

PREVISÃO DE ENCHENTES DO RIO ITAJAÍ-AÇU EM GASPAR

Ademar Cordero¹; Rodrigo Altoff²; Péricles Alves Medeiros³

RESUMO --- O presente trabalho apresenta um estudo estatístico das cheias máximas do rio Itajaí-Açu na cidade de Gaspar. Para isto, inicialmente foram levantados todos os registros existentes de níveis do rio Itajaí-Açu na cidade de Gaspar. Destes registros, foram selecionados somente os de maior amplitude, acima de um valor base. Para aumentar a série das enchentes máximas em Gaspar, foi utilizado também os dados das enchentes máximas registradas em Blumenau, através de uma correlação. Assim foi formada a série histórica das enchentes máximas na cidade de Gaspar. Com esta série foi feita a previsão das enchentes do rio Itajaí-Açu na cidade de Gaspar, para diversos períodos de retorno, utilizando para isto o método de Gumbel. O conhecimento destas enchentes é muito importante como subsídios para os órgãos públicos e para os habitantes da cidade, pois permite dar suporte a projetos de controle de cheias, projetos de obras de arte, traçado de carta enchente, para o planejamento do desenvolvimento e expansão da cidade.

Palavras-chave: previsão de cheias, enchentes máximas, método de Gumbel.

ABSTRACT --- This work presents a statistical study of the Itajaí-Açú river maximum floods, at Gaspar. For that task, initially, every existing stage data were collected. Within these data, only those stages above a defined base level were selected. In order to extend the original data set, Blumenau data were joined by using a suitable correlation. Thus, Gaspar now have a bigger serie. Through Gumbel method a statistical study was done yielding the recurrence time for every flood. The knowledge of these floods are very important inputs for the inhabitants and the decision makers local authorities. The information give support to many projects and works toward flood control, bridges, flood level chart, etc. These actions are useful for the city planning as well its expansion police.

Key words: flood forecasting, maximum floods, Gumbel method.

¹ Professor PQ9 da FURB, Rua Lázio, 80/602, CEP:89035-038 Blumenau/SC, Tel: (47) 2216012, E_mail: cordero@furb.br

² Engenheiro Civil, Prefeitura Municipal de Gaspar, Av. Frei Godofredo, 1635 CEP:89110-000 Gaspar/SC, E_mail: rodrigo@gaspar.sc.gov.br

³ Professor Adjunto da UFSC, UFSC/CTC/ENS, CEP:88040-900, Florianópolis/SC, Tel: (48) 331.9597, E_mail: pericles@ens.ufsc.br

1 – INTRODUÇÃO

O homem desde a sua origem convive com os fenômenos da natureza. Entre eles, encontram-se as enchentes dos rios. Quando uma vazão ultrapassa um determinado valor, pode ocorrer o transbordamento da calha principal do rio e inundações nas planícies. Essas poderão trazer problemas ao homem, principalmente nas áreas ocupadas. Os problemas resultantes das inundações dependem do grau de ocupação, das zonas sujeitas as inundações, e da frequência com que elas ocorrem (Cordero e Medeiros, 2003). As áreas sujeitas a inundações podem estar localizadas nas zonas urbanas ou rurais. As áreas urbanas podem estar ocupadas por edificações com fins habitacional, comercial ou industrial. Já nas zonas rurais, estas áreas podem estar ocupadas por residências, industriais, cultivos ou pastagens.

A enchente máxima de um rio é entendida como sendo o valor associado a um risco de ser igualado ou ultrapassado. A vazão máxima é utilizada para o traçado de cartas enchentes, para o planejamento de uma área a ser ocupada e para o dimensionamento de projetos de obras hidráulicas tais como: canais, bueiros, condutos, diques de proteção contra inundações, extravasores de barragens, seções de escoamento de pontes, entre outros. A estimativa destes valores tem importância decisiva nos custos e na segurança dos projetos de engenharia.

Para o traçado de uma carta enchente ou mapa de planejamento se define as áreas atingidas por inundações relativas a diversos tempos de retorno escolhidos. Segundo Tucci, 1993 o traçado deste mapa a seção de escoamento do rio pode ser dividida em três faixas principais. Sendo que a primeira faixa relacionada a uma frequência alta de enchentes, funciona hidraulicamente e permite o escoamento da enchente. Qualquer construção nessa faixa reduzirá a área de escoamento, elevando os níveis à montante desta seção. Portanto em qualquer planejamento urbano, deve-se procurar manter esta zona desobstruída. O restante da superfície inundável que deve ser regulamentada. A segunda zona fica inundada, mas devido às pequenas profundidades e baixas velocidades, não contribuem muito para a drenagem da enchente. A terceira faixa possui pequena probabilidade de ocorrência de inundações, sendo atingida em anos excepcionais por pequenas lâminas de água e baixas velocidades. A definição dessa área é útil para informar a população sobre a grandeza do risco a que esta sujeita. Esta área não necessita regulamentação, quanto às cheias.

No 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.

A vazão máxima pode ser estimada por vários métodos, os quais podem ser classificados em quatro grupos: fórmulas empíricas, métodos estatísticos, método racional e métodos

hidrometeorológicos. Os métodos existentes fornecem valores mais ou menos aceitáveis, dependendo sempre do senso de julgamento e da experiência do projetista a aplicação correta dos resultados obtidos. A escolha de um ou de outro método depende principalmente, do tipo de informação existente e do tamanho da bacia hidrográfica (Pinto et al., 1976).

