

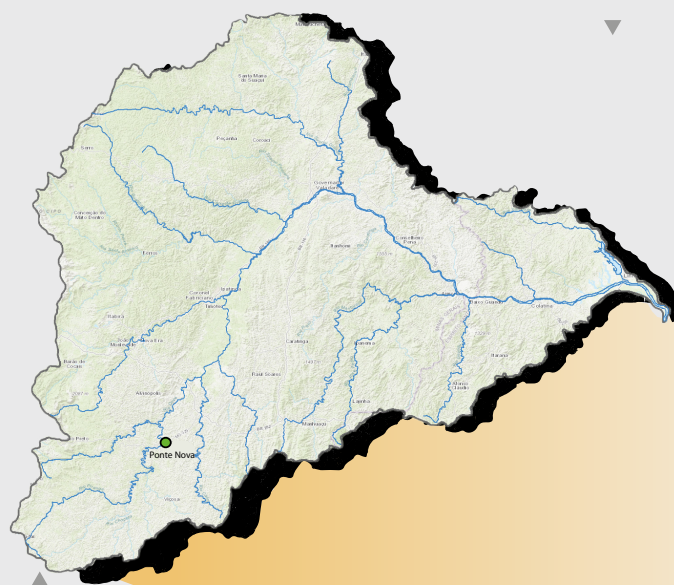
# Disponibilidade hídrica do Brasil Estudos de regionalização de vazões nas bacias hidrográficas brasileiras

## Análise de Frequência de Cotas dos Sistemas de Alerta

### Sistema de Alerta: Bacia do Rio Doce

Rio Piranga em Ponte Nova Jusante

Código: 56110005



2020



SERVIÇO GEOLÓGICO  
DO BRASIL - CPRM

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**  
**SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**  
**SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM**  
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL  
DEPARTAMENTO DE HIDROLOGIA  
SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE

PROGRAMA GESTÃO DE RISCO E RESPOSTA A DESASTRES

**DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO BRASIL**  
**ESTUDOS DE REGIONALIZAÇÃO NAS**  
**BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS**

## **ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE COTAS** **DOS SISTEMAS DE ALERTA**

**Sistema de Alerta: Bacia do Rio Doce**

**Rio: Piranga**

**Estação Fluviométrica: Ponte Nova Jusante**  
**Código: 56110005**

Eber José de Andrade Pinto



**BELO HORIZONTE**

**2020**

# PROGRAMA GESTÃO DE RISCO E RESPOSTA A DESASTRES

## PROJETO DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO BRASIL ESTUDOS DE REGIONALIZAÇÃO NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS

### ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE COTAS DOS SISTEMAS DE ALERTA

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM  
Superintendência Regional de Belo Horizonte

Copyright @ 2020 CPRM - Superintendência Regional de Belo Horizonte  
Avenida Brasil, 1731 - Bairro Funcionários  
Belo Horizonte- MG – 30.140-002  
Telefone: 0(xx)(31) 3878-0306  
Fax: 0(xx)(31) 3878-0383  
<http://www.cprm.gov.br>

#### Ficha Catalográfica

P659 Pinto, Eber José de Andrade  
Regionalização de Vazões nas Hidrográficas Brasileiras:  
Análise de Frequência de Cotas dos Sistemas de Alerta. Sistema  
de Alerta da Bacia do Rio Doce. Rio Piranga em Ponte Nova  
Jusante, código 56110005 / Eber José de Andrade Pinto. – Belo  
Horizonte: CPRM, 2020.  
26 p.; anexos

Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade.  
Projeto Disponibilidade Hídrica do Brasil – Estudos de  
Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras.

ISBN

1. Hidrologia - Brasil. 2. Regionalização de Vazoes. 3. Análise de  
Frequência Local. I. Título

CDD: 551.48

**Direitos desta edição: CPRM - Serviço Geológico do Brasil**  
É permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

**MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA**

**MINISTRO DE ESTADO**

Bento Albuquerque

**SECRETÁRIO EXECUTIVO**

Marisete Fátima Dadald Pereira

**SECRETÁRIO DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL**

Alexandre Vidigal de Oliveira

**COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS  
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM/SGB)**

**CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO**

**Presidente**

Alexandre Vidigal de Oliveira

**Vice-Presidente**

Esteves Pedro Colnago

**Conselheiros**

Cassio Roberto da Silva

Fernando Antônio Freitas Lins

Geraldo Medeiros de Moraes

Lília Mascarenhas Sant'Agostino

**DIRETORIA EXECUTIVA**

**Diretor-Presidente**

Esteves Pedro Colnago

**Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial**

Alice Silva de Castilho

**Diretor de Geologia e Recursos Minerais**

Márcio José Remédio

**Diretor de Infraestrutura Geocientífica**

Paulo Afonso Romano

**Diretor de Administração e Finanças**

Cassiano de Souza Alves

## **SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE BELO HORIZONTE**

*Marlon Marques Coutinho*  
**Superintendente**

*Fernando Silva Rego*  
**Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial**

*Marcelo de Souza Marinho*  
**Gerente de Geologia e Recursos Minerais**

*Júlio Murilo Martino Pinho*  
**Gerente de Infraestrutura Geocientífica**

*Margareth Marques dos Santos*  
**Gerente de Administração e Finanças**

## **REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES NAS BACIAS BRASILEIRAS**

**Departamento de Hidrologia**  
Frederico Cláudio Peixinho

**Divisão de Hidrologia Aplicada**  
Adriana Dantas Medeiros  
Achiles Monteiro (*In memoriam*)

**Coordenação Executiva do DEHID**  
**Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras**  
Eber José de Andrade Pinto

### **Equipe Executora**

Cynthia Pedrosa Teixeira – RETE  
Denise Christina de Rezende Melo – SUREG/GO  
Francisco F. N. Marcuzzo – SUREG/PA  
Múcio Valença Virões – SUREG/RE  
Myrla de Souza Batista Vieira – SEDE  
Paula Kristhina Cordeiro Freire – REFO

### **Sistema de Informações Geográficas e Mapa**

Ivete Souza do Nascimento – SUREG/BH

## APRESENTAÇÃO

O projeto Regionalização de Vazões nas Bacias Hidrográficas Brasileiras é uma ação dentro do programa de Gestão de Risco e Resposta a Desastres que tem por objetivo ampliar o conhecimento sobre a disponibilidade hídrica no território nacional.

O conhecimento da disponibilidade de água doce de uma bacia hidrográfica é o principal instrumento de gestão de recursos hídricos, com base no qual pode ser concedido de forma adequada e sustentável o direito de uso deste bem, seja para fins energéticos, de irrigação, de abastecimento e outros. Além disto, é uma informação útil para o planejamento nos setores elétrico, agrícola, abastecimento público e na adoção de políticas públicas.

