

## **ANALISE DA INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA PARA DETERMINAÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVA DA CIDADE DE SOUSA/PB**

Lílian de Queiroz Firmino<sup>1</sup>;  
Shieenia Kadydja de Sousa Pereira<sup>2</sup>; Ana Cecília Novaes de Sá<sup>3</sup>;  
Alice Pedrosa Correia<sup>4</sup>; Francisco Wesley Alves Pinheiro<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Graduanda em Engenharia Ambiental, UFCG/CCTA/POMBAL-PB, E-mail: nailil\_2008@hotmail.com

<sup>2</sup>Graduanda em Engenharia Ambiental, UFCG/CCTA/POMBAL-PB, E-mail: kadydjashienia@gmail.com

<sup>3</sup>Graduanda em Engenharia Ambiental, UFCG/CCTA/POMBAL-PB, E-mail: ananovaes1@gmail.com

<sup>4</sup>Graduanda em Engenharia Ambiental, UFCG/CCTA/POMBAL-PB, E-mail:alicepedrosac@gmail.com

<sup>5</sup>Mestrando de Engenharia Agrícola, UFCG/COPEAG/Campina Grande-PB, E-mail: Wesley.ce@hotmail.com

### **INTRODUÇÃO**

Dentre os elementos meteorológicos, o regime pluviométrico é o que exerce maior influência sobre as condições ambientais. Além do efeito direto sobre o balanço hídrico, esse processo influencia indiretamente em outras variáveis, tais como temperatura do ar e do solo, umidade relativa do ar e radiação solar, que, no conjunto, atuam como fatores básicos para o crescimento e desenvolvimento das plantas (SANTOS, 2005).

O conhecimento da magnitude das chuvas intensas é de fundamental importância para a elaboração de projetos hidráulicos, como dimensionamento de sistemas de drenagem, galerias pluviais, bueiros, barragens, entre outros. Para isso é necessário se levar em consideração a frequência das enxurradas e intensidade das chuvas máximas (CARVALHO e SILVA, 2006).

A ocorrência de chuva tem sido bastante estudada em diferentes regiões, por sua grande importância no ciclo hidrológico e manutenção da vida no planeta. As secas são um grande problema para a sociedade e levando em consideração esse problema, diferentes metodologias têm sido utilizadas para analisar a variabilidade da precipitação pluvial (SILVA *et al.* 2005).

Em estudos hidrológicos os eventos de chuva podem ser expressos mediante emprego de equações e/ou curvas de intensidade-duração-frequência (IDF). O método Gumbel-Chow, apresentado por Chow (1964) é um dos mais utilizados para análises de eventos extremos de chuvas diárias anuais, devido a facilidade de seu ajuste e sua validade para períodos de retornos até 100 anos, como os empregados em drenagem urbana e de estradas (KOBBERG e EGGERS, 1973).

Ante o exposto, este trabalho tem por objetivo determinar a relação intensidade-duração-frequência da precipitação máxima diária da série histórica de chuvas máximas, compreendendo 77 anos de extensão para o município de Sousa/PB, bem como a obtenção da equação de chuvas intensas a partir desta mesma série.

## METODOLOGIA

A área de estudo está localizada na cidade de Sousa - PB situada na região semiárida do Nordeste brasileiro, no Estado da Paraíba (Figura 1). Encontra-se situada nas coordenadas 6°46'4"S e 38° 12' 36" W com 220 metros de altitude. Sua população é estimada em 69.554 habitantes, no ano de 2017, que ocupa uma área de 738,5 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

Trabalhando com dados diários de chuva do município de Sousa – PB contendo 101 anos (1914-2015), obtidos no banco de dados da HidroWeb/ANA (Agência Nacional de Águas) e AESA (Agência Executiva de Gestão de Águas do Estado da Paraíba). A partir de então foi feita a análise da consistência da série histórica para a retirada dos anos que apresentaram falhas quanto aos valores de precipitação, resultando em uma nova série com 77 anos de extensão.

Para as séries de intensidades de chuva, com diferentes durações e períodos de retornos, obtidas pelo processo de desagregação de chuvas máximas diárias, proveniente do ajuste da distribuição de Probabilidade Gumbel, foram obtidos os parâmetros  $K$ ,  $m$ ,  $t_0$  e  $n$  da equação intensidade, duração e frequência (Equação 1) por meio de regressão linear.

$$I = \frac{K(TR)^m}{(D + t_0)^n} \quad (1)$$

Onde:  $I$  – intensidade máxima média de precipitação, mm h<sup>-1</sup>;  $TR$  – período de retorno, anos;  $D$  – duração da precipitação, min.;  $K$ ,  $m$ ,  $t_0$  e  $n$  – parâmetros ajustados com base nos dados de intensidade de chuva, desagregados dos dados máximos diários anuais pluviométricos da localidade.