Esse trabalho apresenta um estudo estatístico para a previsão das cheias máximas do rio Itajaí-Açu na cidade de Gaspar. Esta cidade tem sérios problemas com enchentes e é de muito importante ter um conhecimento mais aprofundado sobre as mesmas. O estudo estatístico que apresentaremos a seguir fornece uma estimativa das enchentes máximas que poderão ocorrer na cidade de Gaspar, enchentes estas sempre atreladas a certo período de retorno. O conhecimento destas enchentes é muito importante para os órgãos públicos e para os habitantes da cidade, pois permite dar suporte a projetos de controle de cheias, projetos de obras de arte, traçado de carta enchente, para o planejamento do desenvolvimento e expansão da cidade e a população poderá saber sobre os riscos que sua residência corre de ser inundada por uma enchente causada pelo rio Itajaí-Açu.

2 – REGIÃO DE ESTUDO

A bacia do rio Itajaí, que é mostrada na Figura 1, está localizada na Vertente Atlântica do Estado de Santa Catarina e tem uma área que fica em torno de 15.000,00 km². Até a estação fluviométrica de Gaspar tem uma área de 12.141,00 km². Caracteriza-se pela existência de altas serras nas nascentes: sul, norte e oeste, e de planícies pequenas a leste, nas vizinhanças do Oceano Atlântico, nesta parte de planícies fica localizada a cidade de Gaspar. Os principais afluentes da bacia do rio Itajaí são os rios Itajaí do Sul, Itajaí do Oeste, Itajaí do Norte ou Hercílio, Benedito e o Itajaí Mirim.

Diversas obras de contenção já foram executadas em vários pontos da bacia, sendo que as principais são as seguintes: a construção da Barragem Sul, que tem capacidade para armazenar 93,5.10⁶m³ de água, a da Barragem Oeste, que tem capacidade para armazenar 83,0.10⁶m³ e a da Barragem Norte, que tem capacidade para armazenar 357,0.10⁶m³. Além destas obras, podemos citar também o alargamento do rio Itajaí-Açu no trecho entre Blumenau e Gaspar, obra inacabada que foi suspensa no início do governo Collor. A Barragem Oeste foi a primeira a ser construída, ficando pronta no ano de 1973, a Barragem Sul foi a segunda e ficou pronta no ano de 1976, e a terceira, a Barragem Norte, foi concluída em setembro de 1992. Já o alargamento do trecho do rio Itajaí-Açu se deu no período de 1996 a 1990. Outras duas Barragens, a Pinhal e a dos Cedros, que podem ser observadas na Figura 1, são específicas para geração de energia elétrica.

As chuvas na bacia hidrográfica do rio Itajaí são bem distribuídas ao longo do ano, sendo que nas estações mais quentes elas são de maior intensidade, mas geralmente de duração não muito prolongada. Nas estações mais frias elas são menos intensas, mas mais duradouras. Sendo

que, no Vale do Itajaí, tem sido registradas cheias em todos os meses do ano. Mas as enchentes com amplitudes maiores são verificadas nos meses mais frios do ano devido a influência maior que frentes frias exercem na quantidade da precipitação e na sua distribuição sobre a bacia.