Dentre os vários objetivos do projeto Regionalização de Vazões nas Bacias Hidrográficas Brasileiras, destaca-se a realização de estudos de análise de frequência local das séries históricas de vazões máximas ou cotas máximas das estações fluviométricas.

A análise de frequência possibilita a determinação das vazões máximas ou cotas máximas associadas a uma probabilidade de ser igualda ou superada. Os resultados da análise, ou seja, os quantis, serão utilizados como valores de projeto no dimensionamento de diversas estruturas hidráulicas ou de aproveitamento dos recursos hídricos. Esta análise estatística também pode ser utilizada de forma inversa, ou seja, estimar a frequência de um evento de cheia ocorrido, definindo se o evento foi raro ou ordinário. Tipo de informação que é bastante útil para sistemas de alerta de cheias que poderão divulgar, além das previsões e dos valores observados, a raridade do evento acompanhado.

Este estudo apresenta os resultados da análise de frequência das cotas máximas observadas no rio Piranga especificamente na estação fluviométrica Ponte Nova Jusante, código 56110005. Esta estação fluviométrica faz parte do sistema de alerta de cheias do rio Doce e constitui um ponto de acompanhamento das vazões e cotas na cidade de Ponte Nova, no Estado de Minas Gerais.

## SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO .....	01
2 – METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE FREQUÊNCIA LOCAL .....	05
3 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE FREQUÊNCIA LOCAL.....	07
4 – EXEMPLOS DE APLICAÇÃO.....	09
5 – REFERÊNCIAS .....	10
ANEXO I .....	11
ANEXO II .....	15
ANEXO III .....	18

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 01 – Localização das estações fluviométricas do SAH rio Doce  
Figura 02 – Localização da estação fluviométrica de Ponte Nova Jusante  
Figura 03 – Perfil da seção transversal da seção de régua de Ponte Nova Jusante  
Figura 04 – Ajuste das distribuições empírica e teórica

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 01 – Cotas em cm

## ANEXOS

- Anexo I – Ficha Descritiva da Estação Fluviométrica  
Anexo II – Distribuições de Gumbel e Log-normal  
Anexo III – Dados utilizados e as estatísticas

## 1 – INTRODUÇÃO

A bacia do rio Doce está situada na região sudeste e possui uma área de drenagem de 83.400 km<sup>2</sup>, sendo 86% dentro do Estado de Minas Gerais e 14% no Estado do Espírito Santo. Ao longo da história foi comum o registro de eventos de cheias com perdas de vidas humanas e de grandes danos materiais. Em fevereiro de 1979 houve uma grande cheia que motivou a instalação pelo extinto Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE) de uma rede telemétrica com transmissão de dados hidrometeorológicos via telefone. Na década de 90 também foram instaladas na bacia algumas estações com transmissão via satélite. Entretanto, mesmo com a rede telemétrica já instalada não foi possível implantar o sistema de alerta de cheias. Somente após a ocorrência de outra grande cheia na bacia, em janeiro de 1997, foi viável o estabelecimento do sistema de alerta de cheias da bacia do rio Doce. Inicialmente esta iniciativa foi tomada pela CPRM, Serviço Geológico do Brasil, e a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). Ao longo destes 22 anos de operação também participaram como parceiros o Instituto Mineiro de Gestão das Águas (SIMGE/IGAM) e a Agência Nacional de Águas (ANA). Atualmente o Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Rio Doce – SAH rio Doce – é operado em parceria pela CPRM e a ANA.

As principais atividades da operação do SAH rio Doce consistem na coleta dos dados hidrometeorológicos, o armazenamento dessas informações, a sua análise, a elaboração da previsão hidrológica e a sua divulgação. Durante todo o período chuvoso os dados hidrometeorológicos são obtidos em 50 pontos instalados na Bacia do rio Doce. Os níveis dos rios nas estações fluviométricas monitoradas com as respectivas cotas de alerta e de inundação são divulgados por meio de um boletim. Quando a cota de alerta é alcançada, havendo um risco mais elevado de ocorrer uma inundação, o monitoramento é intensificado com emissão mais frequente de boletins incluindo as previsões para os níveis dos rios nos municípios monitorados. No decorrer da operação do SAH rio Doce os boletins são transmitidos diariamente para o CENAD, Cemaden, Corpo de Bombeiro, Polícia Militar, Defesa Civil e prefeituras dos municípios da bacia.

Hoje em dia o SAH rio Doce informa 16 municípios da bacia quanto a possibilidade de ocorrência de inundações. Os municípios beneficiados são: Ponte Nova, Nova Era, Antônio Dias, Coronel Fabriciano, Timóteo, Ipatinga, Naque, Governador Valadares, Tumiritinga, Resplendor, Galiléia, Conselheiro Pena e Aimorés no Estado de Minas Gerais, Baixo Guandu, Colatina e Linhares no Estado do Espírito Santo.

A localização das onze estações fluviométricas que compõem o Sistema de Alerta Hidrológico da Bacia do Rio Doce está apresentada na Figura 01.





inundação de 330 cm. Ressalva-se que a cota de inundação se refere ao início do alagamento na cidade de Ponte Nova, a qual está a montante da estação fluviométrica. A cota de transbordamento no trecho onde está instalada a estação fluviométrica de Ponte Nova Jusante, código 56110005, varia de 500 a 600 cm. Maiores detalhes sobre a estação podem ser encontrados na sua ficha descritiva que consta do Anexo 01.

