

XI SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

CARACTERIZAÇÃO HIDROLÓGICA DO RIO PELOTAS NA UHE BARRA GRANDE

*Benício Emanuel Omena Monte¹; Cledeilson Pereira Santos¹; Carlos Alberto Inácio da Silva¹;
Denis Duda Costa¹; Christopher Freire Souza².*

RESUMO – A importância dos estudos estatísticos de extremos de vazão está na caracterização de recursos disponíveis ou mesmo ameaças à sociedade a partir de uma amostra de dados. Neste trabalho, explora-se a hidrologia do rio Pelotas na área da Usina Hidroelétrica de Barra Grande a partir de análise exploratória de dados, análise de homogeneidade e ajuste de modelos de distribuição de probabilidades para estimar magnitudes de eventos de cheia e estiagem com tempos de recorrência de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos. Verificaram-se alguns *outliers* não representativos, porém não foram retirados, foi detectado um comportamento homogêneo entre os períodos 1962-1984 e 1985-2006, bons ajustes das distribuições escolhidas com os dados observados, havendo a necessidade de tratamento de zeros e tendo como resultados: probabilidades que propiciaram as estimativas de vazão por tempo de retorno.

ABSTRACT– The importance of statistics studies from extreme floods is in the characterization of available resources or threats to society from a sample data. In this paper, we explore the Pelotas river hydrology in the area of Barra Grande hydroelectric from exploratory data analysis, homogeneity analysis and adjusting models to estimate the probably distribution of magnitudes of flood and drought events with recurrence periods of 2, 5, 10, 20, 50 and 100 years. So, there are some not representative outliers, but were not removed, was detected a homogeneous /behavior between the periods of 1962-1984 and 1985-2006, good fits of the chosen distribution with to observed data, need a kind of treatment of zeros and with the results: probabilities that provide the estimate of the floods of returns periods.

Palavras-Chave – Weibull; GEV; χ^2

1. INTRODUÇÃO

A gestão e o planejamento dos recursos hídricos necessita primordialmente que perpassa por um diagnóstico da base de dados. Ter o conhecimento de como se apresenta os fenômenos hidrológicos ou hidrometeorológicos dá subsídios para que se diminuam impactos decorrentes de eventos naturais como inundações de grande porte ou estiagens prolongadas, evitando problemas

1) Mestrando em Recursos Hídricos e Saneamento (UFAL), Campus A.C. Simões – Av. Lourival Melo Mota ,s/n, Cidade Universitária, Maceió, Alagoas, Brasil, 57072-900, 3214-1861, benicio_monte1@hotmail.com, cledeilson-ifs@hotmail.com, albertufal@gmail.com, denisdudacosta@gmail.com.

2) Professor efetivo do Centro de Tecnologia (CTEC), Universidade Federal de Alagoas (UFAL), Campus A.C. Simões – Av. Lourival Melo Mota ,s/n, Cidade Universitária, Maceió, Alagoas, Brasil, 57072-900, 3214-1861, cfsouza.ufal@gmail.com

socioeconômicos de grande escala. Exemplos dos produtos que os eventos extremos trazem são: racionamento de energia ou água, inundações, alagamentos urbanos e limitações de obras hidráulicas.

A predição de eventos de inundação ocorre a partir de uma estatística de amostras do passado e tem como resultado níveis de chuva ou vazão alcançando ou ultrapassando um limite escolhido. O uso das distribuições clássicas extremas para estimar eventos é recorrente na hidrometeorologia e hidrologia.

A estatística de extremos tem desempenhado (Katz et al 2002) um papel importante dentro da gestão e concepção da engenharia dos recursos hídricos, podendo servir para melhorar o rigor de intervenções com efeitos hidrológicos.

Este estudo tem o objetivo de caracterizar o comportamento hidrológico do rio Pelotas na UHE Barra Grande através de uma análise exploratória dos dados de vazão natural reconstituída, estudos de homogeneidade dos dados e estimativas de magnitudes de eventos com 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, a partir de ajustes dos modelos de distribuição de probabilidades tanto para épocas de cheia como também estiagem na região.

2. METODOLOGIA

2.1 Área de Estudo

O rio Pelotas tem sua nascente na cidade de Bom Jardim da Serra no estado de Santa Catarina e sua junção com o rio Canoas ocorre já no estado do Rio Grande do Sul, formando a Bacia Hidrográfica do rio Uruguai (sendo parte integrante da Bacia da Prata). Sua extensão é de 35.813 km², com uma geologia (Strassburger 2005) de derrames basálticos e geomorfologia de planaltos caracterizados por escarpas, vales e de forte ondulação.

Seu comportamento hídrico costuma ser de alta amplitude, com grandes volumes em setembro e estiagem entre março e abril (SANTA CATARINA 1997 *apud* Lamenha e Silva e Souza 2010), (Figura 1).

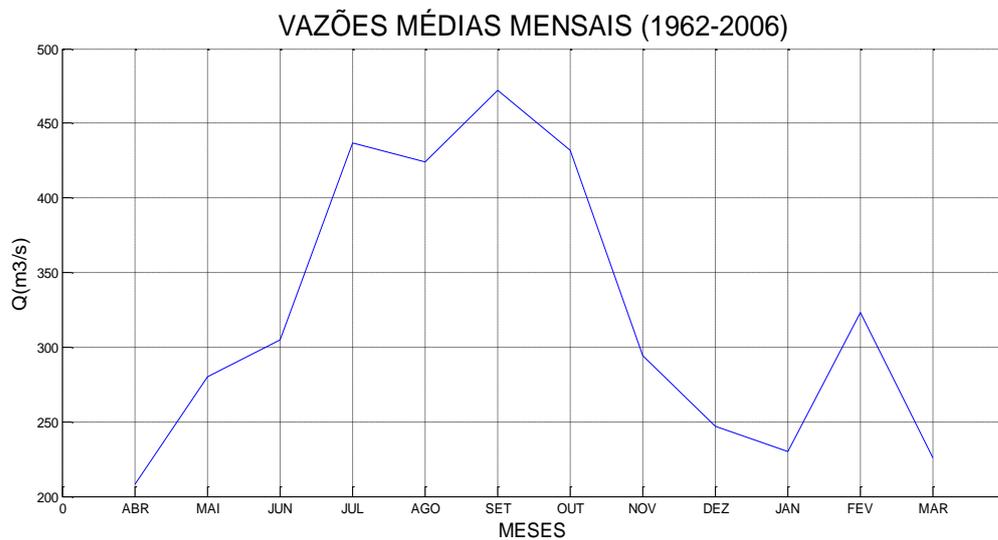


Figura 1 – Ano hidrológico de cheia do rio Pelotas (Posto UHE Barra Grande)

Os dados de vazões naturais reconstituídas (vazões sem influência antrópica direta ou indireta na bacia hidrográfica) foram preparados para a região que se encontra entre os municípios de Anita Garibaldi (Santa Catarina) e Pinhal da Serra (Rio Grande do Sul), na qual está instalada a UHE Barra Grande, estes dados estão estruturados em uma periodização diária, discretizados em máximos e mínimos anuais, sendo fornecidos pelo Operador Nacional Elétrico (ONS). (Figura 2).