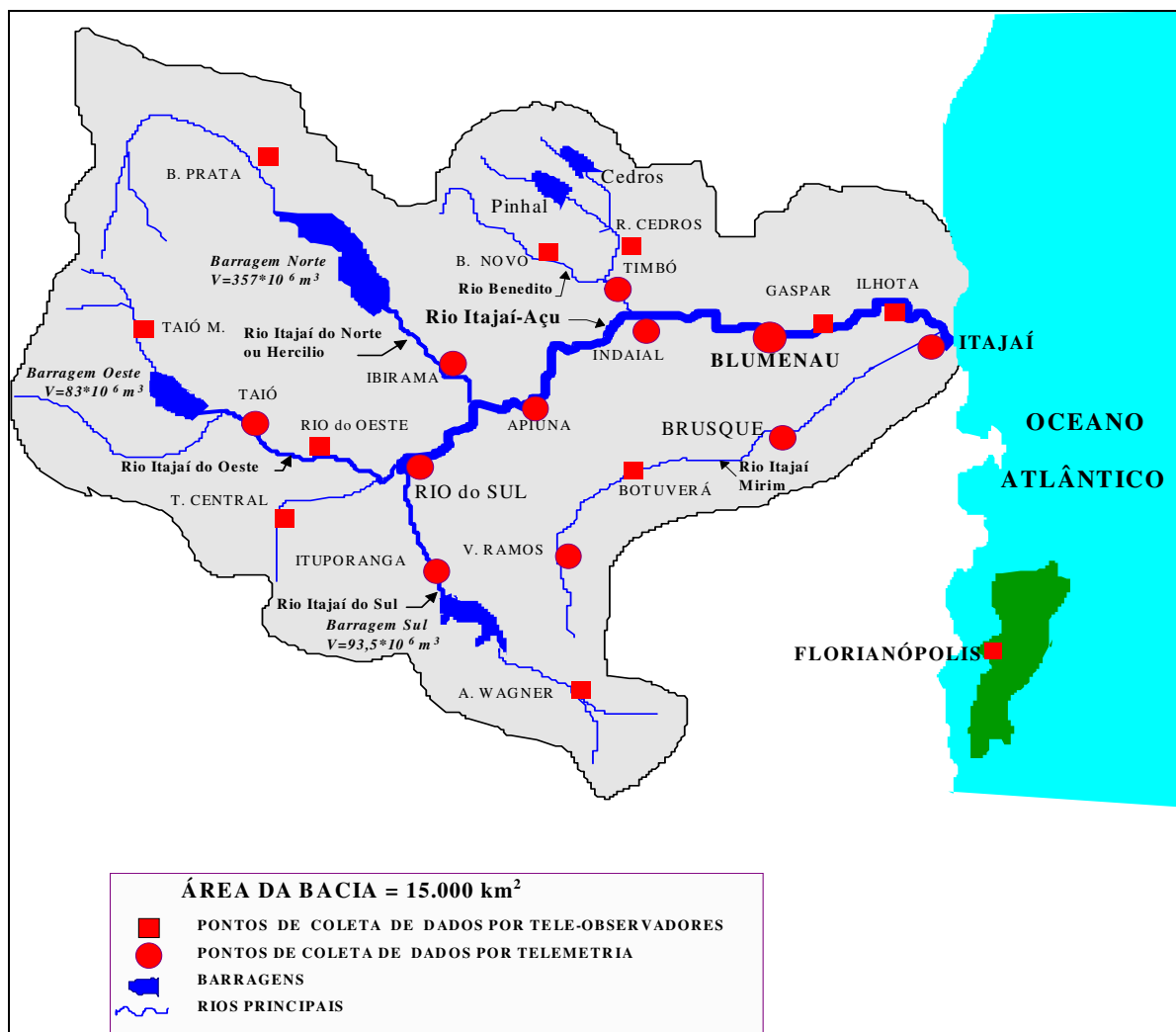


Figura 1 – Bacia do rio Itajaí.

2.1 – Local do Estudo

O início da colonização em Gaspar se deu na mesma época que ocorreu em Blumenau, por volta de 1850. Os colonos açorianos foram os primeiros colonizadores e tempos depois, chegaram os imigrantes alemães e italianos. Em 1934 Gaspar tornou-se município, atualmente tem uma população que gira em torno de 53.000,00 habitantes e fica localizada logo a jusante da cidade de Blumenau. As mesmas enchentes que atingem a cidade de Blumenau também atingem a cidade de Gaspar, sendo que a amplitude é diferente e o pico em Gaspar é registrado em metia duas horas após de Blumenau. Desta forma podemos correlacionar os valores nas duas estações fluviométricas.

Temos conhecimento de enchentes na região do estudo desde o início da colonização do Vale do Itajaí, por volta de 1850. A estação hidrométrica de Blumenau foi implantada em 1939. Portanto, desde 1939, temos registros dos níveis do rio Itajaí-Açu em Blumenau, obtidos através de observadores, e a partir de 1984, esta informação também está sendo registrada continuamente pela estação telemétrica. No período de 1852 a 1938 as informações das máximas enchentes que ocorreram em Blumenau, foram resgatados de documentos e fotografias daquela época. Assim que temos uma série histórica das enchentes máximas que ocorreram em Blumenau desde o ano de 1852 até hoje. Já a estação fluviométrica de Gaspar funcionou no período de 1927 a 1966, junto a ponte principal da cidade, após esta data a régua foi desativada. No ano de 1985 foi instalada outra régua no rio Itajaí-Açu em Gaspar, agora junto a Linha Circulo, que fica a montante da régua antiga, a qual vem sendo operada até hoje.

Quadro – 1 Dados da Estação Fluviométrica de Gaspar.

Código	83840000
Nome	Gaspar (Montante ETA)
Bacia	Atlântico, (8)
Sub-bacia	Rio Itajaí-Açu (83)
Rio	Rio Itajaí-Açu
Estado	Santa Catarina
Município	Gaspar
Responsável	ANA
Operadora	EPAGRI
Latitude	- 26:55:32
Longitude	- 48:57:49
Altitude (m)	11
Área de Drenagem (km ²)	12.141,0

Fonte: www.ana.gov.br

3 – METODOLOGIA

3.1 – Vazões máximas

A vazão máxima de um rio é entendida como sendo o valor associado a um risco de ser igualado ou ultrapassado. A vazão máxima pode ser utilizada no traçado de carta enchentes, no planejamento de áreas a serem ocupadas, em projetos de obras hidráulicas, etc. A estimativa destes valores tem importância decisiva nos custos e na segurança dos projetos de engenharia.

A vazão máxima pode ser estimada com base aos seguintes critérios: a) no ajuste de uma distribuição estatística, b) na regionalização de vazões, e c) na precipitação. Quando existem dados históricos de vazão no local de interesse e as condições da bacia hidrográfica não se modificam, pode ser ajustada uma distribuição estatística. Quando não existem dados ou existe, mas a série é pequena, pode-se utilizar a regionalização de vazões ou as precipitações (Tucci, 1993).

3.2 – Vazões máximas com base em séries históricas

Quando existem dados históricos de vazões no local de interesse pode ser ajustada uma distribuição estatística. As séries amostrais de vazão podem ser anuais ou parciais. A série anual é constituída com os valores máximos observados em cada ano, desprezando-se os demais dados mesmo que sejam superiores às dos outros anos, já a série parcial é constituída com os valores máximos observados acima de um valor base independentemente do ano em que possa ocorrer, ou seja, não é definida em termos de ocorrência, mas sim pela sua magnitude.

A questão de escolha de uma ou outra série depende, principalmente, do número de anos que se tem registro. Quando o número de anos de registro é suficientemente grande, pode-se preferir a série anual, quando o número de anos que se tem de registro for baixo, deve-se preferir a série parcial.

A utilização de séries parciais somente apresenta resultados discrepantes com relação ao uso de séries anuais, para período de retorno pequeno (Tucci, 1993).