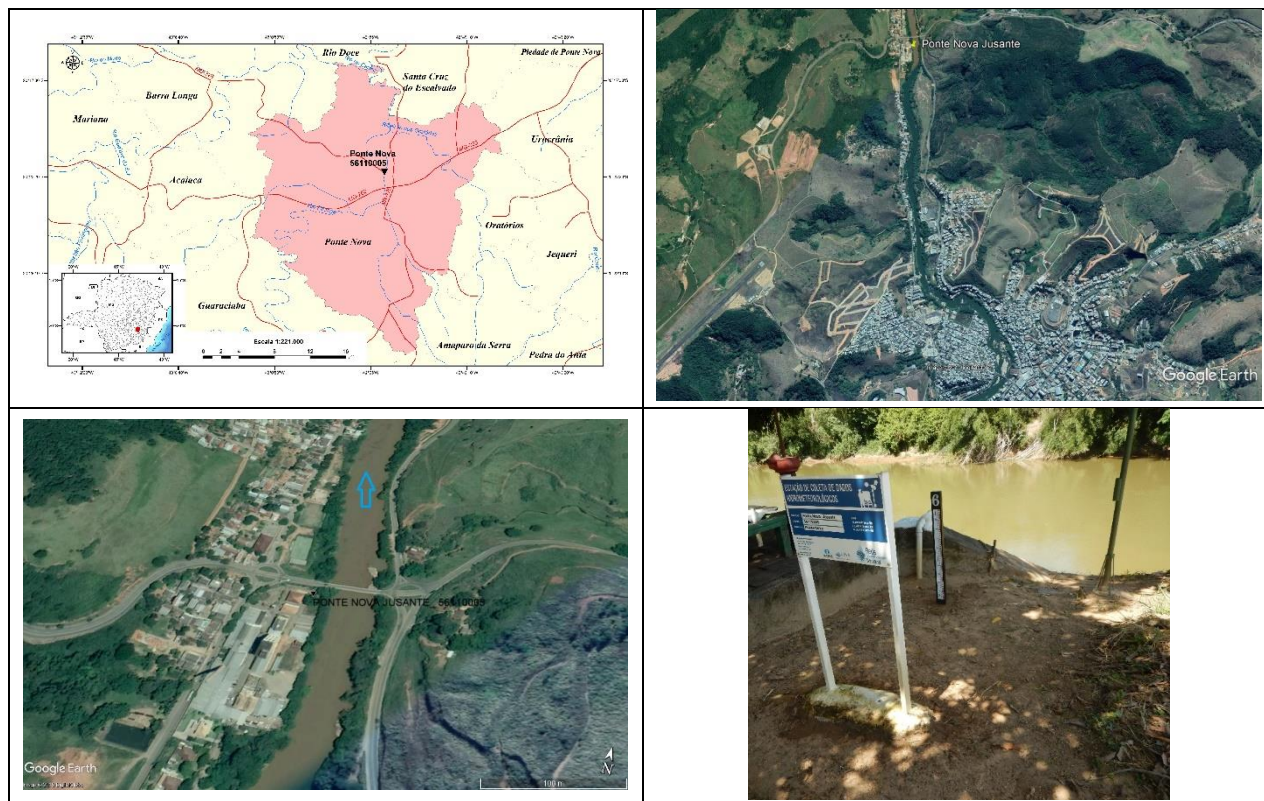


Figura 02 – Localização da estação fluviométrica de Ponte Nova Jusante

A Figura 03 apresenta o perfil da seção transversal na seção de régua da estação. Esta figura também apresenta as cotas de alerta e inundação para a cidade de Ponte Nova, bem como, as medições simultâneas de vazões e cotas realizadas entre Jun/1974 e Jan/2019 e a máxima cota observada (657 cm em 18/12/2008).

A diferença entre a máxima cota com vazão medida (651 m<sup>3</sup>/s na cota 348 cm) e a máxima cota observada nas régua é de 309 cm. No Anexo III observa-se que a série de cotas máximas por ano hidrológico apresenta 28 valores, sendo 11 valores superiores a 348 cm. A razão entre as cotas máximas com medição de vazão e a observada é 1,88 (657cm/348cm). Segundo Tucci (2002) a melhores curvas chave, aquelas com menor extrapolação do ramo superior, possuem a razão entre as cotas máximas com medição de vazão e a observada inferior a 1,25. Na Figura 03 também se observa ausência de medições de vazões no intervalo de 400 a 600 m<sup>3</sup>/s. Além disso, a seção de régua está localizada a montante de uma ponte como está apresentado na ficha descritiva da estação no Anexo I. Quando a ponte está afogada, a

relação cota descarga será afetada, exigindo a modelagem hidráulica do trecho para avaliar a interferência desta estrutura no ramo superior da curva chave da seção.

As características mencionadas no parágrafo anterior criam dificuldades a extrapolação do ramo superior da curva chave e ampliam a incerteza na estimativa das vazões a partir das cotas superiores a 348 cm. Todavia, é necessário mencionar que as medições de vazões em cotas altas envolvem riscos à segurança dos técnicos que podem inviabilizar a realização do trabalho e, além disso, a frequência de ocorrência de grandes cheias pode ser baixa.

A não alteração da cota do zero da régua, a ausência de mudanças significativas na geometria do trecho onde está instalada a estação fluviométrica, associada as incertezas da estimativa das vazões em cotas altas citadas anteriormente e, também, ao fato de 39,3% da série de cotas máximas por ano hidrológico estar no ramo extrapolado da curva chave, fez com que se optasse pela análise da frequência de cotas.

