

# ESTUDO DA PRECIPITAÇÃO MÁXIMA DIÁRIA PARA BLUMENAU-SC E O EVENTO DE NOVEMBRO DE 2008

*Ademar Cordero<sup>1</sup>, Dirceu Luis Severo<sup>2</sup>; Hélio dos Santos Silva<sup>3</sup>; Mário Tachini<sup>4</sup> & Péricles Alves Medeiros<sup>5</sup>*

**RESUMO** --- O presente trabalho apresenta um estudo estatístico das precipitações máximas diárias para Blumenau (SC), com enfoque maior na análise da precipitação registrada no evento extremo ocorrido em novembro de 2008, uma vez que esta superou em muito toda a série histórica existente. A análise compreendeu a série de dados diários de precipitações acumuladas de 24 em 24 horas correspondente ao período de 1944 a 2008. A máxima precipitação diária para esse período, excluindo o evento de 2008 foi de 159,5mm. Nesse evento foi registrada uma precipitação diária de 250,9mm e em 48 horas foi registrada uma precipitação acumulada de 494,4 mm. A análise da série de precipitações máximas diárias pelo método de Gumbel, mostrou um período de retorno de cerca de 1000 anos.

**ABSTRACT**- The present paper presents a statistical study of the maximum daily rains for Blumenau-SC. The main point is the analysis of the recorded precipitations in the extreme event happened in November, 2008, since it has far away overcame the existing rains time serie. The study comprehends rains data collection from 1944 to 2008. The maximum daily precipitation of this period, excluding the 2008 rain, has reached 159,5 mm. During the 2008 extreme event, a 250,9 mm daily precipitation has been registered and, in 48 hours, the accumulated value reached 494,4 mm. The present rain analysis, by the Gumbel method, showed a recurrence time of about 1000 years.

Palavras-chave: Precipitações máximas diárias, distribuição de Gumbel.

---

<sup>1</sup> Professor do Departamento de Engenharia Civil da FURB, Rua Antonio da Veiga, 140 89012-900 Blumenau. E-mail [cordero@furb.br](mailto:cordero@furb.br)

<sup>2</sup> Professor do Departamento de Física da FURB, Rua Antonio da Veiga, 140 89012-900 Blumenau. E-mail [severo@furb.br](mailto:severo@furb.br)

<sup>3</sup> Professor do Departamento de Física da FURB, Rua Antonio da Veiga, 140 89012-900 Blumenau. E-mail [heliosil@furb.br](mailto:heliosil@furb.br)

<sup>4</sup> Professor do Departamento de Engenharia Civil da FURB, Doutorando da UFSC, PPGEA. E-mail [mtachini@furb.br](mailto:mtachini@furb.br)

<sup>5</sup> Professor do Departamento de Engenharia Sanitária da UFSC, Campus Trindade, 88040-900 Florianópolis. E-mail [pericles@ens.ufsc.br](mailto:pericles@ens.ufsc.br)

## 1 INTRODUÇÃO

O conhecimento das precipitações máximas é de grande importância na elaboração de projetos em engenharia hidráulica e de projetos agrícolas. De acordo com Tucci (1993) a precipitação máxima é entendida como a ocorrência extrema, com duração, distribuição temporal e espacial críticas para uma área ou bacia hidrográfica. Esta pode atuar sobre a erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, obras hidráulicas, entre outros, dependente das características topográficas, pedológicas, cobertura vegetal e uso do solo.

A precipitação máxima provável (PMP) é definida como a maior coluna pluviométrica correspondente a uma duração fisicamente possível de ocorrer sobre uma determinada área em uma dada época do ano. O fato dos projetos hidráulicos, em geral, serem concebidos considerando o custo mínimo, associado a um risco admissível de falha, requer a previsão de grandezas hidrológicas de grande magnitude, tais como vazões ou precipitações máximas que podem vir a ocorrer em certa localidade.

Vieira *et al.*, (1991) descrevem que a partir do conhecimento da PMP pode-se amenizar problemas como: erosão do solo, inundações em áreas rurais e urbanas, queda de produção agrícola, prejuízos em projetos de obras hidráulicas, danos em estradas, danos em sistemas de drenagem, dentre outros.

Dados de PMP mensal na região de Lavras - MG, mostraram um bom ajuste à distribuição de Gumbel em períodos de um ano e um mês, exceto para o mês de julho, e em períodos de 10 e 15 dias houve ajustamento do modelo somente na estação chuvosa (Gomes *et al.*, 1989).