3.3 – Condições das vazões escolhidas

O ajuste de uma distribuição de probabilidade aos dados históricos baseia-se no seguinte: a) a série dos valores amostrais de vazão máxima anual deve ser independentes, b) o processo natural de ocorrência das mencionadas vazões é estacionário, c) a amostra é representativa da população (Tucci, 1993).

3.4 – Independência das vazões

Para vazões máximas anuais a chance de ocorrer dependência entre valores extremos é pequena, devido ao tempo que separa cada enchente. A escolha da vazão máxima é realizada, em geral, dentro do ano hidrológico. O ano hidrológico correspondente ao período de 12 meses a partir do início do período chuvoso e o fim da estação seca. No sul do Brasil inicia em maio e termina em abril.

3.5 – Série estacionária

Uma série é estacionária quando não ocorrem modificações nas características estatísticas da sua população ao longo do tempo. Por exemplo, a não-estacionaridade de uma série pode ser provocada: pelo aumento da urbanização, resultando numa mudança gradual das características do escoamento; pela construção de reservatórios ou diques, alterando a série de vazões a jusante da barragem.

3.6 – Amostra representativa

A confiabilidade dos parâmetros calculados com base na série histórica depende do número de valores da série, das incertezas e da sua representatividade. As principais fontes de incertezas são os

erros de processamento e medição da vazão, devido a não-homogeneidade e, da falta de representatividade da amostra. Para identificar a representatividade da amostra pode-se utilizar os dados de precipitação, que em geral são mais longos, para verificar se o período de vazão disponível é representativo de uma sequência mais longa.

3.7 – Distribuição estatística

Segundo Tucci, 1993 as principais distribuições estatísticas utilizadas em hidrologia para o ajuste de vazões máximas são: Empírica, Log-Normal, Gumbel e Log-Pearson III. Neste trabalho foram utilizadas as distribuições estatísticas de Gumbel e a Log-Normal.

3.8 – Método de Gumbel

O método a seguir apresentado foi descrito por Cordero e Medeiros (2003). Com base na teoria dos extremos de amostras ocasionais, Gumbel demonstrou que, se o número de vazões 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:

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

onde:

e é a base dos logaritmos neperianos,

y_i é a variável reduzida, dada por:

$$y_i = a (X_i - X_f) \quad (2)$$

onde:

a é um parâmetro,

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

$X_f = \mu - 0,450 \sigma$ para $n \rightarrow \infty$ (μ é a média do universo e σ 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:

$$X_f = \bar{X} - S_x (\bar{y}_n / S_n) \quad (3)$$

$$a = S_n / S_x \quad (4)$$

onde:

\bar{X} é a média da variável X (vazões 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.

Tabela 1 – Variável reduzida, período de retorno e probabilidades.

Variável reduzida y	Período de retorno T	Probabilidade 1-P	Probabilidade P
0,000	1,58	0,632	0,368
0,367	2,00	0,500	0,500
0,579	2,33	0,429	0,571
1,500	5	0,200	0,800
2,250	10	0,100	0,900
2,970	20	0,050	0,950
3,395	30	0,033	0,967
3,902	50	0,020	0,980
4,600	100	0,010	0,990
5,296	200	0,005	0,995
5,808	300	0,003	0,997
6,214	500	0,002	0,998
6,907	1000	0,001	0,999

Fonte: Villela e Mattos, 1975.

Tabela 2 – Valores esperados da média (\bar{y}_n) e desvio-padrão (S_n) da variável reduzida (y) em função do número de dados (n).

n	\bar{y}_n	S_n	n	\bar{y}_n	S_n
20	0,52	1,06	80	0,56	1,19
30	0,54	1,11	90	0,56	1,20
40	0,54	1,14	100	0,56	1,21
50	0,55	1,16	150	0,56	1,23
60	0,55	1,17	200	0,57	1,24
70	0,55	1,19	∞	0,57	1,28

Fonte: Villela e Mattos, 1975.

3.9 – Papel de Gumbel

Uma 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) em escala aritmética; as abscissas são as variáveis reduzidas (y) em escala aritmética. Paralelamente às abscissas, 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):

$$T = \frac{1}{1 - e^{-e^{-y}}} \quad (5)$$

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

3.10 – Posição de plotagem

Segundo Tucci, 1993 a posição de plotagem utilizada na verificação do ajuste dos valores da amostra para a distribuição de Gumbel pode ser a seguinte:

$$T = (n+0,12) / (m-0,44) \quad (6)$$

onde:

T é o período de retorno, em anos

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

n é o tamanho da amostra.

3.11 – Ajuste de distribuição considerando marcas históricas de enchentes

Num posto fluviométrico com uma série contínua de n anos podem existir informações históricas de marcas de água que ocorrem antes da instalação do posto que gerou a série contínua. Estas marcas devem ser as maiores de um período de H anos, sendo H o número de anos que englobe a série contínua e o período em que as marcas de enchentes foram as de maiores valores. Essas informações devem ser incorporadas à análise de frequência, permitindo melhorar o ajuste da distribuição (Tucci, 1993).

3.12 – Mapa de planejamento ou carta enchente

A carta enchente ou mapa de planejamento define as áreas atingidas por inundações relativos a diversos tempos de retorno escolhidos. Este mapa permite o acompanhamento da evolução da enchente, com base nas observações da régua.

Segundo Tucci, 1993 o traçado deste mapa a seção de escoamento do rio pode ser dividida em três faixas principais conforme mostra a Figura 2.