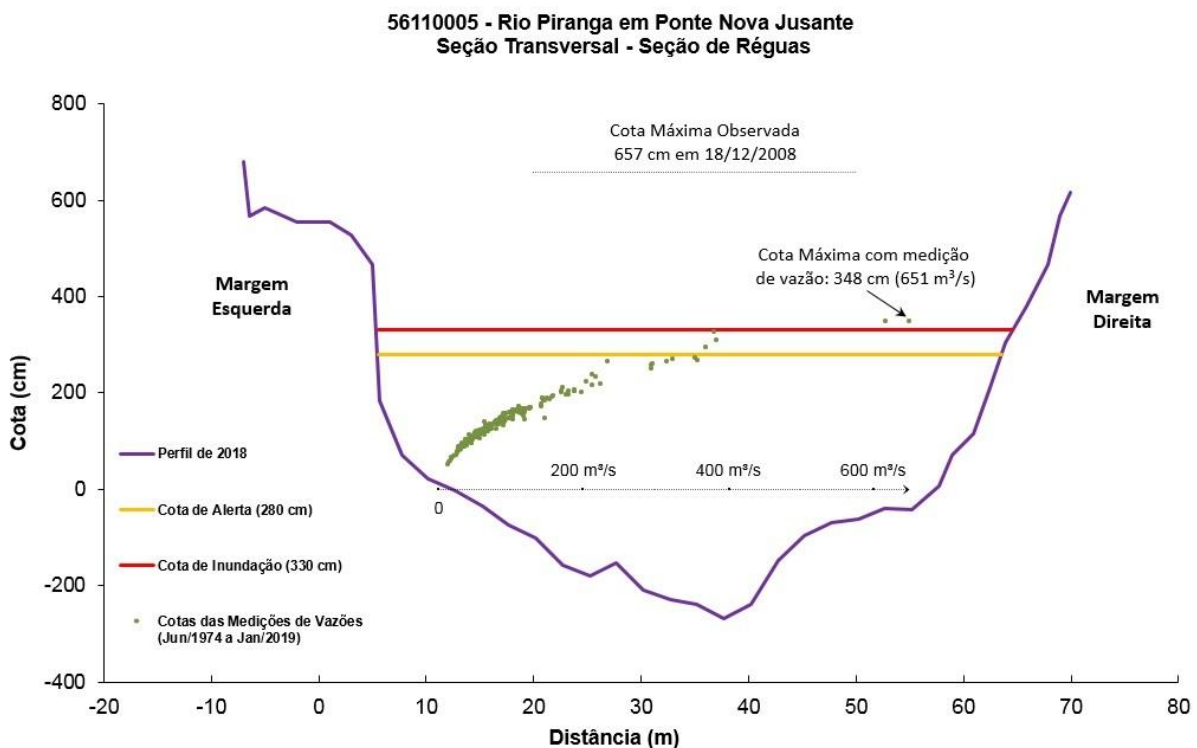


Figura 03 – Perfil da seção transversal da seção de réguas de Ponte Nova Jusante

## 2 – METODOLOGIA PARA A ANÁLISE DE FREQUÊNCIA LOCAL

A análise estatística deve ser realizada utilizando séries históricas representativas do processo analisado, sem a presença de erros acidentais ou sistemáticos e possuindo um número mínimo de elementos para garantir uma boa confiabilidade nas extrapolações. É recomendável o emprego de séries com pelo menos 30 anos hidrológicos e aceitável no mínimo 15 anos hidrológicos.

Considerando Pinto (2013) e Naghettini e Pinto (2007), foram definidas as seguintes etapas para análise de frequência local de máximos por ano hidrológico:

- Avaliar a consistência dos dados e organizar a série de cotas ou vazões máximas por ano hidrológico.

Na etapa de consistência procura-se identificar problemas com os registros de cotas ou vazões que poderiam desacreditar as informações. Para tanto podem ser realizados métodos consagrados no meio técnico, como por exemplo, verificar se há mudança do zero da régua (mudança de referência); verificar a presença de erro de metro nas cotas; verificar a presença de erro de 1/2 metro nas cotas; verificar a presença de erro de digitação; comparar a cota máxima com a cota média diária; avaliar o comportamento dos cotogramas das estações de montante e jusante; verificar as cotas máximas da série disponível nos bancos de dados com os boletins de campo; avaliar os dados que estão como duvidosos ou estimados; avaliar o preenchimento de falhas (média, linígrafo e PCD); verificar as medições de vazões; analisar as curvas chave; verificar a continuidade das vazões etc.

- Verificar a presença de valores atípicos (*outliers*)

A presença de valores atípicos (superiores e inferiores) é avaliada com o critério baseado na amplitude interquartil, AIQ (Naghettini e Pinto, 2007, página 39), e com o teste de Grubbs e Beck (Naghettini e Pinto, 2007, página 287). O valor atípico pode ter origem em erros de medição ou de processamento, mas, também pode ser o produto de causas naturais indeterminadas. Se for identificado que o valor atípico é inconsistente, este deve ser excluído da amostra. Em caso de presença de *outliers* realmente observados deve-se avaliar a manutenção ou retirada destes pontos amostrais atípicos. Pois, a presença de pontos atípicos em uma dada amostra, pode afetar drasticamente o ajuste da distribuição de probabilidades.

- Avaliar a independência, a homogeneidade e a estacionariedade das séries.

A independência dos valores de uma série significa que nenhuma observação pode influenciar a ocorrência, ou não ocorrência, da observação seguinte. No projeto de Regionalização de Vazões do Brasil a hipótese de independência é avaliada com o teste não paramétrico proposto por Wald e Wolfowitz (1943). A descrição detalhada deste teste é encontrada em Naghettini e Pinto (2007), página 264.

Uma amostra é considerada homogênea quando todos os elementos provêm de uma única e idêntica população. A recomendação é avaliar a homogeneidade da série por meio do teste não-paramétrico proposto por Mann e Whitney (1947), o qual está descrito em detalhes em Naghettini e Pinto (2007), página 265.

A estacionariedade de uma série, de um ponto de vista intuitivo, está associada a não alteração das características estatísticas ao longo do tempo o que significa a não existência de tendências, saltos e outras propriedades. Nos trabalhos da Regionalização a verificação da estacionariedade das séries é efetuada pelo teste não-paramétrico de Spearman, o qual encontra-se descrito em Naghettini e Pinto (2007), página 267.

- Estimar a distribuição empírica.

A estimativa da distribuição empírica é realizada com ordenação decrescente da série e o cálculo da posição de plotagem pela fórmula de Weibull, ou seja, no caso de séries de máximos por ano hidrológico temos  $P(P > p) = m/(N + 1)$ , onde  $m$  é número de ordem e  $N$  o tamanho de amostra.

- Definir as distribuições teóricas de probabilidades candidatas a modelagem das vazões ou cotas máximas por ano hidrológico.

A definição da distribuição teórica de probabilidade é de suma importância, pois valores calculados para um mesmo período de retorno podem apresentar grandes variações quando estimados por diferentes distribuições. Nos estudos de análise de frequência local de máximos por ano hidrológico do projeto de Regionalização são adotadas as distribuições candidatas de 2 parâmetros conforme recomendação de Hosking e Wallis (1997). As distribuições candidatas são a distribuições de Gumbel e Log-Normal.

- Calcular os parâmetros das distribuições teóricas de probabilidades candidatas.

A estimativa dos parâmetros das distribuições candidatas é efetuada pelo método dos momentos-L (Hosking e Wallis, 1997). O Anexo II apresenta as funções densidade e acumulada de probabilidades das distribuições candidatas e as equações para cálculo dos parâmetros.

- Definir a distribuição teórica que será adotada na modelagem das séries a partir da verificação da aderência à distribuição empírica.

A aderência da distribuição teórica candidata à curva da distribuição empírica é verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A descrição detalhada destes testes é encontrada em Naghettini e Pinto (2007), páginas de 275 a 278.

- Estimar os quantis associados a diferentes tempos de retorno.

Após a conclusão das etapas anteriores, calcular os quantis associados a diferentes tempos de retorno de interesse.

### 3 – RESULTADOS DA ANÁLISE DE FREQUÊNCIA LOCAL

A análise de frequência local dos níveis do rio Piranga em Ponte Nova Jusante, código 56110005, foi efetuada utilizando a série de cotas máximas por ano hidrológico (01/Out a 30/Set) apresentadas no Anexo III. Neste anexo também são apresentados alguns endereços de vídeos disponíveis na Internet dos principais eventos de cheia registrados a partir de 2003. A distribuição de frequência selecionada foi a de Gumbel, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L e também apresentados no Anexo III. As duas distribuições candidatas não foram rejeitadas pelo teste de aderência. A distribuição de Gumbel foi selecionada por apresentar menor desvio padrão dos resíduos entre a distribuição empírica e a teórica. A Figura 04 apresenta o gráfico com as distribuições empírica e teórica ajustada.

