

REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES MÁXIMAS - APLICAÇÃO NOS RIOS ARRAIAL E GUARICANA

Martha R. v. Borstel Sugai¹, Fabricio Muller² e Heinz Dieter Fill¹

Resumo - As vazões máximas neste estudo são calculadas a partir de uma abordagem regional, através das distribuição (GEV) e da distribuição LP-III, e utilizando a metodologia proposta pela ELETROBRÁS para o cálculo de cheia de projeto de vertedores..

Abstract - In this paper the maximum flood are estimated by a regional analysis using GEV (Generalized Extreme Value), LP-III and Gumbel.

Palavras-Chave - vazões máximas - regionalização - GEV - LP-III - Gumbel.

INTRODUÇÃO

A definição da cheia de projeto de vertedores é um grande desafio para os hidrólogos. No caso de grandes barragens muitas vezes é utilizado o ajuste de distribuições teóricas de probabilidade adotando-se a vazão correspondente a um tempo de recorrência de 10.000 anos.

A grande incógnita é que distribuição adotar. A tendência no Brasil foi durante muitos anos de adotar a distribuição que fornecesse o melhor

¹ Centro de Hidráulica e Hidrologia Professor Parigot de Souza, Convênio COPEL/UFPR, Caixa Postal 1309, CEP 80001-970, Curitiba, Pr, Fone (041) 366-2020 (r.6311) Fax: (041) 266-2935 email: martha@cch.copel.br, fill@cch.copel.br

² Superintendência de Planejamento - Coordenadoria de Planejamento da Geração - COPEL, Rua Treze de Maio, 616, CEP 80510-030, Curitiba, Pr, Fone (041) 322-4224 (r.4953) Fax: (041) 3313276, email: splcnpg@mail.copel.br

ajuste. Na década de 80 passou-se a recomendar a utilização de métodos mais robustos. Recentemente vários estudos tem mostrado que estimativas de cheias baseadas em informações regionais podem ser mais precisas do que aquelas baseadas somente em registros locais.

Neste estudo são calculadas as vazões máximas através de uma abordagem regional, utilizando dados de 26 estações, e com a metodologia proposta pela ELETROBRÁS, que se baseia na utilização de distribuições mais robustas.

A partir destes resultados são calculadas as vazões máximas nas barragens de Arraial e São João, na bacia do rio Cubatão, no estado do Paraná, que fazem parte do arranjo proposto para a UHE Guaratuba.

METODOLOGIA ADOTADA

Para a obtenção das vazões máximas nas barragens de São João e Arraial, foi escolhida a distribuição de extremos generalizada - GEV, que incorpora as três formas assintóticas de distribuição de extremos propostas por Gumbel (Stedinger et al., 1993) e, além de ser vastamente estudada no passado recente, é a distribuição recomendada para análise de frequência no Reino Unido.

Para a estimação de seus parâmetros, foi utilizado o método PWM (*Probability Weighted Moments* - Momentos de Pesos Probabilísticos). Hosking et al. (1985) mostraram que, principalmente para amostras pequenas ou de tamanho moderado o método PWM compara-se favoravelmente a outros métodos. Os parâmetros da distribuição GEV são: o parâmetro de locação ξ , o parâmetro de escala α , e o parâmetro de forma k .

Para estações com períodos de dados menores que 100 anos, só faz sentido a utilização da distribuição GEV utilizando regionalização de alguns de seus parâmetros (Fill, 1994).

Diferentes tipos de análise podem ser feitas regionalizando-se 1 ou 2 parâmetros desta distribuição, adotando-se valores locais para os

demais. Utilizando apenas um parâmetro local, ela é do tipo 1P, como os modelos NQR(WLS), *Normalized Quantile Regression* - Regressão de Quantis Normalizados utilizando *Weighted Least Squares* - Mínimos Quadrados Ponderados (Fill, 1994), e NQR(GLS), que utiliza *Generalized Least Squares* - Mínimos Quadrados Generalizados (Müller e Fill, 1997/98). Utilizando dois parâmetros locais, a regressão é do tipo 2P, como os modelos de Lu e Stedinger (1992); Krüger (1996) e Krüger e Fill (1996). Ainda podem ser considerados modelos bayesianos (Fill, 1994; Krüger, 1996; Krüger e Fill, 1996; Müller e Fill, 1997/98) que fazem ponderações entre modelos 1P e 2P.