Em estudo pioneiro sobre chuvas intensas no Brasil, Pfafstetter (1957) utilizou séries de precipitação máxima para 98 estações distribuídas em diversas regiões do país e construiu curvas de intensidade-duração-freqüência, utilizando a distribuição de valores extremos do tipo I (Gumbel).

Obras de engenharia hidráulica geralmente são projetadas com parâmetros hidrológicos, que por sua vez, são gerados sob cálculos estimados, resultando numa incerteza do projetista. Como os projetos são feitos para o futuro, as suas demandas, seus benefícios e custos são todos conhecidos até certo limite, e erros na estimativa de valores hidrológicos podem acarretar prejuízos econômicos e ambientais (Nerilo *et al.*, 2002).

Desta forma, os projetos são normalmente elaborados mediante a admissão de certo risco calculado, derivado de métodos de estimativas de probabilidade relativa aos parâmetros hidrológicos.

Nerilo *et al.*, (2002) utilizaram a distribuição de Gumbel para determinar as chuvas intensas para diversos postos pluviométricos no estado de Santa Catarina.

Vários outros autores têm utilizado a distribuição de Gumbel em estudos de precipitações máximas, seja para determinar a PMP ou o período de recorrência de chuvas máximas ou ainda as curvas intensidade-duração-freqüência.

Para o dimensionamento de projetos de obras hidráulicas, as vazões devem reproduzir condições críticas possíveis de ocorrer com um determinado risco. Estas condições são identificadas dentro das mais desfavoráveis. Deve-se definir o risco de um projeto de acordo com seus objetivos e, dentro destas condições de risco, explorar as situações mais desfavoráveis. Por exemplo, no dimensionamento da microdrenagem urbana o período de retorno que tem sido adotado é de 2 a 10 anos, pois aceita-se que as ruas poderão ser inundadas com uma referida freqüência. Já para o dimensionamento da macrodrenagem o período de retorno que tem sido adotado fica entre de 50 a 500 anos.

No presente estudo foi realizada uma análise estatística das precipitações máximas diárias para a cidade de Blumenau (SC), com enfoque na precipitação máxima diária ocorrida no evento de novembro de 2008.

## 2 DADOS E METODOLOGIA

Neste estudo foram utilizados os dados de precipitação diária da estação pluviométrica de Blumenau, dados estes cedidos pela ANA (Agência Nacional de Águas). A série histórica possui registros diários desde 1944.

A partir da série histórica foram escolhidos somente os valores máximos diários de cada ano sendo que, ao todo, foram selecionados 65 dados para compor a série histórica das precipitações máximas diárias. A série histórica utilizada neste estudo é apresentada em forma gráfica na figura 2.

A determinação do período de retorno é uma maneira de estimar, a partir de dados observados, a previsão de futuras ocorrências de certo evento. Pode ser definido como o tempo médio decorrido entre as ocorrências de um evento que exceda ou iguale certa magnitude.

Desta forma, as maiores precipitações de ordem “m”, em uma série de dados que iguale ou supere “m” vezes no período de observação de N anos ou número de observação tem uma estimativa do seu período de retorno (T) de acordo com a seguinte expressão:

$$T = \frac{N+1}{m} \quad (1)$$

A relação entre a probabilidade de ocorrer o evento “X”, P(X) e o período de retorno (T) é tal que:

$$T = \frac{1}{P(X \geq x)} \quad (2)$$

ou seja, o período de retorno é o inverso da probabilidade de ocorrer um evento “X” com a magnitude igual ou maior que um certo  $x$ .