A inversa da distribuição de Gumbel é a seguinte:

$$x_T = \beta - \alpha \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (01)$$

Onde:

$T$  é o tempo de retorno (anos)

$x_T$  é o quantil associado a tempo de retorno,  $T$

$\beta$  é o parâmetro de posição (318,07 cm)

$\alpha$  é o parâmetro de escala. (83,807)

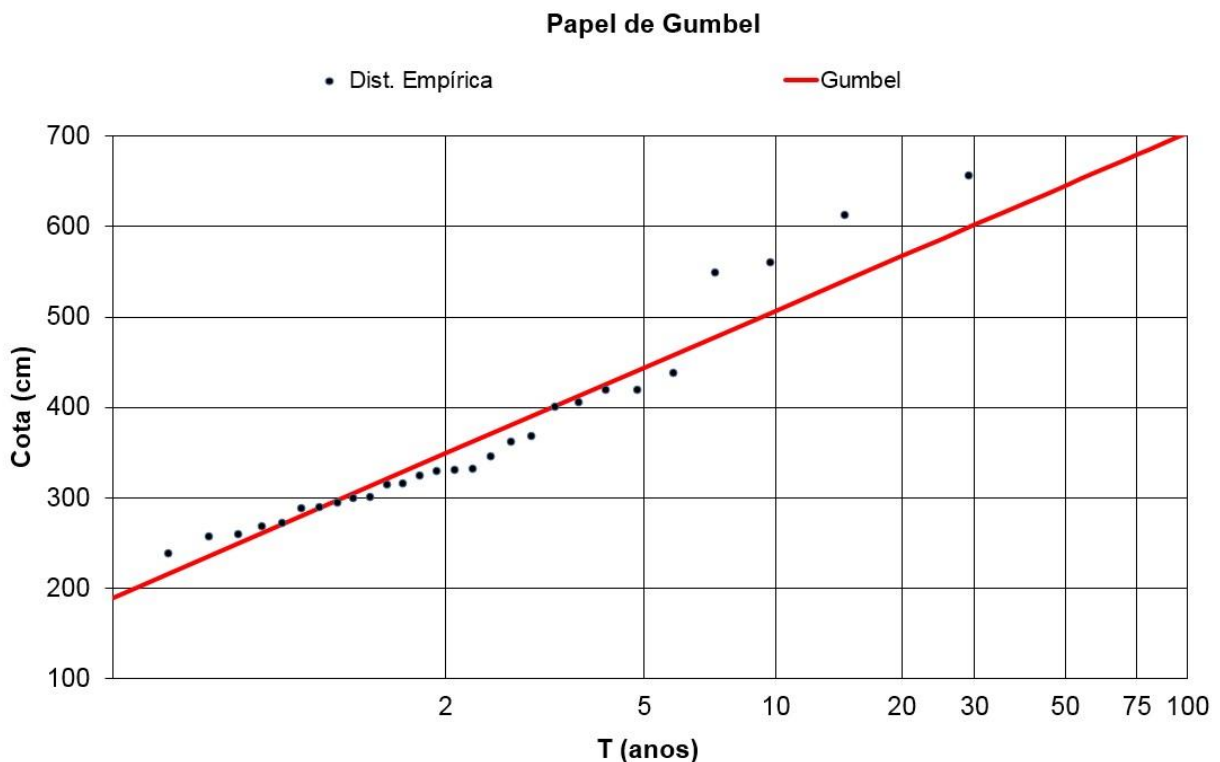


Figura 04 – Ajuste das distribuições empírica e teórica

A equação 01 é válida para tempos de retorno de 1,01 até 100 anos. A Tabela 01 apresenta as cotas associadas a diferentes tempos de retorno.

Tabela 01 – Cotas em cm

		Tempo de Retorno, T (anos)												
		2	5	10	15	20	25	30	40	50	60	75	90	100
Cotas (cm)		349	444	507	542	567	586	602	626	645	660	679	695	704

## 4 – EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

- a) No dia 18/12/2008 o rio Piranga em Ponte Nova Jusante, código 55110005, alcançou a cota de 657 cm. Qual é o tempo de retorno desta cota?

Resp: *Inicialmente, para se calcular o tempo de retorno será necessária a inversão da equação 01. Dessa forma temos:*

$$T = \frac{1}{1 - \exp\left[-\exp\left(-\frac{x_t - \beta}{\alpha}\right)\right]} \quad (02)$$

*A cota registrada foi de 657 cm, o parâmetro de posição é  $\beta = 318,07$ , e o de escala é  $\alpha = 83,807$ . Substituindo os valores na equação 02 temos:*

$$T = \frac{1}{1 - \exp\left[-\exp\left(-\frac{657 - 318,07}{83,807}\right)\right]} = 57,6 \text{ anos}$$

*O tempo de retorno de 57,6 anos corresponde a probabilidade de 1,74% da cota 657 cm ser igualada ou superada em um ano qualquer, ou*

$$P(x_T \geq 657 \text{ cm}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{57,6} 100 = 1,74 \%$$

- b) Qual é o tempo de retorno da cota de alerta em Ponte Nova Jusante, código 56110005?

Resp: *A cota de alerta em Ponte Nova jusante, código 5611005, é 280 cm. Substituindo este valor e os parâmetros da distribuição de Gumbel na equação 02, como no primeiro exemplo, temos que o tempo de retorno é de 1,26 anos. A probabilidade da cota de 280 cm ser igualada ou superada em um ano qualquer é de 79,3%.*

- c) Qual é o tempo de retorno da cota de inundação em Ponte Nova Jusante, código 56110005?

Resp: *A cota de inundação em Ponte Nova jusante, código 56110005 é 330 cm. Substituindo este valor e os parâmetros da distribuição de Gumbel na equação 02, como no primeiro exemplo, temos que o tempo de retorno é de 1,72 anos. A probabilidade da cota de 330 cm ser igualada ou superada em um ano qualquer é de 58%.*



## 5 – REFERÊNCIAS

CASTILHO, A. S. Sistema de Alerta Contra Enchentes da Bacia do Rio Doce: Relatório Técnico da Operação do Sistema de Alerta - Dezembro de 1998 a Março de 1999. CPRM. Belo Horizonte, 1999.

DNOS *Prevenção e Controle de Enchentes do Rio Doce*. Relatório do Grupo de Trabalho. Coordenação: Departamento Nacional de Obras de Saneamento – DNOS, 1982.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. *Hidrologia Estatística*. CPRM. CPRM, 2007.

HOSKING, J. R. M., WALLIS, J. R. Regional Frequency Analysis - an approach based on L-moments. Cambridge University Press, P.224, 1997.