Entre os modelos de regressão existentes, foi escolhido para a obtenção das vazões máximas nos locais das barragens um modelo do tipo 1P, pois não há dados observados localmente. Isto foi feito porque a estimativa do parâmetro de escala α neste caso está sujeita a um erro amostral considerável (Müller e Fill, 1997/98). A média das máximas neste caso foi obtida por transferência de áreas de drenagem, o que acarreta erros menores de avaliação (Fill, 1994).

Entre os modelos 1P existentes, a escolha recaiu sobre o modelo NQR(GLS), que, ao contrário do modelo NQR (WLS), leva em conta as correlações espaciais entre as estações. Não levando em conta estas correlações diminui a precisão dos estimadores de quantis de cheias (Stedinger e Tasker, 1985 ; Hosking e Wallis, 1988).

A equação, para o modelo NQR(GLS), para um quantil q_t de cheia para um dado tempo de recorrência t é a seguinte:

$$q_t = \mu * x_t \quad (1)$$

onde: μ = média das máximas local;

x_t = quantil normalizado regional GEV; calculado através de uma regressão entre os quantis locais normalizados GEV (dados, por exemplo, pela fórmula (15) de Krüger e Fill, 1996) e a área de drenagem, através da equação:

$$x_t = \exp [\beta_{1,t} + \beta_{2,t} * \ln(\text{área de drenagem da estação})] \quad (2)$$

onde: $\beta_{1,t}$ e $\beta_{2,t}$ = parâmetros obtidos por regressão GLS (Müller e Fill, 1997/98) entre as estações fluviométricas escolhidas na regionalização.

Deste modo, para a obtenção das vazões nos locais das barragens, obteve-se por transferência de áreas de drenagem o valor de μ , e o quantil regional para o local foi obtido pela equação (1).

Neste trabalho, ainda são consideradas duas distribuições para comparação dos quantis. A distribuição LP-III (Log-Pearson-III), possivelmente a mais utilizada em todo o mundo, utilizando regionalização completa, com todos os parâmetros obtidos através de regionalização GLS com a área de drenagem, através do método proposto por Tasker e Stedinger (1989). E a distribuição de Gumbel utilizando parâmetros locais, seguindo o critério da ELETROBRÁS (1987) para amostras com assimetria menor que 1,5.

ESTAÇÕES UTILIZADAS NA REGIONALIZAÇÃO

Na tabela 1 são listados os 26 postos de observação selecionados. Como as áreas destes postos são pequenas e nestes casos há uma grande diferença entre as vazões máximas anuais médias diárias e as instantâneas, optou-se por utilizar as vazões máximas instantâneas calculadas pelo método proposto por Sangal (1983):

$$QI = (4Q_2 - Q_1 - Q_3) / 2 \quad (3)$$

onde: QI = vazão máxima instantânea anual, em m^3/s ;

Q_2 = vazão média diária máxima anual, em m^3/s ;

Q_1 , Q_3 = vazões médias diárias, respectivamente, anterior e posterior à máxima média diária anual, em m^3/s .

APLICAÇÃO PARA OS LOCAIS DE BARRAGENS

Como dito acima, não havia observações locais para as barragens de São João (393 km²) e Arraial (236 km²). Deste modo, para a aplicação dos métodos de obtenção dos quantis, foi preciso transferir as vazões médias das máximas - μ por área de drenagem desde as estações de Chaminé (165 km²) e Guaricana(165 km²), através das equações:

$$Q_{\text{Arraial}} = (236/165) * Q_{\text{Guaricana}} \quad (4)$$

$$Q_{\text{São João}} = (393/252) * Q_{\text{Chaminé}} \quad (5)$$

Para o modelo NQR(GLS), os valores de $\beta_{1,t}$ e $\beta_{2,t}$, na equação (2), obtidos através de regionalização NQR(GLS) entre as 26 postos apresentados na tabela 1, estão na tabela 2.

Generalizando, a equação (1) pode se transformar em:

$$q_t = A_b / A_e * \mu_e * \exp [\beta_{1,t} + \beta_{2,t} * \ln(A_b)] \quad (6)$$

onde A é a área de drenagem, e os subscritos e e b significam estação e barragem, respectivamente.

Para os quantis LP-III, utilizaram-se as 26 estações da tabela 1 para a obtenção dos quantis regionais. Também neste caso foram utilizadas as equações (4) e (5) para a obtenção dos quantis nas barragens.

Para a distribuição de Gumbel, obteve-se os quantis locais em Guaricana e Arraial, utilizando-se posteriormente as equações (4) e (5), para obtenção dos quantis nos locais das barragens.