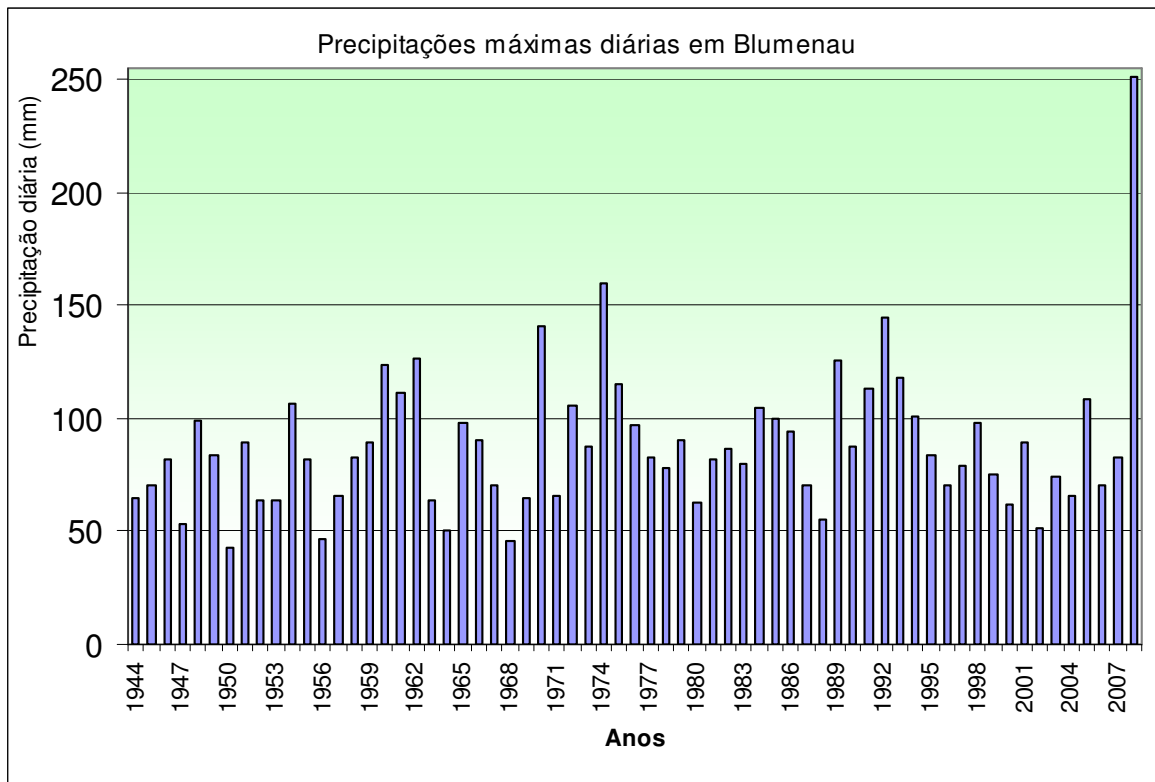


Figura 2 - Série das precipitações máximas diárias registradas em Blumenau.

Com base na teoria dos extremos de amostras ocasionais, Gumbel demonstrou que, se o número de precipitações máximas anuais tende para o infinito, a probabilidade  $P_i$  de qualquer uma das máximas ser maior ou igual do que um certo  $X_i$  é dada pela equação:

$$P_i = 1 - e^{-e^{-y_i}} \quad (3)$$

onde:

$y_i$  é a variável reduzida, dada por  $y_i = a(X_i - X_f)$

onde:

$a$  é um parâmetro,

$X_i$  é um certo valor da variável aleatória  $X$  (precipitações máximas anuais),

$X_f = \mu - 0,450 \sigma$  para  $n \rightarrow \infty$  ( $\mu$  é a média do universo e  $\sigma$  o desvio padrão do universo).

Na prática, não se tem um número suficiente de dados para se considerar  $n \rightarrow \infty$ . Gumbel calculou os parâmetros  $X_f$  e “ $a$ ” pelas seguintes expressões:

$$X_f = \bar{X} - S_x \left( \frac{\bar{y}_n}{S_n} \right) \quad (5)$$

$$a = \frac{S_n}{S_x} \quad (6)$$

onde:

$\bar{X}$  é a média da variável  $X$  (precipitações máximas),

$\bar{y}_n$  e  $S_n$  a média e o desvio padrão da variável reduzida (valores tabelados em função do número de dados),

$S_x$  é o desvio padrão da variável  $X$ .

Outra facilidade que se pode usar para aplicar esse método é o papel de Gumbel. Nesse papel, as ordenadas são os valores da variável ( $X$ ) (aqui as precipitações) em escala aritmética; as abcissas são as variáveis reduzidas ( $y$ ) em escala aritmética. Paralelamente às abcissas, na parte superior do papel, e em correspondência a cada valor da variável reduzida ( $y$ ), podem ser plotados os valores dos períodos de retornos ( $T$ ), de acordo com a seguinte expressão (Villela e Mattos, 1975):

$$T = \frac{1}{1 - e^{-e^{-y}}} \quad (7)$$

Com os dados de  $X$  (precipitações) calculam-se os valores de  $y$  e  $T$  e plotam-se no papel de Gumbel.

A posição de plotagem utilizada na verificação do ajuste dos valores da amostra para a distribuição de Gumbel é a seguinte:

$$T = \frac{N+1}{m} \quad (8)$$

onde:

$T$  é o período de retorno, em anos

$m$  é a “posição” das vazões (ordem decrescente),

$N$  é o tamanho da amostra.