PINTO, E. J. A. *Metodologia para definição das equações intensidade-duração-frequência do Projeto Atlas Pluviométrico*. Belo Horizonte: CPRM, 2013.

TUCCI, C. E. M. Regionalização de vazões. Brasília: ANA; Porto Alegre, UFRGS. 2002.

ANEXO I

Ficha Descritiva

Estação Fluviométrica de Ponte Nova Jusante, código 56110005

<b>ESTAÇÃO:</b> PONTE NOVA JUSANTE		<b>TIPO:</b> FRDSQT	<b>CÓDIGO:</b> 56110005		
<b>REGIÃO HIDROGRÁFICA:</b> Atlântico Leste		<b>BACIA:</b> Atlântico, Trecho Leste			
<b>RIO:</b> 56100000 - RIO PIRANGA		<b>UF:</b> MG	<b>MUNICÍPIO:</b> Ponte Nova		
<b>ENTIDADE COORDENADORA:</b> ANA		<b>ENTIDADE OPERADORA:</b> CPRM/BH			
<b>ÁREA DE DRENAGEM (Km²):</b> 6.132		<b>DRENAGEM GERAL:</b> Rio Doce			
<b>LAT.:</b> -20°23'02.00" <b>LONG.:</b> -42°54'10.00" <b>INST.:</b> GPS 45 GARMIN		<b>DATUM:</b> Córrego Alegre			
<b>ALT.(m):</b> 340 m <b>INST.:</b> Carta topográfica		<b>DATUM:</b> <b>REF. CART.:</b> SF-23-X-B-II-3			
<b>FOLHA:</b> Ponte Nova		<b>ESCALA:</b> 1:50.000		<b>ANO:</b> 1979	
ESTAÇÃO	TIPO	DATA DA INSTALAÇÃO	DATA DA EXTINÇÃO	ENTIDADE	
FLUVIOMÉTRICA	F	16.05.74		CPRM	
FLUVIOGRÁFICA	FR	10.03.76		CPRM	
SEDIMENTOMÉTRICA	S	08.11.74		CPRM	
QUALIDADE DAS ÁGUAS	Q	21.08.75		CPRM	
<b>ESTAÇÃO TELEMÉTRICA:</b> <input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não <b>DATA DA INSTALAÇÃO:</b>					
<b>LOCALIZAÇÃO:</b> Na antiga área do Instituto do Açúcar e do Alcool, no Bairro Palmeiras, 3 Km a jusante de Ponte Nova, no lugar denominado Raza.					
<b>ACESSIBILIDADE:</b> Por estrada asfaltada de Belo Horizonte até Ponte Nova ou partindo de Rio Casca e seguir até Ponte Nova.					
<b>DESCRIÇÃO DA ESTAÇÃO (RÉGUAS, LANCES, RRNN, SM, SR, PI, PF, etc.):</b>					
MARGEM: esquerda					
RÉGUAS: 2 lances com 6 réguas sendo uma de madeira (1º lance) e de alumínio (2º lance), fixada em estaca suporte, a saber:					
1º LANCE 000/500 cm					
2º LANCE 500/600 cm					
RRNN: RN-1= 5613 mm calotas de alumínio chumbadas em bloco de concreto					
RNP4 5792 mm calotas de alumínio chumbadas em bloco de concreto					
SEÇÃO MEDIDOR Junto à ponte para cotas altas.					
PROCESSOS DE MEDIÇÃO DE DESCARGA:					
INFLUÊNCIA A montante das réguas, 20 metros.					
QUALIDADE DE ÁGUA: Quatro parâmetros: temperatura, pH, OD e condutividade elétrica.					
EQUIPAMENTOS					
ESPÉCIE	Nº PATRIMÔNIO	Nº SÉRIE	PROPRIETÁRIO	EM OPERAÇÃO	DATA INSTALAÇÃO
PCD-CAMPBELL	97016480		ANA-010757	sim	17/12/2009
PCD-HOBECO	600.98570321		ANA-018456	sim	01/11/2013

**INFORMAÇÕES COMPLEMENTARES:**

**POTAMOGRAFIA:** Rio Piranga - Nasce na Serra Trapizonga, município de Ressaquinha-MG, com o nome de rio Piranga. Afluentes me.: rio Carmo, rio Piracicaba, rio Santo Antonio e rio Suaçuí Grande; md.: rio Chopotó, rio Casca, Matipó, Cuieté, Manhuaçu e rio Guandu. Deságua no Oceano Atlântico/ES. Área da bacia hidrográfica: 84.700 km<sup>2</sup>.

**POSIÇÃO EM RELAÇÃO À REDE:**

MONTANTE: PORTO FIRME

JUSANTE:

**CARACTERÍSTICA DO TRECHO:**

Regime:

- Perene    Intermitente  
 Efêmero

Conformação:

