

PERDA DE TEMPO (DE RECORRÊNCIA) NA ESTIMATIVA DE CHEIAS

Gláucia dos Santos Nascimento ¹ & Christopher Freire Souza ²

Resumo – As previsões de eventos hidrológicos extremos desempenham um papel fundamental não só no planejamento das atividades econômicas do país, como também para proteção de comunidades lindeiras a rios. Em função da relevância do acerto das estimativas de relações entre magnitude e frequência de ocorrência de cheias, técnicas cientificamente robustas devem ser aplicadas. Neste trabalho são avaliadas as relações entre magnitude e frequência de ocorrência de cheias por meio de comparação de estimativas por meio de (método recomendado) ajuste via máxima verossimilhança da distribuição GEV a séries parciais de vazões contra séries anuais (ano hidrológico de cheia) trabalhadas por meio de posição de plotagem de Weibull e Gringorten para 44 anos de dados de vazões naturais (1962-2006) dos rios São Francisco, Paraná, Tocantins, Parnaíba, Antas, Pelotas, Grande e Mucuri. Resultados preliminares sugerem erros de estimativa principalmente para tempos de retorno menores que 10 anos.

Abstract – Flood forecasts play a key role in planning economic activities and protecting people. In this paper we preliminarily assessed how flood peak data estimates via partial series and GEV model maximum likelihood fitting diverges from annual series and Weibull and Gringorten plotting position equations for Brazilian heterogeneous rivers. It is suggested that under 10-years recurrence estimations should be taken more carefully.

Palavras-Chave – posição de plotagem, séries parciais, GEV.

INTRODUÇÃO

A convivência com cheias naturais sempre exerceu grande influência no planejamento de atividades antrópicas (suporte a atividades, provisão de bens, regulação de processos, etc.), onde a caracterização de cheias subsidia a tomada de decisões sobre a operacionalização de tais atividades. De forma geral, as estimativas de magnitude e frequência de ocorrência de eventos hidrológicos extremos estão fortemente atreladas ao gerenciamento de recursos hídricos.

Tradicionalmente, são aplicadas séries de vazões máximas anuais no estudo de cheias, para as quais o ano civil é o período a ter sua vazão máxima obtida. No entanto, estudos em estatística (Gordon et al, 2004) apontam a necessidade de trabalhar séries com dados separados em ano hidrológico para o estudo de eventos de cheia, visando minimizar a chance de incluir na série dados que apresentam dependência entre si, por serem oriundos do mesmo evento.

¹ Graduanda em Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Alagoas - Av. Lourival de Melo Mota, Maceió/AL- Brasil. CEP: 57072-900. Fone: (82)8859-6586. E-mail: gal.sn@hotmail.com.

² Professor Adjunto da Universidade Federal de Alagoas - Av. Lourival de Melo Mota, Maceió/AL- Brasil. CEP: 57072-900. E-mail: cfsouza.ufal@gmail.com.

Outro ponto a considerar na estimativa de recorrência de eventos de cheia consiste no risco de obter num ano qualquer um segundo evento independente e superior ao maior evento de outro ano. Nestas circunstâncias, adotando a análise de recorrências a partir de séries anuais elaboradas para intervalos anuais pode se estar desprezando informações interessantes ao selecionar apenas uma informação por ano. Como alternativa, o presente trabalho propõe a utilização de séries de vazões parciais para análise de recorrência de cheias, visando identificar a partir de que intervalo de recorrência as estimativas via séries anuais e séries parciais convergem, *i.e.*, quantificar para quais recorrências se pode estar desperdiçando tempo/esforço/erário em estimativas em função do erro. Uma ilustração de que estimativas divergem é obtida da estimação de tempos de recorrência de eventos de cheia por meio da fórmula empírica de posição de plotagem de Cunnane para o rio Acheron em Taggerty na Austrália (Figura 1; Gordon et al. 2004), onde séries parciais e anuais só apresentam valores similares próximo a 6 anos de recorrência.