### 3 EVENTO DE NOVEMBRO DE 2008

O município de Blumenau (SC) sofreu no mês de novembro de 2008, uma das maiores catástrofes naturais já registradas em toda sua história. Esta catástrofe foi o resultado de uma soma de diversos fatores sendo a principal causadora a enorme quantidade de precipitação registrada em curto espaço de tempo. Inicialmente devido a alta intensidade de chuva, ocorreu uma enxurrada alagando diversos pontos da cidade, após veio a enchente do rio Itajaí-Açu, que atingiu um nível máximo de 11,52m, e concomitantemente ocorreram muitos deslizamentos de terra em diversos pontos do município de Blumenau. É interessante observar que as chuvas que ocasionaram esta

enchente em Blumenau, ocorreram na bacia hidrográfica do rio Benedito e na região de Blumenau, diferente da maioria das outras enchentes, onde as precipitações maiores ocorrem principalmente nas cabeceiras da bacia, localizadas no alto Vale do Itajaí.

Neste evento, a pluviosidade máxima registrada em um dia foi 250,9mm, em dois dias foi de 494,40mm e a soma do mês de novembro foi de 1001,7mm. Nunca tinha sido registrada uma pluviosidade dessa magnitude em Blumenau, nos 65 anos de registros existentes, tanto em intensidade de um dia, de dois dias seguidos como na soma mensal. Estas precipitações tão elevadas e com o agravante que o solo já estar quase saturado, pois no mês outubro em Blumenau tinha chovido 359,8mm, bem acima da média, levaram a ocorrência de centenas de escorregamentos levando junto muitas casas e em muitas delas os residentes perderam também suas vidas.

#### 4 RESULTADOS

O método de Gumbel foi aplicado com o auxílio de uma planilha eletrônica. Os resultados são mostrados na figura 3 onde no eixo das abscissas encontra-se a variável reduzida e no eixo das ordenadas as precipitações máximas diárias.

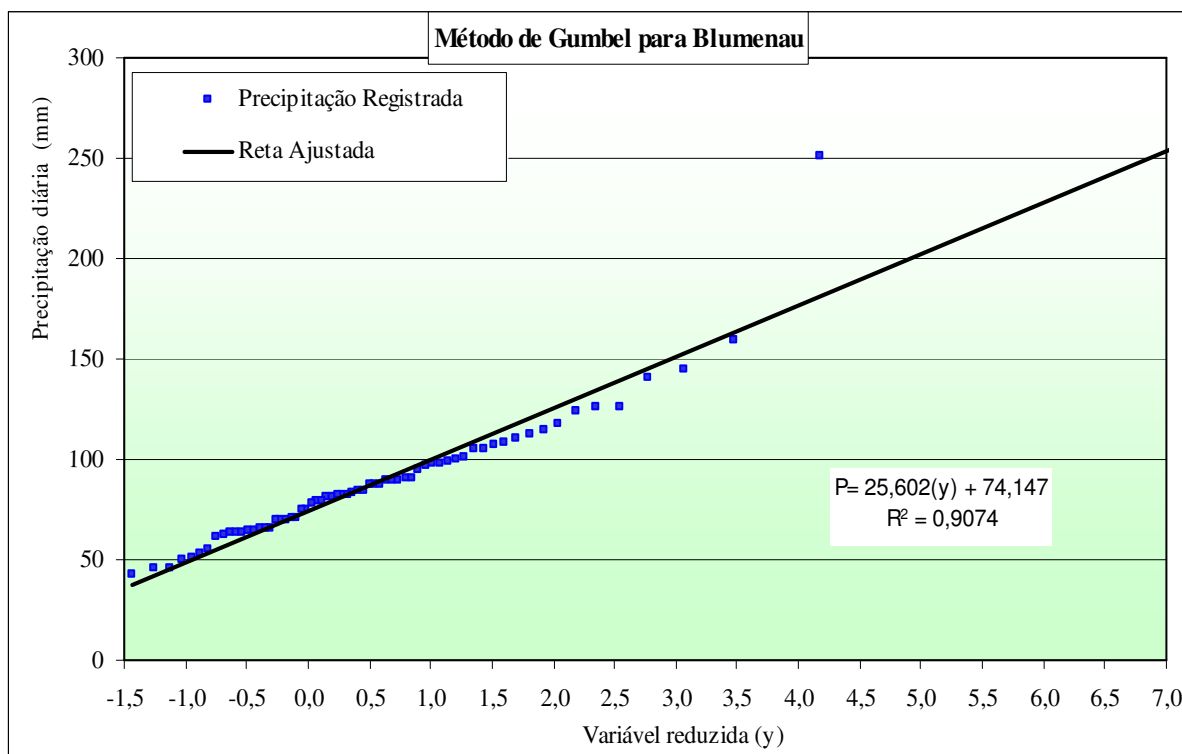


Figura 3 - Precipitações máximas para Blumenau e ajuste da reta pelo método de Gumbel.