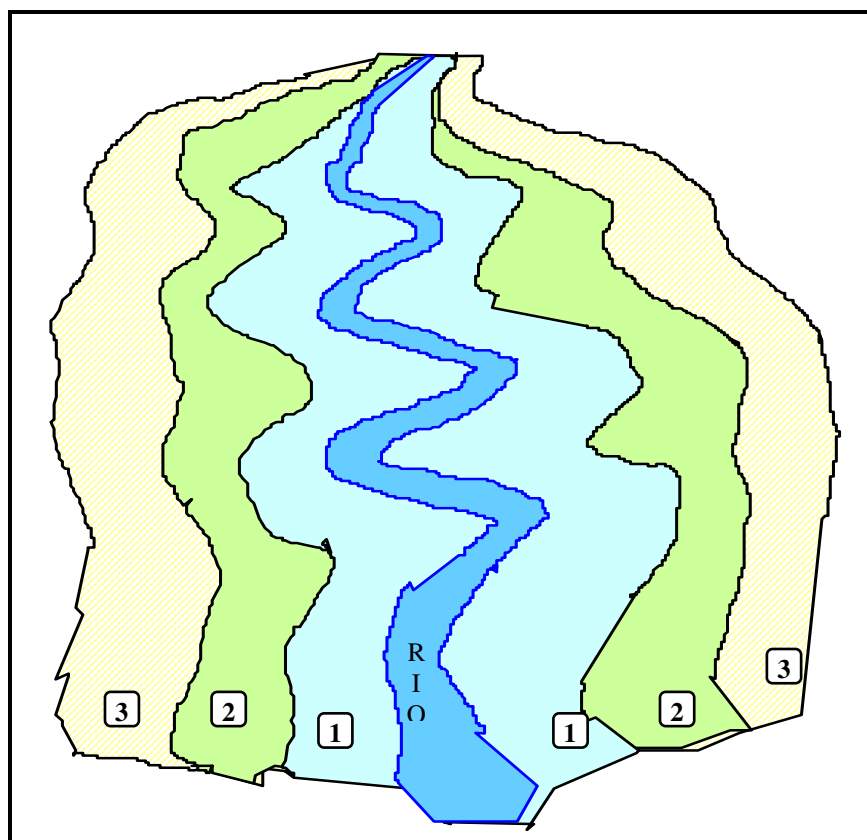


Figura 2 – Regulamentação da zona inundável

Faixa 1. Zona de passagem da enchente. Esta parte da seção funciona hidráulicamente e permite o escoamento da enchente. Qualquer construção nessa área reduzirá a área de escoamento, elevando os níveis à montante desta seção. Portanto em qualquer planjamento urbano, deve-se procurar manter esta zona desobstruída.

Faixa 2. Zona com restrições. Esta é a área restante da superfície inundável que deve ser regulamentada. Esta zona fica inundada, mas devido às pequenas profundidades e baixas velocidades, não contribuem muito para a drenagem da enchente.

Faixa 3. Zona de baixo risco. Esta zona possui pequena probabilidade de ocorrência de inundações, sendo atingida em anos excepcionais por pequenas lâminas de água e baixas velocidades. A definição dessa área é útil para informar a população sobre a grandeza do risco a que esta sujeita. Esta área não necessita regulamentação, quanto às cheias.

A primeira faixa depende das condições hidráulicas do escoamento da enchente, as demais são escolhidas com base no risco que se deseja assumir na convivência com as enchentes.

3.13 – Regulamentação das zonas de inundação

Usualmente, nas cidades brasileiras, a população de menor poder aquisitivo e marginalizada ocupa as áreas ribeirinhas de maior risco. Na bacia do rio Itajaí, isso nem sempre é verdade (por ex. Blumenau, Rio do Sul, Gaspar, Timbó, Indaial, etc.), uma vez que durante uma seqüência longa de

anos sem enchentes significativas, houve uma ocupação importante de áreas planas em patamares intermediários devido, também, aos inconvenientes do restante do relevo acidentado das cidades.

A regulamentação da ocupação de áreas urbanas é um processo iterativo, que passa por uma proposta técnica que é discutida pela comunidade antes de ser incorporada ao Plano Diretor da cidade. Portanto, não existem critérios rígidos aplicáveis a todas as cidades, mas sim recomendações básicas que podem ser seguidas em cada caso.

O zoneamento é complementado com a subdivisão das regulamentações, onde são orientadas as divisões de grandes parcelas de terra em pequenos lotes, com o objetivo de desenvolvimento e venda de prédios. Portanto, essa é a fase de controle sobre os loteamentos. O Código de Construções orienta a construção de prédios quanto a aspectos estruturais, hidráulicos, de material e vedação. A regulamentação das construções permite evitar futuros danos. A seguir relacionamos alguns indicadores gerais que podem ser usados no zoneamento.

Zona para passagem das enchentes: essa faixa do rio deve ficar desobstruída para evitar danos de monta e represamentos. Nessa faixa não deve ser permitida nenhuma nova construção e a prefeitura poderá, paulatinamente, relocar as habitações existentes.

Na construção de obras como rodovias e pontes deve ser verificado se as mesmas produzem obstruções ao escoamento. Naquelas já existentes deve-se calcular o efeito da obstrução e verificar as medidas que podem ser tomadas para a correção. Não deve ser permitida a construção de aterro que obstrua o escoamento. Essa área poderia ter seu uso destinado a agricultura ou outro similar às condições da natureza. Adicionalmente, seria permitida a instalação de linhas de transmissão e condutos hidráulicos.

Em algumas cidades poderão ser necessárias construções próximas ao rio. Nessa circunstância, deve ser avaliado o efeito da obstrução e as obras devem estar estruturalmente protegidas contra inundações.