Figura 2 – Área de estudo

2.2 Análise de frequências locais para variáveis aleatórias contínuas

2.2.1 Tratamento dos dados

Um valor tido como *outlier* (ponto atípico) pode afetar qualquer análise estatística, para ser retirado de uma análise de frequência necessita de uma averiguação adicional (Naghettini e Pinto 2007). Se comprovado erro de obtenção do dado a retirada é importante, contudo, se for derivado de um evento extremo pouco comum à região de estudo, o caminho é manter o valor e procurar modelos probabilísticos que se adequem a tal situação. Os dados de vazões naturais reconstituídas (Dezembro de 1962-Dezembro de 2006) passaram por uma análise para identificação de *outliers* (pontos atípicos).

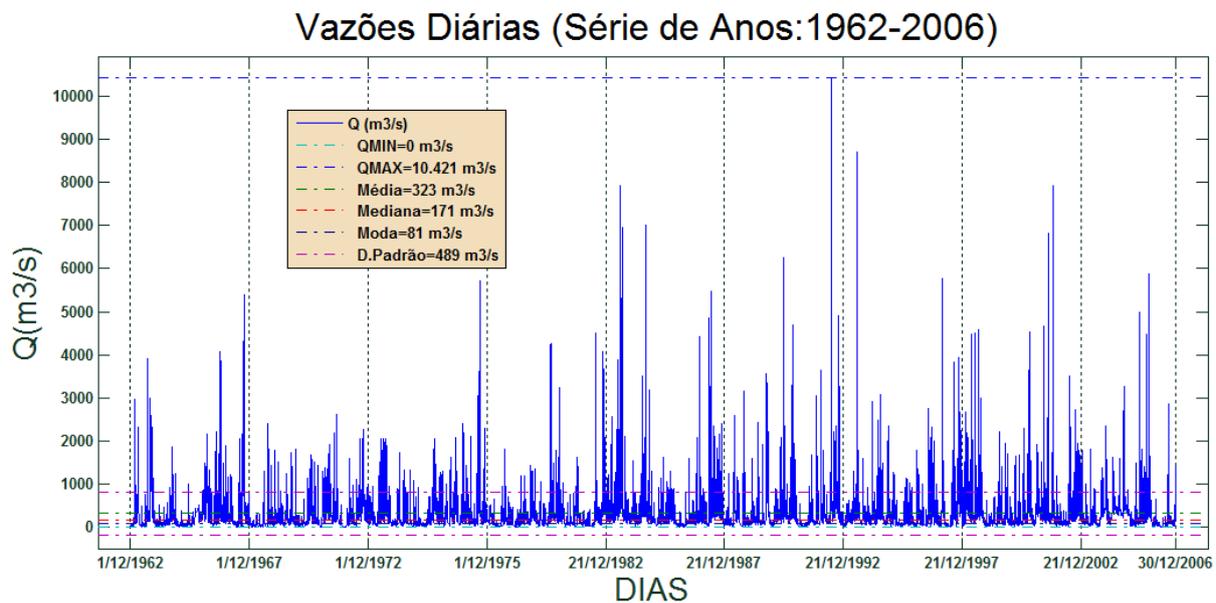


Figura 3 – Comportamento diário das vazões no posto fluviométrico da UHE Barra Grande

O programa a ser utilizado é o Expert System for At-Site Frequency Analysis of Hydrologic Variables (SEAF) com a metodologia de Grubbs & Beck criada em 1972, e exemplificada por Naghettini e Pinto (2007), na qual x_S e x_I definem os limites superior e inferior, respectivamente, de uma amostra ou população de dados para a consideração de pontos atípicos:

$$x_S = \exp(\bar{x} + k_{N,\alpha} s_X) \quad (1)$$

$$x_I = \exp(\bar{x} - k_{N,\alpha} s_X) \quad (2)$$

Em que:

s_X : Desvio padrão de uma amostra de tamanho N , de uma variável aleatória X ;

$k_{N(N,\alpha)}$: Valor crítico da estatística de Grubbs e Beck para um nível de significância α .

2.2.2 Teste de Homogeneidade

Nos estudos de análise de frequências locais contínuas o primeiro passo é a utilização de testes de homogeneidade, de preferência não-paramétricos, devido à sua maior flexibilidade.

Foi selecionado um teste de hipóteses não paramétrico de homogeneidade através da metodologia da Soma de Postos de Wilcoxon de amostras independentes, que equivale ao teste de Mann-Whitney. As amostras devem ser independentes e o nível de significância de alfa foi de $\alpha = 0,05$.

Esse teste tem por objetivo identificar se duas amostras são extraídas de populações com mesma mediana, onde se associam postos a todos os valores individuais combinados em uma única coleção de valores. Quando postos altos e baixos se dividem igualmente entre as duas amostras, a hipótese nula é confirmada (Triola, 2008).

Posteriormente ao tratamento, deve se iniciar a escolha da metodologia para estimar o tempo de retorno das vazões, no caso deste estudo foram utilizadas as distribuições: Valores Extremos Generalizados (GEV) para vazões máximas e Weibull para vazões mínimas.

2.2.3 Distribuições extremas clássicas

Existem dois tipos de distribuições probabilísticas, a de valores clássicos extremas como Valores Extremos Generalizados (GEV) e Weibull ou não extremas na forma exponencial como Pearson III e Generalizada de Pareto.