A tabela 3 e as figuras 2 e 3 apresentam os quantis, respectivamente para São João e Arraial, obtidos por estes três métodos.

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A tabela 3 e as figuras 1 e 2 apresentam uma diferença fundamental entre os modelos NQR(GLS) e LP-III, regionais, e o modelo local com a distribuição de Gumbel: o modelo local apresentou vazões maiores que aquelas do modelo regional para os quantis menores, enquanto os modelos regionais apresentaram comportamento inverso. Os quantis para tempos de recorrência mais elevados são dominados pelo coeficiente de curtose, fixo para a distribuição de Gumbel e obtido pelos dados para os modelos regionais, o que parece indicar que o modelo regional adotado NQR(GLS), além de resultar em valores a favor da segurança, estatisticamente é mais consistente. Verificou-se também que, em um grande número de estudos feitos ao longo do cálculo das vazões máximas nas barragens de Arraial e São João, a distribuição LP-III resultou normalmente em quantis menores do que para os modelos regionais GEV estudados.

É interessante reparar que através da equação (6) pode-se obter o quantil para qualquer eixo de barragem, ou de outra obra hidráulica dentro da área abrangida pelas estações utilizadas (tabela 1).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ELETROBRÁS. **Guia para cálculo de cheia de projeto de vertedores.** Rio de Janeiro: Eletrobrás. 1987.

FILL, H.D. **Improving flood quantile estimates using regional information.** Ithaca : Cornell Univ.,1994. 264p. Tese (Doutorado) - Cornell Univ., 1994.

HOSKING, J.R.M., WALLIS, J.R., WOOD, E.F. Estimation of the generalized extreme : value distribution by the method of probability weighted moments. **Technometrics**, v. 27, n. 3, p. 251-261, 1985.

HOSKING, J.R.M., WALLIS, J.R. The effect of intersite dependence on regional flood frequency analysis. **Water Resour. Res.**, v. 24, n. 4, p. 588-600, 1988.

KRÜGER, C. **Estimador de quantis de cheias baseado em assimetria regional**. Curitiba : UFPR, 1996. 134p. Dissertação (Mestrado) - UFPR, 1996.

KRÜGER, C., FILL, H. D. Um estimador de cheias baseado em assimetria regional. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.1, n.2, p.107-122, 1996.

LU, L.H., STEDINGER, J.R. Variance of two and three-parameter GEV/PWM quantiles estimators: formulae, confidence intervals, and a comparison. **J. of Hydrol.**, v. 138, p. 247-267, Sept. 1992.

MÜLLER, F., FILL, H. D. **Quantis de cheia GEV regionais** : uma aplicação prática. Artigo a ser publicado na Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 1997/98.

SANGAL, B.P. Practical methods of estimating peak flow. **Journal of Hydraulic Eng.**, v.109, n.4, p.549-563, 1983.

STEDINGER, J.R., TASKER, G.D. Regional hydrologic analysis 1. Ordinary, weighted and generalized least squares compared. **Water Resour. Res.**, v. 21, n. 9, p.1421-1432, 1985.

STEDINGER, J.R., VOGEL, R.M., GEORGIU, E.F. Frequency analysis of extreme events. In: MAIDMENT, D. R. (Ed.) **Handbook of hydrology**. New York : McGraw Hill, 1993. cap. 18.

TASKER, G.D., STEDINGER, J.R. An operational GLS model for hydrologic regression. **J. of Hydrol.** v. 111, p.361-375, Nov. 1989.

Tabela 1 - Estações utilizadas

Código DNAEE	Estação	Rio	Período de dados	Área (km ²)	Média vazões máximas
82230020	Chaminé	Sao Joao	31/46 - 75/95	252	114,0
82230820	Guaricana	Arraial	75/95	165	97,5
81301999	Capivari /P Grande	Capivari	30/95	945	141,5
82160000	Véu da Noiva	Ipiranga	30-61	54	92,5
82170000	Morretes	Nhundiaquara	38-92	217	186,4
82195002	Morretes	Marumbi	75-92	53	113,2
82198000	Anhaia	Do Pinto	75-93	62	71,2
82230000	Vossoroca	São João	31/44	151	31,0
82270000	Quiriri	Cubatão	55/67	182	356,6
82320000	Corupá	Novo	45-91	164	143,4
82350000	Jaraguá do Sul	Itapocu	39-92	796	608,9
82549000	Schroeder	Itapocuzinho	76/92	267	312,1
82770000	Ponte Sc-301	Piraí	77/91	337	158,3
81019350	Ponte do Açungui	Açungui	81/92	540	148,7
81060000	Salto São Luís	Tacaniça	52/82	250	8,3
81080000	Pedra Branca	Açungui	81-93	1285	206,3
81102000	Balsa do Jacaré	Açungui	36-92	1751	368,1
81107000	Foz de S.Sebastião	Rib. do Iguape	78-92	2761	733,6
81125000	Turvo	Turvo	45-92	392	61,5
81135000	Balsa do C. Azul	Rib.do Iguape	30-92	4570	662,2
81335000	Córrego Comprido	Pardo	76-92	3076	339,8
81450000	Juquitibá II	Lourenço	52-92	233	22,0
81470000	Juquitibá I	Juquiá	51-80	517	98,4
81525000	Abaixo Capela	Açungui	53-80	630	228,5
81530000	Barra do Açungui	Juquiá	38-92	2465	321,0
81680000	Juquiá 1	Juquiá	27-80	4383	506,5