- Retilínio    Anastomosado  
 Curvo    Meandrante

Leito

- Regular    Irregular

**NATUREZA E INCLINAÇÃO DAS MARGENS:**

**NATUREZA:**

**ME:**

**MD:** Argilosa com vegetação de médio porte

**INCLINAÇÃO:**

**ME:** Média

**MD:** Alta

**NATUREZA DO LEITO:** Areia e pedra

**CONTROLE:** Ponte

**LOCALIZAÇÃO:** Jusante

**DISTÂNCIA (m):** 50 m

**COTA DE TRANSBORDAMENTO (cm):** 500 cm

MARGEM DIREITA

MARGEM ESQUERDA

**OBSERVADOR:**

**NOME:** José Mol Guimarães Filho

**PROFISSÃO:**

**GRAU DE INSTRUÇÃO:** 2º grau

**ENDEREÇO:** Rua Joaquim Machado Guimarães, 1059

**FONE:** 3817-6162/6272

**BAIRRO:**

**CEP:**

**CIDADE:** Ponte Nova

**ESTADO:** MG

**DISTÂNCIA DA RESIDÊNCIA ATÉ A ESTAÇÃO (m):** 600 m

**MEIO DE COMUNICAÇÃO MAIS PRÓXIMO DA CASA DO OBSERVADOR:** Telefone

**DISTÂNCIA DA CASA DO OBSERVADOR (m):** 1200 m

**OBSERVAÇÃO:** Celular: 9989-1579

**NA AUSÊNCIA DO OBSERVADOR PROCURAR POR**

**NOME:** Edna Mol Guimarães

**ENDEREÇO:** Rua Joaquim Machado Guimarães, 1059

**FONE:**

**BAIRRO:**

**CEP:**

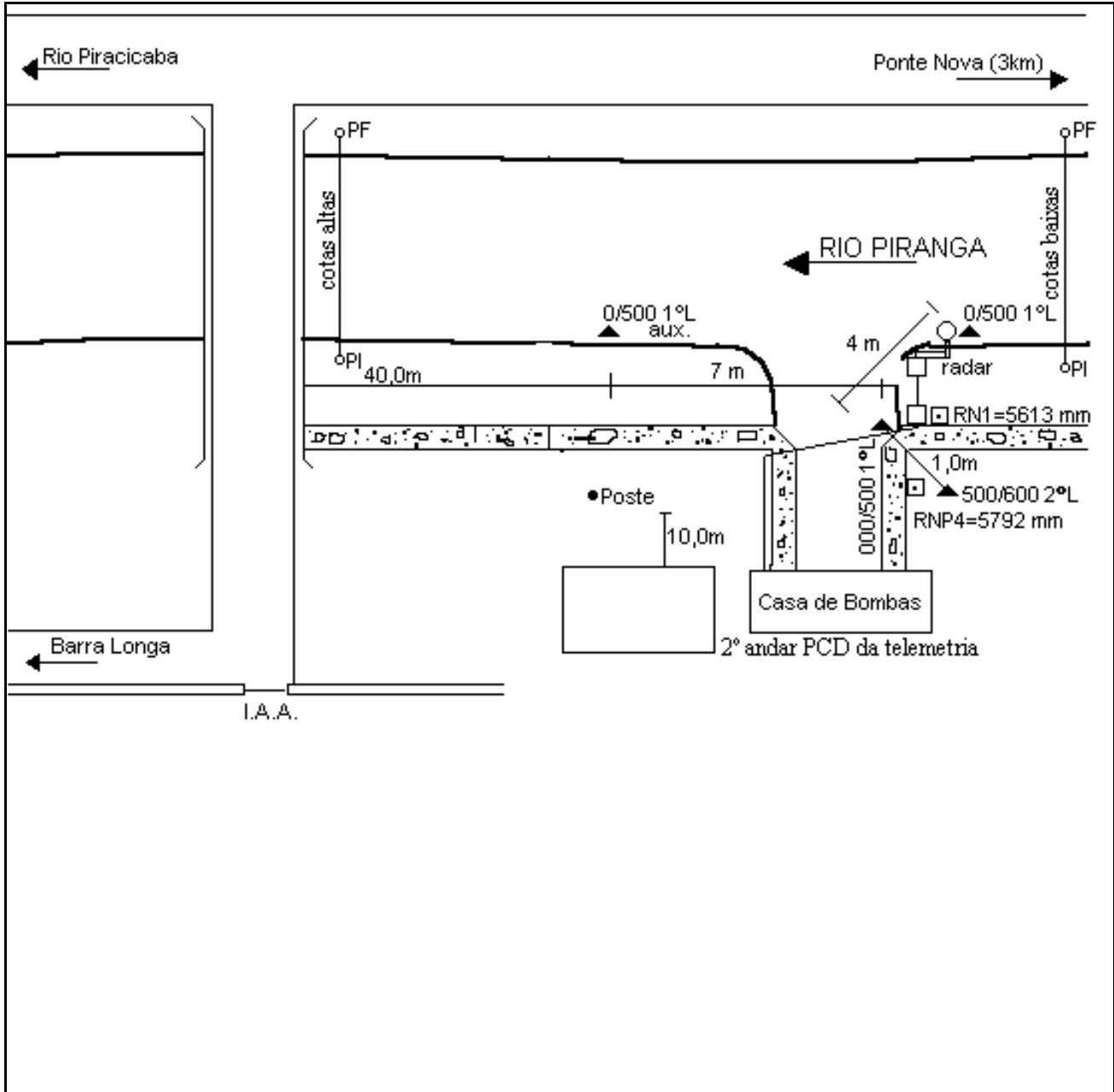
**CIDADE:** Ponte Nova

**ESTADO:** MG

**OBSERVAÇÕES:**

Equipamento CAMPBELL: Plataforma automática de coleta de dados, composta por barômetro, modem GPRS, sensor de pressão, pluviômetro, antena e painel solar. PCD HOBECO de transmissão GOES com pluviômetro, antena, painel solar e radar.

**CROQUI:**



ANEXO II  
Distribuição de Gumbel e Log-Normal.

## ANEXO II

### DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL

- Função Densidade de Probabilidade

$$f_X(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[ -\frac{x-\beta}{\alpha} - \exp \left( -\frac{x-\beta}{\alpha} \right) \right]$$

$\alpha$  = Parâmetro de escala       $\beta$  = Parâmetro de posição

Limites:  $-\infty \leq x < \infty$

- Função Acumulada de Probabilidades

$$F_X(x) = \exp \left[ -\exp \left( -\frac{x-\beta}{\alpha} \right) \right]$$

- Inversa da função acumulada

$$x = \beta - \alpha \ln[-\ln(F(x))]$$

- Momentos L

$$\lambda_1 = \beta + \alpha \gamma_E \quad \lambda_2 = \alpha \ln(2) \quad \lambda_3 = \alpha [2 \ln(3) - 3 \ln(2)] \quad \lambda_4 = \alpha [5 \ln(4) - 10 \ln(3) + 6 \ln(2)]$$

$$\tau_3 = 0,1699 \quad \tau_4 = 0,1504$$

- Estimativa dos parâmetros pelos momentos-L

$$\hat{\alpha} = \frac{l_2}{\ln(2)} \qquad \hat{\beta} = \frac{l_1}{\hat{\alpha} \gamma_E}$$

Onde  $l_1$  e  $l_2$  são os momentos-L amostrais e  $\gamma_E = 0,5572157$  é a constante de Euler.

Fonte: Hosking e Wallis (1997)

## ANEXO II

### DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL

Os dados transformados pelo logaritmo natural,  $\ln(x)$ , se distribuem como uma normal

### DISTRIBUIÇÃO NORMAL

- Função Densidade de Probabilidade

$$f_X(x) = \frac{1}{\sigma} \phi\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)$$

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}x^2\right)$$

Parâmetros:  $\mu$  é o parâmetro de posição e  $\sigma$  é o parâmetro de escala

Limites:  $-\infty \leq x < \infty$

- Função Acumulada de Probabilidades

$$F_X(x) = \Phi\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)$$

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \phi(t) dt$$

- Inversa da função acumulada

$x(F)$  não possui forma analítica

- Momentos-L

$$\lambda_1 = \mu \quad \lambda_2 = 0,5642\sigma = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\sigma \quad \tau_3 = 0 \quad \tau_4 = 0,1226 = [30\pi^{-1}\arctan(\sqrt{2})] - 9$$

- Estimativa de parâmetros pelos momentos-L

$$\hat{\mu} = \lambda_1 \quad \hat{\sigma} = \lambda_2\sqrt{\pi}$$

OBS: Inicialmente os dados são transformados pelo logaritmo natural,  $\ln(x)$ . Em seguida são calculados os momentos-L e depois os parâmetros.