Para se escolher uma distribuição é necessário analisar os seguintes aspectos:

1. Distribuições de probabilidades teóricas clássicas de valores extremos são as únicas embasadas para o emprego de representação dos valores máximos ou mínimo. Observa-se, todavia, que análises a partir de dados horários ou diários, por mais que possuam uma boa correlação serial, não significam que convergem para alguma das distribuições clássicas de extremos (Naghettini e Pinto 2007).

2. Hosking & Wallis (1997 *apud* Naghettini e Pinto 2007) preconizam que, obedecendo ao preceito da parcimônia estatística, recomenda-se que se utilizem distribuições de mais de dois parâmetros, pois produzem estimativas menos tendenciosas de quantis tanto na cauda superior quanto na inferior.

3. A estimação dos parâmetros pode ser realizada por vários métodos como dos momentos e da máxima verossimilhança.

4. Deve ser feita a aderência da distribuição teórica de acordo com a distribuição empírica dos dados, através das funções de probabilidades. Os principais métodos são os testes de Qui-Quadrado, Filiben, Kolmogorov-Smirnov e Anderson-Darling.

5. O “Peso” de uma cauda superior decreta a intensidade com que os quantis se elevam derivada das probabilidades de ocorrências altas, tendo também como resultado o nível que a função densidade $f_x(x)$ diminui quando um valor x declina para valores altos, o que pode limitar o uso de algumas distribuições.

6. Para grandes amostragens, um exame visual, por mais que seja subjetivo, pode ser empregado como método para determinar a qualidade dos resultados da distribuição, e isso ocorre ao utilizar-se dos papéis de probabilidades de dados observados, no qual são plotados junto com os dados estimados.

7. Todas as distribuições são candidatas a serem utilizadas para estudos de dados hidrológicos ou hidrometeorológicos. O que o pesquisador necessita é identificar quais distribuições possuem bom ajuste.

2.2.4 Distribuição de Valor Extremo Generalizado (GEV)

A distribuição de probabilidade a ser utilizada para estimar magnitudes de recorrências de vazões máximas é a do Valor Extremo Generalizado (GEV), que possui três parâmetros (forma (κ), escala (α) e posição (β)). Se $\kappa = 0$, a distribuição equivale à distribuição Gumbel de dois parâmetros, chamada de GEV tipo I (escala (α) e posição (β)), e não há limitação inferior e nem superior. Quando $\kappa > 0$, é chamada GEV do tipo II, com uma forma exponencial simples equivalente à distribuição de Fréchet. Se $\kappa < 0$, forma exponencial com limite, sendo chamada de GEV tipo III, se assemelhando a uma distribuição Weibull (Figura 4).

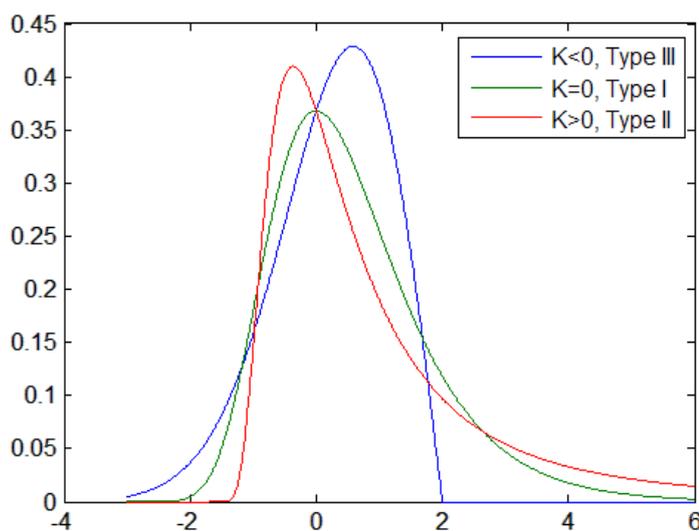


Figura 4 – Exemplo de uma função densidade de probabilidades GEV (Fonte: Matlab, 2008)

O cálculo se dá por três equações:

Para o parâmetro de forma apenas se calcula o coeficiente de assimetria:

$$y = (\text{sinal de } k) \frac{-\Gamma(1+3k) + 3\Gamma(1+k)\Gamma(1+2k) - 2\Gamma^2(1+k)}{[\Gamma(1+2k) - \Gamma^2(1+k)]^{3/2}} \quad (3)$$

Posteriormente calcula-se o parâmetro de escala:

$$\alpha = \sqrt{\frac{k^2 \text{Var}[Y]}{\Gamma(1+2k) - \Gamma^2(1+k)}} \quad (4)$$

E por último o parâmetro de posição:

$$\beta = E[Y] - \frac{\alpha}{k} [1 - \Gamma(1+k)] \quad (5)$$

Os quantis da distribuição GEV podem ser obtidos pelas equações:

$$x(F) = \beta + \frac{\alpha}{k} [1(-\ln F)]^k \quad (6)$$

$$x(T) = \beta + \frac{\alpha}{k} \{1 - [-\ln(1 - \frac{1}{T})]^k\} \quad (7)$$

Em que:

F = Probabilidades anuais de não excedência

T = Período de retorno

O programa utilizado para as estimações foi MATLAB, por meio do método de Máxima Verossimilhança, por ter como produto estimadores com menor grau de variância, sendo consistentes, suficientes e com maior eficiência.

2.2.4 Weibull

A distribuição utilizada para estimações de mínima é de Weibull, a qual possui dois parâmetros: escala (α) é calculado através do valor do coeficiente de variação comparado com uma tabela, encontrada em Naghettini e Pinto (2007), e consecutivamente se calcula o parâmetro de forma (β).

O coeficiente de variação de Weibull é descrito abaixo:

$$cv_z = \frac{\sqrt{\Gamma(1+\frac{2}{\alpha}) - \Gamma^2(1+\frac{1}{\alpha})}}{\Gamma(1+\frac{1}{\alpha})} = \frac{\sqrt{B(\alpha) - A^2(\alpha)}}{A(\alpha)} \quad (8)$$

O parâmetro de forma (β) é obtido através da fórmula:

$$\beta = \frac{E[Z]}{A(\alpha)} \quad (9)$$

Os quantis da distribuição Weibull podem ser obtidos por umas das equações abaixo:

$$z(F) = \beta[-\ln(1 - F)]^{\frac{1}{\alpha}} \quad (10)$$

$$z(T) = \beta \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right]^{\frac{1}{\alpha}} \quad (11)$$

O programa utilizado para as estimações foi MATLAB, por meio do método de Máxima Verossimilhança, no qual primeiro estima-se o parâmetro de escala (α) e posteriormente o parâmetro de forma (β) com um nível de significância de alfa igual a 0,05.