Tabela 2 - Valores de $\beta_{1,t}$ e $\beta_{2,t}$ para o modelo NQR(GLS)

TR (anos)	$\beta_{1,t}$	$\beta_{2,t}$
2	-0,3240113	0,0271502
5	0,1605334	0,0171353
10	0,3714521	0,0189939
25	0,8113415	-0,0100594
50	1,1588351	-0,0388592
100	1,45968323	-0,0614319
500	2,1010129	-0,1076304
1000	2,3639238	-0,1263861
10000	3,17743305	-0,1837201

Tabela 3 - Vazões máximas esperadas em São João e Arraial

TR (anos)	SÃO JOÃO			ARRAIAL		
	GUMBEL	NQR(GLS)	LP-III	GUMBEL	NQR(GLS)	LP-III
2	213,2	151,2	148,9	184,6	117,0	109,3
5	281,4	231,2	231,7	228,4	179,8	169,3
10	333,0	288,7	289,9	261,5	224,3	211,3
25	401,1	376,8	366,8	305,3	297,1	266,3
50	452,7	449,1	426,1	338,4	359,3	308,8
100	504,3	530,2	487,0	371,6	429,1	352,4
500	624,0	764,0	636,9	448,5	633,1	460,0
1000	675,6	888,4	705,7	481,7	743,3	509,3
10000	846,9	1422,9	955,1	591,7	1225,7	688,8

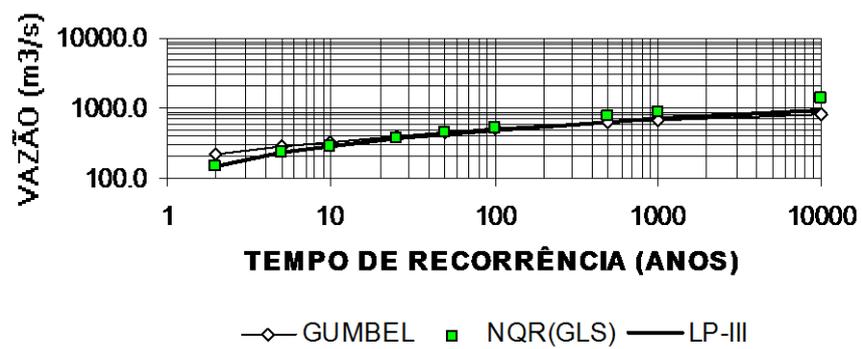


Figura 2 - Vazões máximas em São João

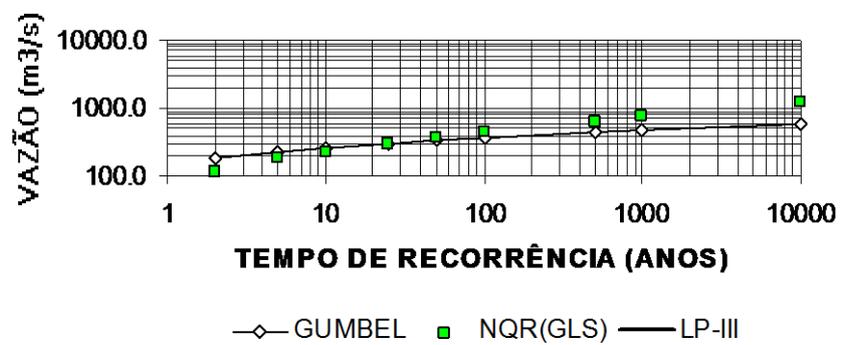


Figura 3 - Vazões máximas em Arraial