Zona com restrições: Esta zona pode ser subdividida em subáreas, mas essencialmente os seus usos podem ser: a) parques e atividades recreativas ou esportivas cuja manutenção, após cada cheia, seja simples e de baixo custo. Normalmente uma simples limpeza a reporá em condições de utilização, em curto espaço de tempo; b) uso agrícola; c) habitação com mais de um piso, onde o piso superior ficará situado, no mínimo, no nível do limite da enchente e estruturalmente protegida contra enchentes; d) industrial-comercial, com áreas de carregamento, estacionamento, áreas de armazenamento de equipamentos ou maquinaria facilmente removível ou não sujeito a danos de cheia. Neste caso, não deve ser permitido o armazenamento de artigos perecíveis e principalmente tóxicos; e) serviços básicos: linhas de transmissão, estradas e pontes, desde que corretamente projetados.

Zonas de baixo risco: Nesta área, delimitada por cheia de baixa frequência, pode-se dispensar medidas individuais de proteção individuais para as habitações, mas orientar a população para a eventual possibilidade de enchente e dos meios de proteger-se das perdas decorrentes, recomendando o uso de obras com, pelo menos, dois pisos, onde o segundo pode ser usado nos períodos críticos.

3.14 – Série usada neste estudo

A estação fluviométrica de Gaspar foi instalada inicialmente junto a ponte no centro da cidade no ano 1927 e foi operada até 1966, após houve um período sem registros de níveis do rio Itajaí-Açu em Gaspar, que vai de 1967 até 1984. No ano de 1985 ela foi instalada em outro local, à montante da antiga, nas dependências da linha Circulo, a qual vem sendo operada até hoje.

Para formar a série usada neste estudo, inicialmente foram levantados todos os registros existentes de níveis do rio Itajaí-Açu na cidade de Gaspar. Destes registros, foram selecionados somente os de maior amplitude, acima de um valor base. Para aumentar a série das enchentes máximas em Gaspar, foram utilizados os dados das enchentes máximas registradas em Blumenau, através de uma correlação, apresentada na Figura 3. Assim foi formada a série histórica das enchentes máximas na cidade de Gaspar.

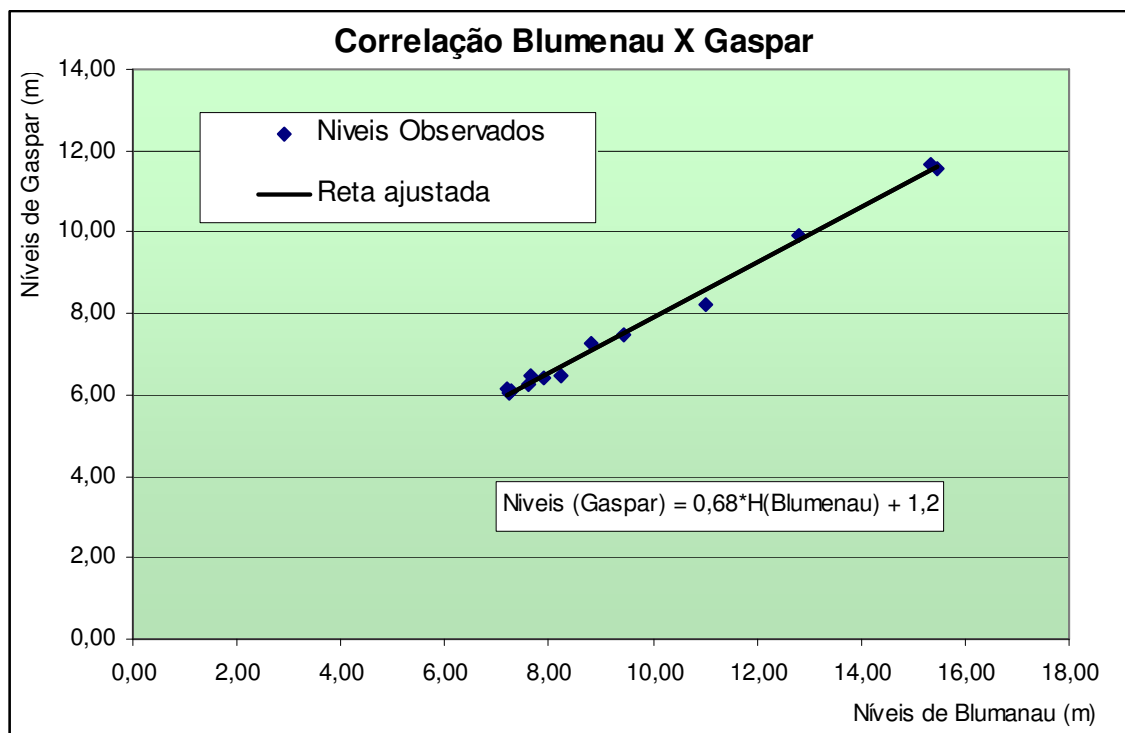


Figura 3 – Correlação entre Blumenau e Gaspar

A Tabela 3 apresenta a série das enchentes do rio Itajaí-Açu em Gaspar e na Figura 4 podemos visualizar a mesma série em forma gráfica, a qual foi usada neste estudo.

Tabela 3 – Níveis do Rio Itajaí-Açu na Estação Fluviométrica de Gaspar.