2.2.5 Tratamento de Zeros

Nos dados de vazões mínimas anuais foram detectadas a existência de vazões nulas, estes valores tendem a deslocar a curva de frequência para direita (GORDON 1992) tornando os grandes eventos mais raros. Nas busca de resultados de maior confiabilidade das estimações utiliza-se alguma metodologia para correção dos zeros.

A solução encontrada parte da utilização do Teorema de Probabilidade Total descrito por Hann (1977) *apud* Gordon (1992), e é representada pela equação abaixo:

$$P(x) = c \cdot P^*(x) \quad (12)$$

Onde:

$P(x)$: Probabilidade de excedência para todos os valores

c : Probabilidade de x não ser zero (divisão de dados não nulos por todos a dados)

$P^*(x)$: Probabilidade dos dados não nulos

2.2.5 Testes de aderência

Os testes de aderência são (Naghetini e Pinto 2007) testes de hipóteses que aludem à verificação da forma de uma distribuição de probabilidades, com o objetivo de inquirir se uma variável aleatória segue determinada distribuição.

Segundo Campos (2009), em regra geral não há uma determinação para uso de uma função de densidade de probabilidade que melhor represente certa variável. Isto fica a cargo do investigador.

O teste de aderência utilizado foi o de Qui-Quadrado para identificar se as amostras de vazões máximas e mínimas possuem uma boa aderência, respectivamente, com as distribuições GEV e Weibull; o nível de significância de alfa para determinar a aderência é de $\alpha = 0,05$ (95 % de nível de confiança), sendo uma análise bidimensional.

O teste de hipóteses dita que a hipótese nula é confirmada quando a variável X segue uma distribuição especificada. Já a hipótese alternativa é que X não segue tal distribuição.

No teste, avalia-se o ajuste a partir da diferença máxima entre as funções de probabilidades acumuladas, empírica e teórica.

2.2.6 Posição de Plotagem

Em estudos de eventos máximos, a estimação de probabilidade empírica de excedência associada a certo valor da variável recebe o nome de posição de plotagem (Naghettini e Pinto, 2007).

Como os dados hidrológicos utilizados são uma amostra de certa população, cada dado recebe um valor fracionado, e é recomendável que a menor variável aleatória contínua receba o valor 1 (mais recorrente) e a maior igual a 0 (menos recorrente). Valores 0 e 1 só podem ser dados caso se tenha conhecimento prévio que na amostra existam os valores limites, contudo, em estudos hidrológicos não é possível.

Para valores máximos ou médios, a posição de plotagem ordena-se de forma decrescente, representando valores de excedência e para mínimos de forma crescente.

Foi utilizada a equação de Gringorten (apropriada para a distribuição GEV) e a equação de Weibull (apropriada para probabilidades de excedência não enviesadas de todas as distribuições), tendo como produto um gráfico com a visualização dos eventos de chuva empírico e estimado com seus respectivos tempos de retorno.

Equação de Gringorten:

$$q_i = \frac{i - 0,44}{n + 0,12} \quad (13)$$

Em que:

i = posição da amostra ordenada (forma decrescente)

n = tamanho da amostra

Equação de Weibull:

$$q_i = \frac{i}{n + 1} \quad (14)$$

Em que:

i = posição da amostra ordenada (forma crescente)

n = tamanho da amostra

Após esses cálculos foram obtidos os tempos de retorno empíricos para vazões máximas e mínimas.

2.2.7 Tempo de Retorno

O tempo de retorno (T) é o inverso da probabilidade (p), pois é o tempo em média que um evento pode ocorrer novamente ou ser superado.

$$T_r = \frac{1}{p} \quad (15)$$

Onde:

Tr: Tempo de retorno (Anos)

p: Probabilidade de ocorrência

As magnitudes de vazão estimadas foram de 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos, as quais têm frequências mais usuais para estudos de gestão de recursos hídricos bem como para obras hidráulicas.

3. RESULTADOS

3.1 Caracterização e estimação dos tempos de retorno

A variação anual detectada está demonstrada abaixo; nela foram plotados em valores mensais os máximos das vazões máximas, as médias das vazões médias e as mínimas das vazões mínimas com intuito de observar as amplitudes do comportamento do rio Pelotas. A conduta (Figura 5) se mostra de forma irregular, na qual extremos de mínimos e máximos podem ocorrer em qualquer época do ano, exemplos como em setembro que é um dos picos do ano hidrológico de cheia e teve uma vazão de mínima de 6 m³/s, outro caso ocorreu no mês de março, onde se teve uma das menores médias de vazões, entretanto, também possui a maior vazão registrada da série (10.421 m³/s).

A distribuição das vazões máximas anuais é alta, como se observa pela distância dos quartis 25 e 75, com valores, respectivamente, de 2.058 m³/s e 4.995 m³/s. Outro fator é a mediana, pois se tem valores que vão de 1.000 a próximo de 10.500 m³/s, e o valor da mediana é de 3.022 m³/s, demonstrando que os eventos de grande magnitude aparecem amplamente.

As vazões mínimas anuais tem uma menor amplitude (Figura 7) comparado-se com as vazões máximas, podendo ser observado pela distância dos quartis 25 e 75, respectivamente, 20,5 m³/s e 42 m³/s. Há anos em que se obtiveram valores nulos, demonstrando que este rio passa por situações extremas de grandes inundações até alguns momentos de intermitência.

