - INTRODUÇÃO

O conhecimento das características da chuva permite a projetar de forma mais segura de estruturas de conservação do solo (terraços, curvas de nível) e de práticas agrícolas que mantenham a sua cobertura, na qual se destacam as barragens, canais escoadouros e obras de drenagem (BAZZANO et al., 2007).

As precipitações intensas são aquelas que em um pequeno espaço de tempo apresentam uma grande lâmina precipitada (SILVA et al., 2003). Essas chuvas intensas, conhecidas também como chuvas extremas, são capazes de provocar grandes prejuízos tanto em áreas urbanas como em áreas rurais. Segundo Araújo et al., (2008) essas chuvas possuem distribuição irregular, tanto espacial, quanto temporal.

A previsão de chuvas máximas é obtida a partir da análise das observações das precipitações intensas durante um período de tempo suficientemente longo e representativo dos eventos extremos (TUCCI, 2004).

Para a caracterização das precipitações é necessário o conhecimento de três grandezas: a intensidade, a duração e a frequência. Essa relação é denominada de curvas Intensidade-Duração-Frequência (IDF) (Damé et al., 2008) ou equação de chuvas intensas, sendo esta a principal forma de caracterizar a relação dessas grandezas (PRUSKI et al., 2006).

As equações empíricas (IDF) são derivadas a partir de dados pluviométricos em cada estação são validas somente para o local da estação do qual os dados pluviométricos foram obtidos.

Percebe-se então que o estudo e conhecimento dos parâmetros hidrológicos são importantes para a elaboração de projetos e relatórios ambientais, pois são estes parâmetros que auxiliam no diagnóstico do meio físico e prestam subsídio para medidas mitigadoras, no caso de impactos ambientais (BATISTELA et al., 2008).

Diante do exposto, neste trabalho objetivou-se a determinação dos parâmetros das equações IDF para as cidades de Areia Branca e Ceará-Mirim, ambas no estado do Rio Grande do Norte.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foram utilizados dados coletados por duas estações pluviométricas localizadas nos municípios de Areia Branca e Ceará-Mirim, 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 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 e Pinto, 2007), sendo que para cada estação foram selecionadas as precipitações máximas em que os dados da série apresentaram maior aderência ao modelo probabilístico, isto é, considerando 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 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).

TABELA 1. Coeficientes de desagregação da precipitação para intervalos de tempos menores de um dia

Intervalo de transformação	Coeficientes
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,  $\text{mm h}^{-1}$ ;

$TR$  – 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 00535027, do município de Ceará-Mirim apresentou os maiores valores de precipitação, exceto para os períodos de retorno em 5 e 10 anos, estimado em 84,89 e 95,67  $\text{mm h}^{-1}$  respectivamente.

TABELA 2. Valores das chuvas máximas ( $\text{mm h}^{-1}$ ) de um dia para diferentes períodos de retorno

Município	Código	Período de retorno em anos					
		5	10	15	25	50	100
Areia Branca	00437012	84,89	107,04	128,03	143,76	164,85	185,78

Ceará-Mirim	00535027	95,67	109,07	116,24	124,81	139,75	152,59
-------------	----------	-------	--------	--------	--------	--------	--------

Observou-se que os parâmetros ( $K$ ,  $a$ ,  $b$  e  $c$ ) da equação IDF apresentaram bons ajustes com  $r^2$  superior a 0,99 (Tabela 3). Todos os parâmetros da IDF apresentaram variação de uma estação para outra, resultados estes que se assemelham aos encontrados por Aragão et. al (2013). Silva et al. (2002) também constatou variação nos valores dos parâmetros de ajuste ( $k$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ) onde o valores de  $r^2$  foram superiores a 0,99.

O parâmetro  $K$  apresentou a maior variação, enquanto que o parâmetro  $a$  apresentou a menor variação entre as estações. Essa variação pode ser justificada, devido principalmente a distribuição das chuvas, sendo que nas regiões onde apresentam maiores valores precipitados estas também apresentam maiores valores do parâmetro  $k$ , tendo o parâmetro  $a$  comportamento inverso ao parâmetro  $k$  (Aragão et al. 2013).