Realizou-se o ajuste da distribuição de probabilidade Gumbel a referida série de máximos, através das seguintes equações:

$$P(X \geq x) = 1 - e^{-e^{-y}} \quad (2)$$

Sendo a probabilidade  $P(X \geq x)$  de um valor extremo qualquer  $X$  da série ser maior ou igual a  $x$ , ou seja,  $P = [1 - F(x)]$ , e  $y$  é a variável reduzida ou variável Gumbel, expressa como:

$$y = (x - x_f) \frac{\sigma_n}{\sigma_x} \quad (3) \quad \text{em que} \quad x_f = \bar{x} - \sigma_x \frac{\bar{y}_n}{\sigma_n} \quad (4)$$

Sendo:  $\sigma_n$  o desvio padrão da variável reduzida  $y$ ;  $\sigma_x$  o desvio padrão da variável  $X$  e  $x_f$  a moda dos valores extremos  $X$ ;  $\bar{x}$  a média aritmética da variável  $X$  e  $\bar{y}_n$  a média aritmética da variável reduzida  $y$ . Considerando que  $\bar{y}_n = 0,57$  e  $\sigma_n = 1,28$  quando  $n = \infty$  e combinando as equações 3 e 4, obtém-se:

$$y = \frac{x - \bar{x} + 0,45\sigma_x}{0,7797\sigma_x} \quad (5)$$

Aplicou-se o processo de desagregação de chuva utilizando os coeficientes de desagregação propostos pela Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (1986). Tais procedimentos possibilitaram a obtenção de valores de chuva para as durações de 5, 10, 15, 20, 30, 60, 360, 480, 600, 720 e 1440 min, resultando nos valores de intensidade de chuva, em mm/h, para os respectivos valores de duração da chuva.

A partir da equação 2, considerando que o período de retorno  $TR=1/P(X \geq x)$  tem-se que  $y = -\ln(-\ln(T + 1/T))$ . Aplicando a Equação de Vem Te Chow  $X_T = \bar{x} + k_T y$ , em que  $k_T = 0,7797y - 0,45$  obtiveram-se os valores de chuva para os valores de período de retorno 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 75 e 100 anos.

Os valores de intensidade de chuva para as durações de 5 a 1440 mm e períodos de retornos citados foram utilizados para a confecção das curvas i-d-f, que são representadas por uma equação matemática de chuvas intensas do tipo:

$$I = \frac{C}{(t + t_0)^n} \quad (6)$$

Em que:  $C = K(TR)^m$ ;  $K$ ,  $m$ ,  $n$  e  $t_0$  são parâmetros empíricos da equação;  $I$  a intensidade de chuva, em mm/h;  $TR$  o período de retorno, em anos; e  $t$  a duração da chuva em min. Com a transformação logarítmica da equação 6 resulta em:

$$\text{Log } I = \text{log } C - n \text{log}(t + t_0) \quad (7)$$

A qual é semelhante à equação linear  $y=A - B x$ , em que  $y= \log (I)$  e  $x=\log(t+t_0)$ . A aplicação de logarítmicos aos dados de intensidade de chuva  $I$  e aos valores de tempo  $(t + t_0)$  resultou em relações lineares entre as duas variáveis transformadas, que aplicando ajustes de regressão lineares através do método de ajuste dos mínimos quadrados obtiveram-se equações lineares para os diferentes valores de períodos de retornos, estimando-se os parâmetros  $n$  e  $t_0$  da equação 6.

A transformação logaritmica da relação  $C = K(TR)^m$  resultou na equação linear  $\log C = \log K + m \log TR$ , em que o  $\log C$  é o coeficiente linear da equação 7. O ajuste da equação linear aos dados transformados  $\log TR$  versus  $\log C$ , usando o método dos mínimos quadrados permitiu a obtenção dos parâmetros  $m$  e  $K$  da equação 1 de chuvas intensas.