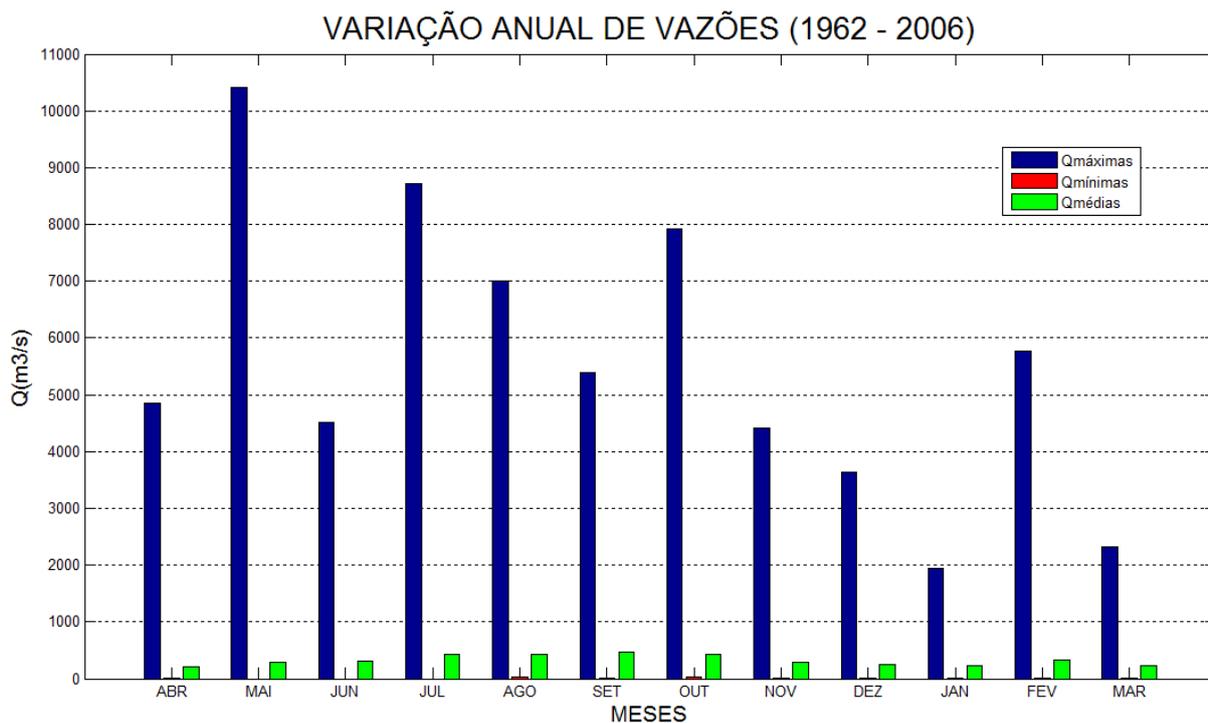


Figura 5 – Sazonalidade das vazões (Ano hidrológico de cheia)