Fonte: Hosking e Wallis (1997)



ANEXO III  
Série de Dados Utilizados – Cotas  
Estatísticas da série

### ANEXO III

#### Série de Dados Utilizados – Cotas (cm) Máximos por ano hidrológico (01/Out a 30/Set)

N	AI	AF	Data	Hora	Cota (cm)	Observações
1	1978	1979	03/02/1979	-	549	(DNOS, 1982) Anexo V – Quadro I – Página 116
2	1990	1991	19/01/1991	17:00	438	DL
3	1991	1992	26/01/1992	17:00	420	DL
4	1992	1993	09/11/1992	17:00	325	DL
5	1993	1994	14/01/1994	17:00	330	DL
6	1994	1995	26/12/1994	07:00	268	DL
7	1995	1996	02/01/1996	17:00	280	DL
8	1996	1997	Jan/1997		560	Nivelamento da marca de cheia (Castilho, 1999) – Página 25 e Anexo 7
9	1997	1998	10/12/1997	08:00	260	CAD - Frequência de coleta: 3 H
10	1998	1999	13/03/1999	04:00	239	CAD - Frequência de coleta: 2 H
11	1999	2000	09/02/2000	13:00	333	CAD - Frequência de coleta: 2 H
12	2001	2002	27/01/2002	10:00	301	CAD - Frequência de coleta: 1 H
13	2002	2003	17/01/2003	07:00	405	CAD - Frequência de coleta: 1 H
14	2003	2004	12/01/2004	09:00	419	CAD - Frequência de coleta: 2 H
15	2004	2005	06/03/2005	09:00	401	CAD - Frequência de coleta: 1 H
16	2005	2006	14/12/2005	03:00	347	CAD - Frequência de coleta: 1 H
17	2006	2007	25/01/2007	10:00	331	CAD - Frequência de coleta: 1 H
18	2007	2008	01/02/2008	11:00	369	CAD - Frequência de coleta: 1 H
19	2008	2009	18/12/2008	14:00	657	Nivelamento da marca de cheia (SACE) <a href="http://www.cprm.gov.br/sace/index_manchas_inundacao.php#">http://www.cprm.gov.br/sace/index_manchas_inundacao.php#</a>
20	2009	2010	05/12/2009	22:00	289	CAD - Frequência de coleta: 6 H
21	2010	2011	26/12/2010	07:00	361,5	CAD - Frequência de coleta: 1 H
22	2011	2012	04/01/2012	12:00	612	Nivelamento da marca de cheia (SACE) <a href="http://www.cprm.gov.br/sace/index_manchas_inundacao.php#">http://www.cprm.gov.br/sace/index_manchas_inundacao.php#</a>
23	2013	2014	03/12/2013	19:00	295	CAD - Frequência de coleta: 1 H
24	2014	2015	30/11/2014	01:00	257,8	CAD - Frequência de coleta: 1 H
25	2015	2016	19/01/2016	00:45	315	PCD - GOES - Frequência de coleta: 15 min
26	2016	2017	16/12/2016	13:15	316	PCD - GOES - Frequência de coleta: 15 min
27	2017	2018	24/03/2018	01:45	272	PCD - GOES - Frequência de coleta: 15 min
28	2018	2019	01/01/2019	12:15	300	PCD - GOES - Frequência de coleta: 15 min

DL – Dupla Leitura (07 e 17 H) – Horário de Brasília

CAD – Central de Aquisição de Dados – Transmissão via linha telefônica – Horário de Brasília

PCD – Plataforma de coleta de dados – Transmissão via satélite – Horário UTC.

ANEXO III  
Estatísticas da série

Vídeos na INTERNET registrando alguns grandes eventos de cheia.

Evento de 17/01/2003: <https://www.youtube.com/watch?v=7kf9gCmJVk4>

Evento de 18/12/2008: <https://www.youtube.com/watch?v=AZgC6dOSX8U>

Evento de 18/12/2008: <https://www.youtube.com/watch?v=5GPqmc3oew8>

Evento de 04/01/2012: <https://www.youtube.com/watch?v=XCJJ2uzOqdQ>

Estatísticas da série de Máximos por ano hidrológico (01/Out a 30/Set)

Estatísticas da Série

Média cm	Desvio- Padrão cm	Máximo cm	Mínimo cm	Amplitude cm	Assimetria	Mediana cm	1º Quartil cm	3º Quartil cm	AIQ cm
366,4	109,5	657,0	239,0	418,0	1,4	330,5	293,8	408,5	114,7

Momentos-L e Razões-L

$l_1$	$l_2$	L-CV	L-SKEW	L-KURT
366,4400	58,0907	0,1585	0,3250	0,1822

Função Acumulada de Probabilidade de Gumbel para Máximos ( $\beta$  e  $\alpha$  são parâmetros da distribuição de Gumbel e T é o tempo de retorno em anos)

$$F_x(x) = 1 - \frac{1}{T} = \exp\left[-\exp\left(-\frac{x-\beta}{\alpha}\right)\right] \text{ para } -\infty < x < \infty, -\infty < \beta < \infty, \alpha > 0$$

Inversa da distribuição de Gumbel:  $x(T) = \beta - \alpha \left\{ \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T} \right) \right] \right\}$

Parâmetros da Distribuição de Gumbel

Fonte: Naghettini e Pinto, Hidrologia Estatística, 2007, pág. 234

$$\alpha = \frac{l_2}{\ln(2)} \quad \beta = l_1 - 0,5772\alpha$$

Distribuição	Posição ( $\beta$ )	Escala ( $\alpha$ )
Gumbel ( $\beta, \alpha$ )	318,07	83,807



# Disponibilidade hídrica do Brasil

## Estudos de regionalização de vazões nas bacias hidrográficas brasileiras

### Análise de Frequência de Cotas dos Sistemas de Alerta

## Endereços

### Brasília/DF - Sede

Setor Bancário Norte - SBN  
Quadra 02, Asa Norte  
BLoco H - Edifício Central Brasília  
Brasília - DF - Brasil  
CEP: 70040-904  
Tel.: (61) 2108-8400

### Escritório do Rio de Janeiro

Avenida Pasteur, 404 - Urca  
Rio de Janeiro - RJ - Brasil  
CEP: 22290-255  
Tel.: (21) 2295-0032

### Superintendência de Belo Horizonte - SUREG/BH

Avenida Brasil, 1731  
Funcionários  
Belo Horizonte - MG - Brasil  
CEP: 30140-002  
Tel.: (31) 3878-0307  
Fax: (31) 3878-0383