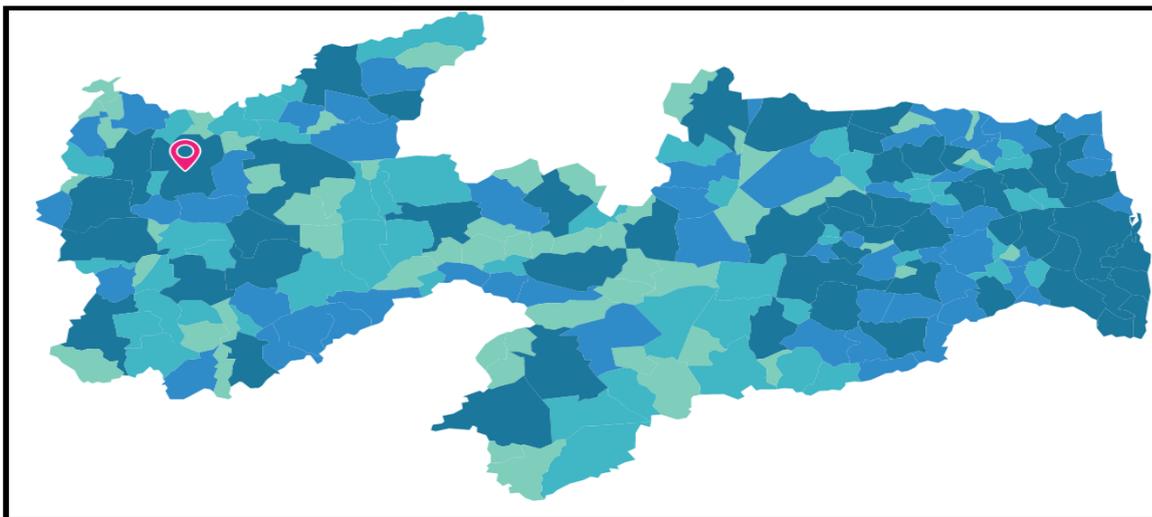
A avaliação do ajuste dos parâmetros da equação IDF foi realizada pelo coeficiente de determinação  $R^2$ , obtida pelo quadrado do valor de  $r$  fornecido pela equação 8.

$$r = \frac{\sum (X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})}} \quad (8)$$

Onde:  $X$  – valores observados;  $\bar{X}$  - valores médios observados;  $Y$  – valores estimados;  $\bar{Y}$  - valores médios estimados.

Todas as etapas deste trabalho foram desenvolvidas empregando-se planilhas eletrônicas Excel<sup>®</sup>

**Figura 1: Localização da área de estudo**

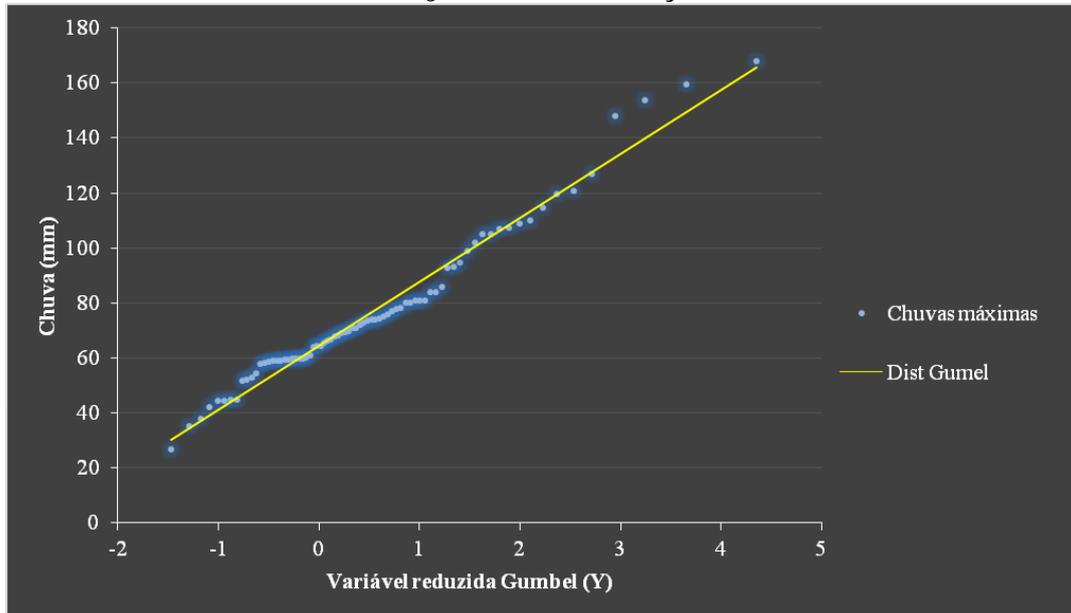


Fonte: IBGE (2010)

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ajuste da distribuição Gumbel para a serie histórica de chuvas máximas para o município de Sousa/PB, Gráfico 1.