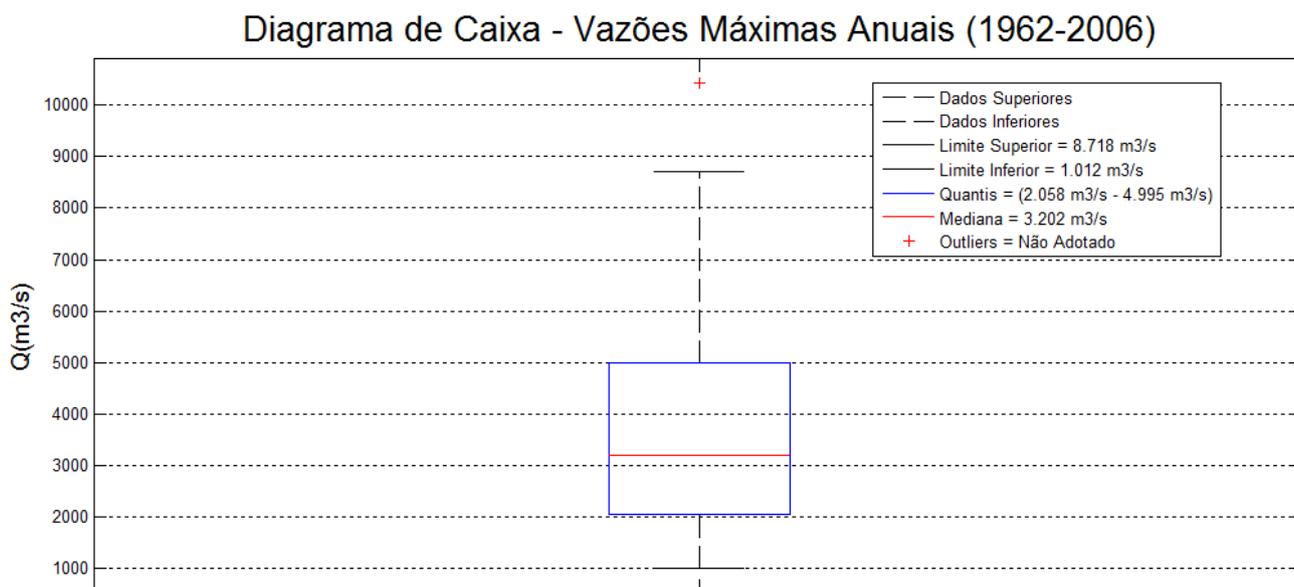


Figura 6 - Distribuição dos dados de vazões máximas anuais

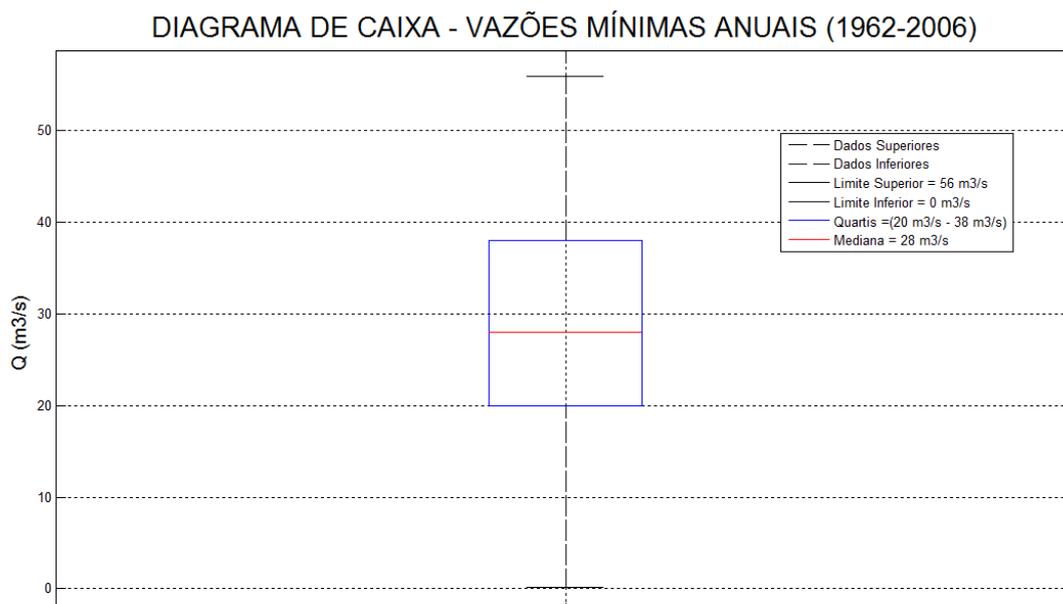


Figura 7 – Distribuição dos dados de vazões mínimas anuais

No reconhecimento de possíveis outliers, não foi identificado nenhum pelo método de Grubbs e Beck para máximas, e para mínimas identificou-se dois *outliers*, porém não houve retirada, uma vez que seus valores são compatíveis com o comportamento do rio, não sendo reflexo de um erro de medição.

As falhas nas rejeições das hipóteses nulas demonstram que potenciais fenômenos climáticos esporádicos ou mudanças físicas na bacia hidrográfica à jusante não foram significativos, apesar da estatística de teste ficar muito próxima da área crítica para rejeição (vazões máximas). No caso das mínimas a estatística de teste ficou mais distante para rejeição da hipótese nula (Figuras 8 e 9).

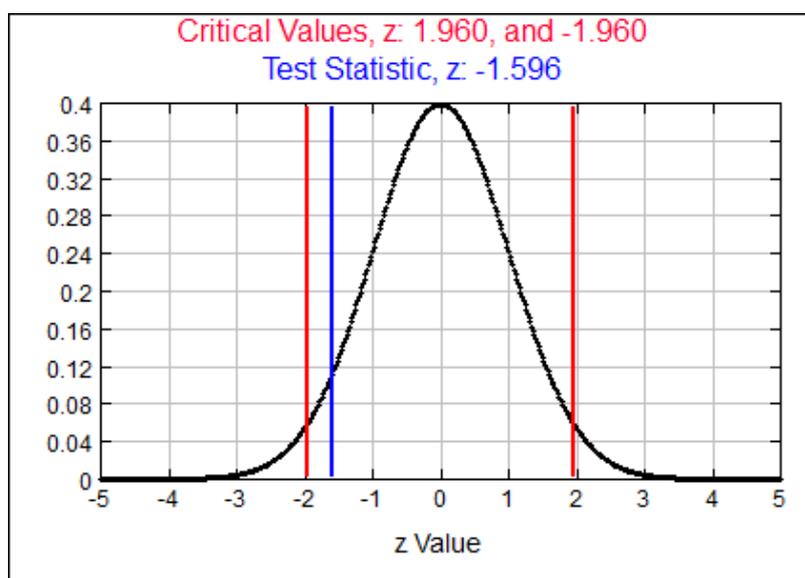


Figura 8 – Limites da área crítica e valor da estatística de teste (vazões máximas)

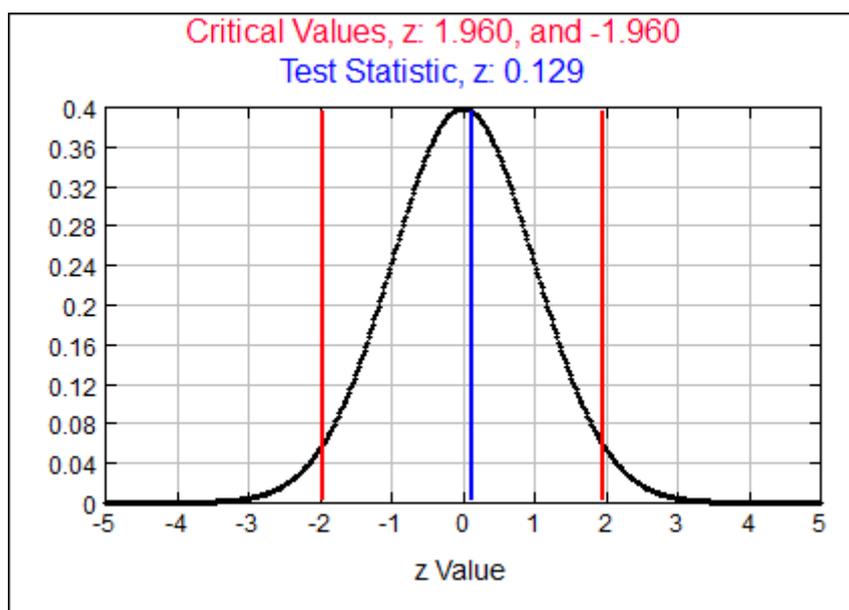


Figura 9 - Limites da área crítica e valor da estatística de teste (vazões mínimas)

Dois parâmetros de forma (κ) da distribuição GEV foram adotados, um obtido pelo método da máxima verossimilhança (os parâmetros de escala e posição também foram obtidos por este método) e outro por ajuste manual (Tabela 1). O mesmo ocorreu para os valores mínimos, parâmetro de forma (β) pelo método da máxima verossimilhança (MVS) e um ajustado manualmente (Tabela 2). Os ajustes das estimações e as probabilidades podem ser observados nas figuras 10 e 11.