Na tabela 1 é apresentada as precipitações máximas para diversos períodos de retorno, extraídas da equação encontrada, através da aplicação do método de Gumbel, a qual é apresentada na figura 3.

Tabela 1 – Precipitações Máximas e períodos de retornos para Blumenau.

Período de Retorno	Gumbel	
	Variável reduzida	Precipitação
T(anos)	y	P (mm)
5	1,50	112,5
10	2,25	131,8
25	3,20	156,0
50	3,90	174,0
100	4,60	191,9
200	5,30	209,7
320	5,77	221,8
500	6,21	233,2
<b>1000</b>	6,91	<b>250,9</b>

Na tabela 1 pode ser observado que a chuva de 250,9mm, registrada no evento de novembro de 2008, corresponde a um período de retorno de 1000 anos, ou seja, é uma chuva com tempo de recorrência milenar.

## 5 CONCLUSÕES

Os desastres naturais vêm se intensificando nas últimas décadas devido a ocupação do uso do solo com pouco planejamento, atrelado a isto se verifica um aumento na frequência e na intensidade de eventos de chuva devido a mudanças climáticas. Estes desastres têm efeitos muitas vezes devastadores sobre a população que habita zonas urbanas com riscos de enchentes ou de deslizamentos de encostas, como aconteceu no evento catastrófico de novembro de 2008 em Blumenau e região.

A série histórica de dados de precipitação diária para Blumenau inicia em 1944. Neste período, de 1944 a 2008, a precipitação máxima diária registrada até novembro de 2008 tinha sido de 159,5mm. No evento de novembro de 2008 foi registrada uma precipitação diária de 250,9mm (91,4mm a mais da máxima que havia até então), em 48 horas foi registrada uma precipitação acumulada de 494,4mm. No mês de novembro a soma ficou com 1001,7mm, o máximo valor mensal de toda série histórica analisada até então tinha sido de 578,7mm, ou seja, uma diferença de 423,0mm. A intensidade da chuva foi tão alta que logo houve o colapso do sistema de drenagem, causando alagamentos em diversos pontos na cidade de Blumenau, e em seguida ocorreu a inundação, causada pela enchente do rio Itajaí-Açu que atingiu a cota 11,52m, alagando diversas áreas da cidade. Estas altas precipitações causaram a maior catástrofe natural em se tratando de deslizamentos de terra, pois provocaram centenas de deslizamentos das encostas dos morros, dos taludes do rio Itajaí-Açu e dos ribeirões, destruindo muitas ruas, pontes e edificações, provocando

muitos danos materiais, sociais e ambientais. Além disto, houve também mais de uma centena de perdas vidas humanas na região do baixo Vale do Itajaí.

A aplicação do método de Gumbel mostrou que a precipitação máxima diária registrada no evento ocorrido em Blumenau, em novembro de 2008, corresponde a um período de retorno da ordem de 1000 anos, mostrando com isto que foi um evento excepcional.

## BIBLIOGRAFIA

GOMES, F.G.; AQUINO, L.H. DE; OLIVEIRA, M.S. (1989). “*Estudo da distribuição e frequência de precipitação pluviométrica máxima em períodos de dez e quinze dias, um mês e um ano, em Lavras (MG) pela distribuição Gumbel*”. Ciência e Prática, Lavras, v.13, n.2, pp.177-184.

GUMBEL, E. J. (1958). “*Statistics of extremes*”. New York: Columbia University, 375 p.

NERILO, N.; MEDEIROS, P. A.; CORDERO, A. (2002). “*Chuvas intensas no estado de Santa Catarina*”. Edifurb/Editora da UFSC, 156 p.

PFAFSTETTER, O. (1957). “*Chuvas intensas no Brasil*”. Rio de Janeiro: Ministério da Viação e Obras Públicas, 420 p.

PINTO, N. L. S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. (1976). “*Hidrologia Básica*”. Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 179 p.

TUCCI, C. (Organizador) (1993). “*Hidrologia – Ciência e Aplicação*”. Editora da Universidade/UFRGS, Porto Alegre, 943 p.

VIEIRA, S.R.; LOMBARDI NETO, F. E BURROWS, I.T. (1991). “*Mapeamento da chuva diária máxima provável para o Estado de São Paulo*”. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 15, p. 93-98.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. (1975). “*Hidrologia Aplicada*”. Editora McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 245 p.