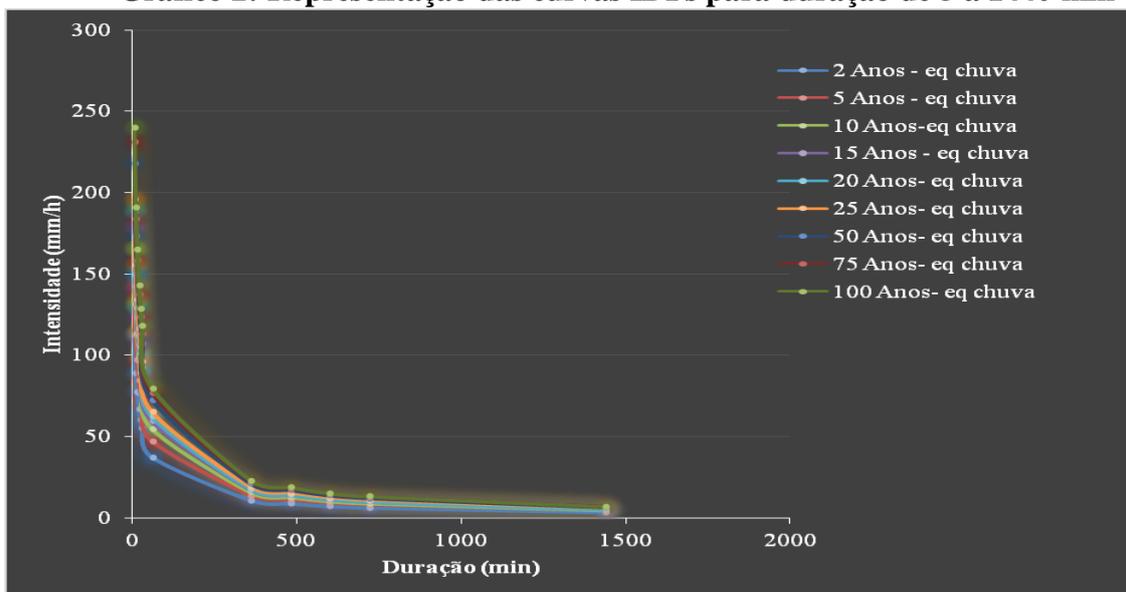
**Gráfico 1: Ajuste da distribuição Gumbel**



Fonte: Autoria própria, (2017)

A partir dos valores da precipitação máxima de Gumbel, foi possível determinar a chuva máxima desagregando-os para a duração de 5 a 1440 minutos para cada período de retorno considerando 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 75, 100 anos, conseqüentemente suas respectivas intensidades como pode ser evidenciado no Gráfico 2.

**Gráfico 2: Representação das curvas IDF's para duração de 5 a 1440 min**



Fonte: Autoria própria, (2017)

Com a regressão linear empregada, adquiriu-se  $n$  e  $t_0$  com o valor de 0,7514 e 9, respectivamente, com coeficiente de determinação  $R^2 = 0,9982$ . Para  $m$  e  $K$  obteve-se 0,0842 e 17,9327, respectivamente, com  $R^2 = 0,9856$ .

Obtendo-se o ajuste dos parâmetros bem como seus valores foi possível expressar a equação de chuvas intensas para o município de Sousa/PB a partir da série histórica analisada da cidade já mencionada.

$$I = \frac{(17,9327T^{0,0841})}{(D+9)^{0,7514}}$$

## CONCLUSÃO

Tendo obtido a equação de chuva para a cidade de Sousa/PB, observando que o método de Gumbel ajustou-se perfeitamente à série escolhida com 77 anos, fica evidente a importância deste estudo bem como sua contribuição para o planejamento urbano, podendo ser visto como uma ferramenta na elaboração de projetos hidrológicos como, por exemplo, vertedores de barragens, sistemas de drenagem, galerias pluviais, dimensionamento de bueiros, conservação de solos, etc.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AESA, **Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/>>. Acesso em: março de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Acesso: 03 de julho, 2017.

CARVALHO, D. F. e SILVA, L. D. B. **Capítulo 4. Precipitação**. Hidrologia. P. 33 – 55. Agosto de 2006.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://cod.ibge.gov.br/el8>>. Acesso em: 22 Ago. 2017.

KOBERG, D.; EGGERS, H. **Some aspect for the selection of an adequate probability distribution for flood analysis**. International Symp. *River Mech. Proc. IAHR*. Bangkok, v.2, p. 229-239, 1973.

SANTOS, J. W. M. C. **Ritmo Climático e Sustentabilidade sócio-ambiental da agricultura comercial da soja no Sudeste de Mato Grosso**. Revista do Departamento de Geografia (USP), v. 1, n. esp., p. 1-20, 2005.

SILVA, V.P.R.; BELO FILHO, A.F.; SILVA, B.B.; CAMPOS, J.H.B.C. Desenvolvimento de um sistema de estimativa da evapotranspiração de referência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.4, p.547-553, 2005.