Ano	Cota (m)	Data	Ano	Cota (m)	Data	Ano	Cota (m)	Data
1852	12,3	29/out	1936	6,6	16/ago	1972	8,7	29/ago
1855	10,2	20/nov	1937	6,4	16/out	1973	8,7	25/jun
1862	7,3	20/nov	1938	6,9	28/jun	1974	7,3	24/mar
1864	8,0	17/set	1939	8,8	27/nov	1975	9,6	4/out
1868	10,2	27/nov	1940	7,0	18/ago	1976	7,3	6/jun
1870	8,0	11/out	1942	6,5	9/fev	1977	7,5	18/ago
1880	12,8	23/set	1943	8,2	3/ago	1978	9,0	26/dez
1888	9,9	23/set	1946	8,4	2/fev	1979	8,1	9/out
1891	10,6	18/jun	1947	6,4	26/out	1980	10,1	22/dez
1898	9,9	1/mai	1948	9,2	17/mai	1982	6,7	16/nov
1900	9,9	1/jun	1950	7,4	17/out	1983	11,67	9/jul
1911	12,7	2/out	1951	7,0	19/out	1984	11,55	7/ago
1911	7,9	29/mai	1953	7,9	31/out	1987	6,06	21/mai
1923	7,3	20/jun	1954	9,6	22/out	1988	6,12	6/mai
1925	8,2	14/mai	1955	8,2	19/mai	1989	6,48	6/mai
1926	7,7	14/jan	1957	9,9	18/ago	1990	7,28	21/jul
1927	9,6	9/nov	1958	7,5	21/mar	1992	9,92	29/mai
1928	9,2	18/jun	1960	6,0	28/nov	1993	6,40	24/set
1928	8,6	15/ago	1961	9,5	1/nov	1994	6,15	12/mai
1929	7,0	15/out	1962	7,2	21/set	1995	6,24	10/jan
1930	6,7	11/fev	1963	7,5	1/fev	1997	7,48	1/fev
1931	8,5	2/mai	1965	7,3	21/ago	1998	6,46	28/abr
1932	7,9	25/mai	1966	7,9	13/fev	1999	6,36	Jul
1933	9,1	4/out	1969	7,9	6/abr	2001	8,24	1/out
1934	7,0	26/fev	1970	6,3	2/jul			
1935	9,0	29/set	1971	8,1	10/jun			

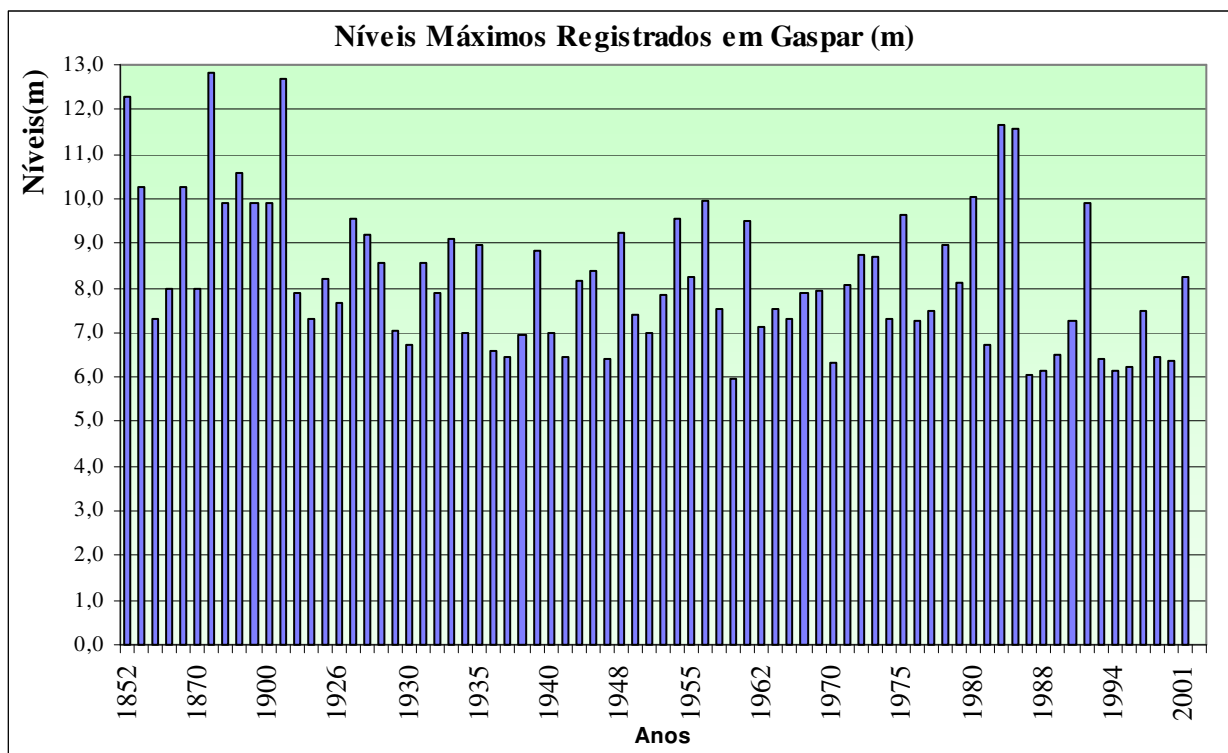


Figura 4 – Níveis Máximos do Rio Itajaí-Açu na Estação Fluviométrica de Gaspar.

3.15 – Aplicação do método de Gumbel

Inicialmente a série de níveis máximos de Gaspar, apresentada na Tabela 3, foi ordenada em ordem decrescente e determinado o respectivo período de retorno (T) e a variável reduzida (y), para cada pico de enchente, utilizando para isto as Equações (6) e (5) respectivamente. Em seguida foi plotado, com o auxílio do Excel, os picos de cheias com as respectivas variáveis reduzidas e após ajustada uma reta aos pontos plotados, conforme pode ser visto na Figura 5. Com a reta ajustada foram determinados os valores das cheias, para diversos períodos de retorno conforme Tabela4.