Tabela 1 – Parâmetros de GEV adotados
Parâmetros de GEV – Vazões Máximas

Forma (κ)	Escala (α)	Posição (β)
0,2620 (MVS)	1346,1	2632,3
0,1500	1346,1	2632,3

Tabela 2 – Parâmetros de Weibull adotados
Parâmetro de Weibull- Vazões Mínimas

Escala (α)	Forma (β)
33,5772	2,8608 (MVS)
33,5772	2,2500

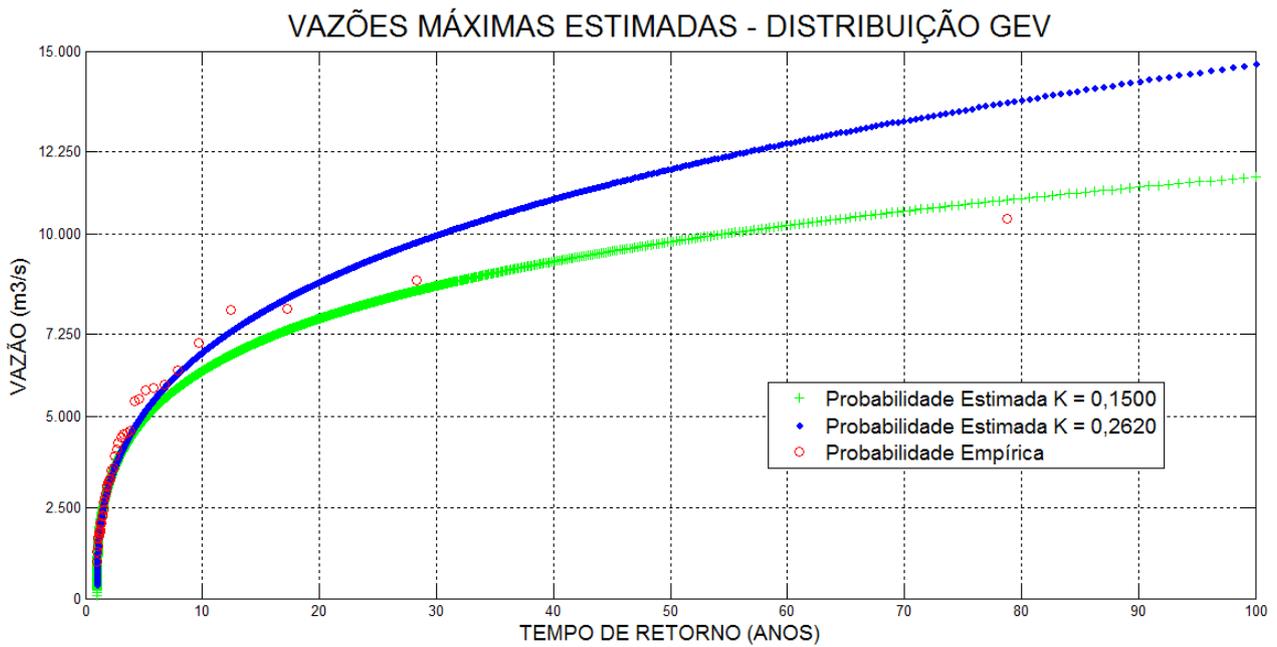


Figura 10 – Tempos de retorno empírico e estimado: vazões máximas

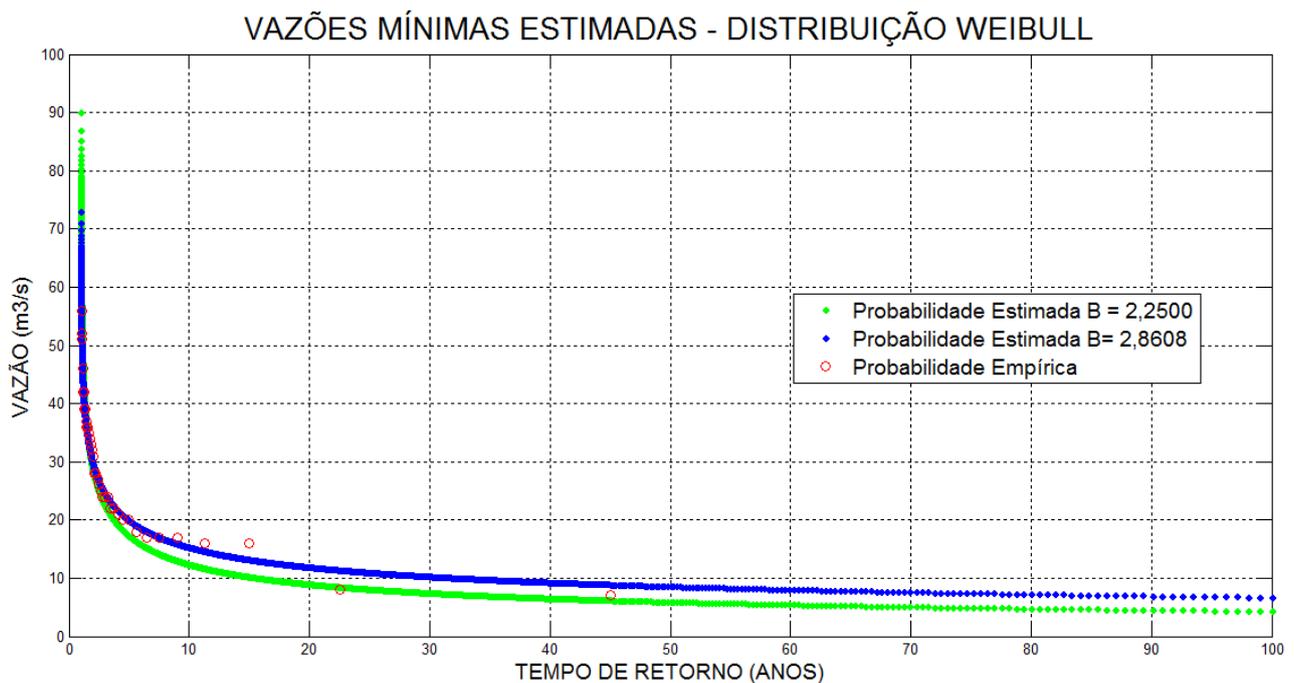


Figura 11 - Tempos de retorno empírico e estimado: vazões mínimas

Um fator levado em conta é se as distribuições escolhidas se adequam bem para os dados observados. Os resultados do teste de aderência de Qui-Quadrado se encontram abaixo na Tabela 3:

Tabela 3 – Resultados do teste de aderência Qui-Quadrado

DISTRIBUIÇÕES			h	p
GEV (Máximas)			x	x
κ	α	β	x	x
0,2620	1346,1	2632,3	0	0,1784
0,1500	1346,1	2632,3	0	0,1755

WEIBULL (Mínimas)		x	x
α	β	x	x
31,0676	2,8608	0	0,5914
31,0676	2,2500	0	0,2301

Estes resultados dão uma afirmação objetiva de que como a hipótese nula não pode ser rejeitada, por falta de evidências suficientes. As distribuições tenderam a uma boa aderência para os dados observados tanto nas mínimas como nas máximas.