TABELA 3. Valores dos parâmetros ( $k$ ,  $a$ ,  $b$  e  $c$ ) da IDF ajustados para Areia Branca e Ceará-Mirim

Município	Código	$k$	$a$	$b$	$c$	$r^2$
Areia Branca	00437012	1057,141	0,2614	17,8914	0,8222	0,9907
Ceará-Mirim	00535027	928,566	0,1489	11,2938	0,7607	0,9996

Nas figuras 1A e 1B, pode ser observado o ajuste dos valores de intensidades máximas estimados com as equações IDF ajustadas nesse trabalho e os valores obtidos a partir dos dados observados para cada estação. Os resultados evidenciam o bom ajuste das equações, tendo em vista que quando se comparou os dados estimados com os dados obtidos das series pluviográficas, observa-se que há uma grande correlação entre esses valores, com  $r^2$  superior a 0,99.

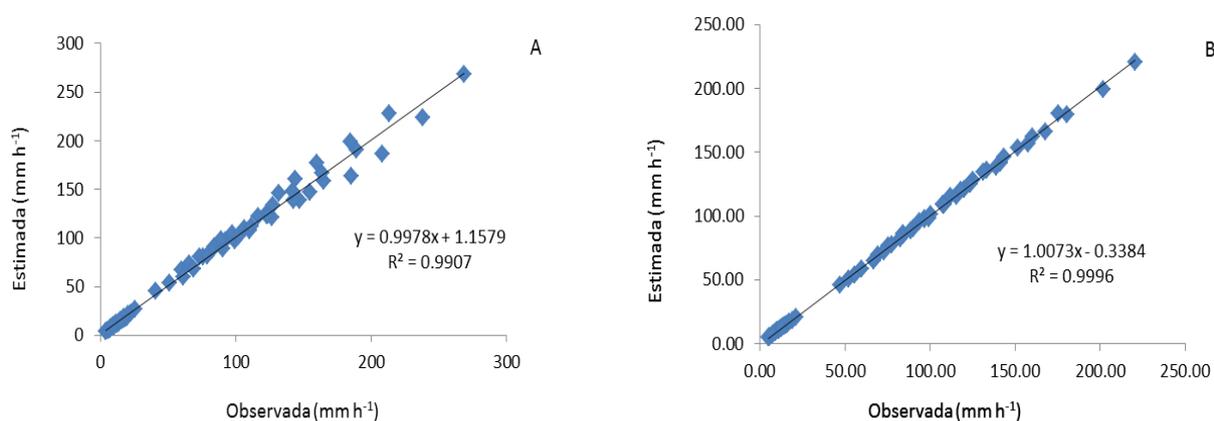


FIGURA 1. Comparação entre os valores de intensidades máximas estimadas (Estimada) com os valores das equações IDF ajustadas nesse trabalho e os valores de intensidades obtidas a partir dos dados observados (Observada) para cada estação: (A) Areia Branca; e (B), Ceará-Mirim.

#### 4 – CONCLUSÕES

As equações IDF geradas apresentaram um bom ajuste aos dados observados com valores de  $r^2$  acima de 0,99 para as duas cidades, Areia Branca e Ceará-Mirim.

Todos os parâmetros analisados apresentaram variação de uma estação para outra evidenciando a necessidade da determinação desses parâmetros para cada estação

#### 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.

BATISTELA, T. S.; PECCININI, A. A.; HERRMANN, C. R. A.; SÁ, J. A. G.; CUNHA, M. A. C.; FERREIRA, N. C.; NAZARENO, N. R. X.; OLIVEIRA, R. M.; VEIGA, R. M. **Transferência de tecnologia: mapeamento dos vazios urbanos, carta de risco e zoneamento ecológico-econômico**. Prefeitura Municipal de Goiânia. 2008.

BAZZANO, M. G. P.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. **Erosividade, Coeficiente de chuva, Padrões e períodos de retorno das chuvas de Quaraí, RS**. R. Bras. Ci. Solo, 31: 1205-1217, 2007.

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.

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

PRUSKI, F. F.; SILVA, D. D.; TEIXEIRA, A. de F.; CECÍLIO, R. A.; SILVA, J. M.A. da; RIEBELER, N. P. **Hidros: dimensionamento de sistemas hidroagrícolas**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 259 p.

SILVA, D. D.; GOMES FILHO, R. R.; PRUSKI, F. F.; PEREIRA, S. B.; NOVAES, L. F. Chuvas intensas no Estado da Bahia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p.362-367, 2002.

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.

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

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