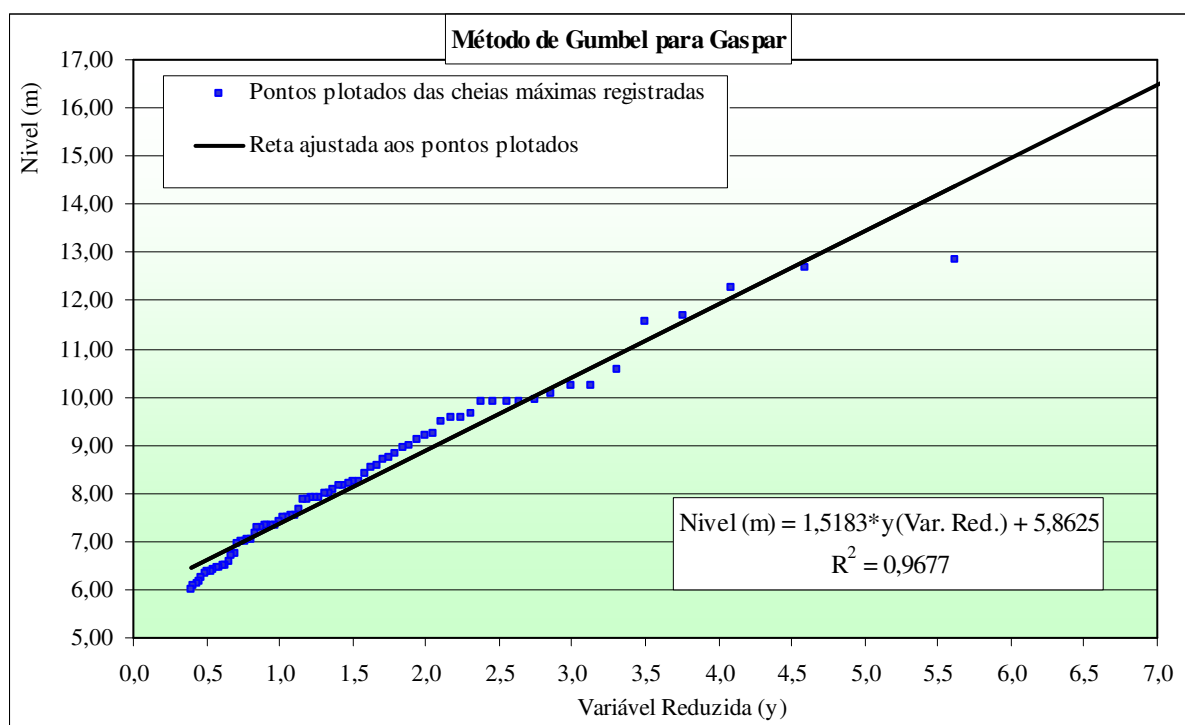


Figura 5 – Cheias máximas para Gaspar através do método de Gumbel.

Tabela 4 – Níveis com os períodos de retornos para Gaspar.

Período de Retorno	Variável reduzida	Nível em Gaspar
T(anos)	y	H(m)
1	0	5,9
2	0,37	6,4
5	1,50	8,1
10	2,25	9,3
25	3,20	10,7
50	3,90	11,8
100	4,60	12,8
200	5,30	13,9
300	5,70	14,5
500	6,21	15,3

4 – CONCLUSÕES

Ao desenvolver nossa pesquisa pudemos verificar que a estação fluviométrica de Gaspar foi instalada inicialmente em um local no ano de 1927, junto a ponte principal daquela cidade e funcionou até 1966, após houve um período sem registro de 1967 até 1984. No ano de 1985 a estação fluviométrica voltou a ser instalada, agora em outro local a montante da antiga, nas dependências da linha Circulo, a qual vem sendo operada até hoje.

Com base nos registros das enchentes de Gaspar e Blumenau foi formada a série histórica dos níveis máximos do rio Itajaí-Açu em Gaspar, em base a qual nos permitiu a realização de um estudo estatístico das enchentes máximas do rio Itajaí-Açu em Gaspar com a confiabilidade desejada. Os

resultados obtidos neste estudo, através da utilização da distribuição estatística de Gumbel, nos mostrou diversos níveis de enchentes que poderão ocorrer na cidade de Gaspar, correlacionados sempre a um determinado período de retorno. O conhecimento destas enchentes é muito importante para os órgãos públicos e para os habitantes da cidade, pois permite dar suporte a projetos de controle de cheias, projetos de obras de arte, traçado de carta enchente, para o planejamento do desenvolvimento e expansão da cidade.

BIBLIOGRAFIA

- CORDERO, A.; MEDEIROS, P. A. (2003). *Estudo estatístico das vazões máximas para o rio Itajaí-Açu em Blumenau*. XV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, Curitiba, PR, ABRH.
- CORDERO, A.; MEDEIROS, P. A. (2003). *Estimativa da curva-chave de Blumenau*. XV Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, Curitiba, PR, ABRH.
- NERILO, N.; MEDEIROS, P. A.; CORDERO, A. (2002). *Chuvas intensas no estado de Santa Catarina*. Edifurb/Editora da UFSC, 156 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, 278p.
- TUCCI, C. (Organizador). *Hidrologia (1993) – Ciência e Aplicação*. Editora da Universidade/UFRGS, Porto Alegre, 943p.
- VILLELA, S. M.; MATTOS, A. (1975). *Hidrologia Aplicada*. Editora McGraw-Hill do Brasil, São Paulo, 245p.