Asseguradas todas as condições citadas anteriormente, é possível se obter as estimações dos tempos de retorno tanto para máximas como para mínimas (Tabelas 3 e 4)

Tabela 4 – Tempos de retorno estimados: vazões máximas
Tempos de Retorno - GEV – Vazões Máximas (m³/s)

Parâmetro de Forma (κ)	2 anos	5 anos	10 anos	20 anos	50 anos	100 anos
0,2620	3.151	5.106	6.759	8.682	11.780	14.640
0,1500	3.139	4.897	6.218	7.670	9.771	11.550

Tabela 5 – Tempos de retorno estimados: vazões mínimas
Tempos de Retorno - Weibull – Vazões Mínimas (m³/s)

Parâmetro de Forma (β)	2 anos	5 anos	10 anos	20 anos	50 anos	100 anos
2,8608	29,53	19,88	15,29	11,89	8,584	6,725
2,2500	28,52	17,24	12,35	8,97	5,93	4,35

Nos tempos de retorno voltados para máximos observou-se que ao se ter um parâmetro de forma maior, há um melhor ajuste para recorrências menores, e quando de um parâmetro de forma menor, um melhor ajuste para recorrências maiores que 50 anos, e se este mesmo parâmetro acaba por ser negativo tende a ter uma cauda superior limitada, o que irá trazer valores de recorrência maiores não confiáveis e limitados.

Para o caso das mínimas, a recorrência de vazões acima de 10 anos tem melhor ajuste com um parâmetro de forma menor, próximo de 2,2500 e quando se tem um parâmetro de forma maior (2,8608), o ajuste tem um melhor desempenho de 10 anos de tempo de retorno para baixo.

4. CONCLUSÕES

No que concerne a distribuições máximas o comportamento de um rio pode ser determinante para o ajuste dos parâmetros da distribuição GEV, o parâmetro de forma (κ) positivo deu condições para uma curva assintótica que não decaiu, diferentemente ocorreu com os parâmetros de forma (κ) negativos, que demonstraram não trazer bons ajustes para estimação das precipitações.

O parâmetro de forma (κ) de 0,2620, obtido pela maximização do método de máxima verossimilhança teve melhores ajustes para tempos de retorno de até 20 anos, acima disto é recomendável utilizar os ajustes para tempos de retorno com o parâmetro de forma de 0,1500.

Em estudos como de TRAMBLAY et al (2011), existe um aprofundamento na influência de alguns fenômenos climáticos sazonais ou permanentes na alteração da qualidade da estimação dos dados, que também ocorrem quando se altera fisicamente em grande escala uma bacia hidrográfica. Estas variáveis realmente não se encontram inclusas na estruturação de uma distribuição clássica extremal, porém podem ser aplicadas em modelos hidrológicos e/ou hidrometeorológicos.

Para mínimas o parâmetro de forma (β) pelo método da máxima verossimilhança com valor igual a 1,9130 foi utilizado para tempos de retorno maiores e com o valor de 2,7500 para tempos de retorno igual ou menor a 10 anos. O tratamento de zeros diminui a tendência dos eventos com maior recorrência a se tornarem ainda mais raros, o que diminuiria a fiabilidade dos resultados.

Os resultados comprovaram que o comportamento do Rio Pelotas é caracterizado por grandes extremos que vão de valores que chegam acima de 10.000 m³/s a 0 m³/s, evidenciando que ao planejar algo que envolva o comportamento deste rio carece ser mais profundo, visando se os extremos podem ser atores complicantes na gestão urbana ou dos recursos hídricos.

Os dados de vazões máximas e mínimas foram homogêneos, não demonstrando resultados tão díspares devido à influência de algum fenômeno climático atuante na região como o caso de el niño e la niña.

As distribuições extremas clássicas demonstraram ser de grande valia e se ajustaram bem aos dados colhidos dos eventos hidrológicos de vazão, podendo estimar valores máximos e mínimos com recorrência maiores que os dados empíricos podem nos fornecer.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus companheiros Carlos Alberto Inácio da Silva, Cledeilson Pereira dos Santos e Denis Duda Costa pelas várias horas em que foi debatido e trocado conhecimento afim da melhor qualidade para a metodologia do artigo. Para o professor Dr. Christopher Freire Souza meus sinceros elogios e agradecimentos por nos inquirir sobre o conhecimento que o mesmo nos repassou na disciplina de estatística aplicada à hidrologia.

BIBLIOGRAFIA

- GORDON, N.D.; et al (1992). *Stream Hydrology: An Introduction for Ecologists*. John Wiley & Sons: Chicester (GB), 429 p.
- KATZ, R.W.; et al. (2002). “*Statistics of extremes in hydrology*”. *Advanced in Water Resources*. 1287-1304. pp. 289–305.
- LAMENHA e SILVA, A.G.; SOUZA, C.F. (2010). “*Tratamento de zeros: recorrência em rios intermitentes*” in *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Maceió, Nov. 2010, 1, pp.11.
- MATLAB (2008). *Ajuda do programa computacional da empresa The MathWorks (1984-2008)*.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E.J.A. (2007). *Hidrologia Estatística*. CPRM: Belo Horizonte, 552 p.
- SOUZA, C.F. (2011) *Vazões Naturais Reconstituídas – Bacias Hidrográficas de Usina Hidroelétricas, dados tratados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)*. Arquivo tipo zip. Obtido de: <http://www.ctec.ufal.br/professor/cfs/>. Acessado em: 20 de março de 2011.
- STRASSBURGER, L. (2005) “*Uso da Terra nas Bacias Hidrográficas do Rio do Peixe (SC) e do Rio Pelotas (RS/SC) e sua influência na Limnologia do Reservatório da UHE-ITÁ (RS/SC)*”. Dissertação de Mestrado no curso de Geociências da Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria. Obtido de: HTTP://CASCAVEL.CPD.UFSM.BR/TEDE/TDE_ARQUIVOS/23/TDE-2006-11-21T083603Z-230/PUBLICO/PAGINAS%20DE%20LUCIANE%20STRASSBURGER.PDF. Acessado em: 29 de março de 2012.
- TUCCI, C.E. (2007). *Inundações urbanas*. ABRH/RHAMA: Porto Alegre, 389 p.
- TRAMBLAY, Y.; et al. (2012). “*Climate change impacts on extreme precipitation in Morocco*”. *Global and Planetary Change*. 82-83, pp. 104-114.
- TRIOLA, M.F. (2008). *Introdução a estatística*. LTC: Rio de Janeiro, 702 p.