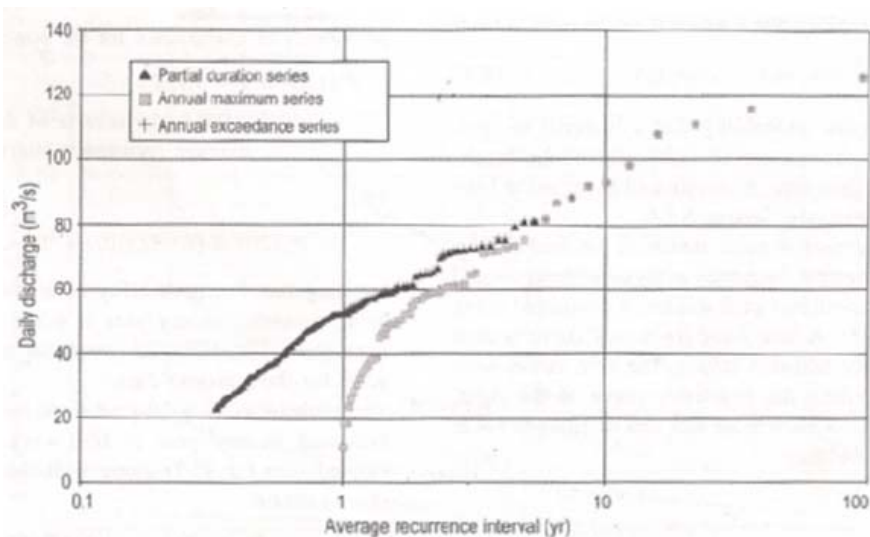


Figura 1 – Estimativa empírica de tempo de retorno via séries parciais e via séries anuais para o rio Acheron, em Taggerty na Austrália (Gordon et al, 2004)

No estudo, consideramos como referência estimativas realizadas via distribuição GEV e parâmetros estimados via método de máxima verossimilhança. Tais estimativas foram comparadas à aplicação do método de posição de plotagem de Weibull, que é o método mais adotado em hidrologia, embora Tucci (2001) já antecipe erro na estimativa em função da escolha desta fórmula de posição de plotagem; e com o método de posição de plotagem de Gringorten que, segundo Naghettini e Pinto (2007) é o mais indicado para avaliar ajustes à distribuição GEV. Para aplicação do estudo, foram preparadas séries de vazões naturais (ONS, 2011) de 1962 a 2006 dos rios São Francisco, Paraná, Tocantins, Parnaíba, Antas, Pelotas, Grande e Mucuri.

OBJETIVO

O trabalho objetivou avaliar diferenças na estimativa de recorrência de cheias oriundas da aplicação do método mais usual (séries anuais e posição de plotagem de Weibull) em relação ao método mais recomendado (séries parciais e distribuição teórica GEV).

Especificamente, mostrou-se oportuno avaliar diferenças decorrentes da escolha do método empírico (posição de plotagem de Weibull vs. Gringorten) e de diferenças na estimativa de comportamento hidrológico de rios a partir da identificação de tempo de retorno em que estimativas via séries parciais e anuais convergem.

METODOLOGIA

Buscando minimizar a dependência dos dados da série, foram selecionadas máximas vazões diárias de cada ano hidrológico de cheia, definida a partir da identificação do mês com maior incidência de mínimas anuais para o ano civil. A recomendação (Gordon et al., 2004) por separação de dados em anos hidrológicos de cheia, em vez do ano civil, justifica-se por serem valores de vazões na estiagem muito próximos em magnitude, o que resulta em menores erros na estimativa de variáveis relacionadas a valores médios e máximos.

Foram selecionados 44 anos de dados de vazões naturais (1962-2005) de rios de diferentes biomas brasileiros com áreas de contribuição entre 14000 e 800000 km², disponíveis no sítio eletrônico do Operador Nacional do Setor Elétrico (ONS, 2011). O critério para seleção dos postos com vazões naturais disponíveis considerou o tamanho da série, a magnitude das áreas de contribuição e a posição geográfica, nesta sequência.

As séries de dados foram ajustadas à distribuição de probabilidade generalizada de valores extremos - GEV, tendo em vista que esta apresenta maior flexibilidade para modelar valores extremos (equação (1)), Naghettini e Pinto (2007).

$$P(x \leq x_0) = \frac{1}{\sigma} \exp\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right) \exp\left(-\exp\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)\right) \quad (1)$$

Na equação, σ e μ denotam respectivamente, os parâmetros de escala e posição. Estes parâmetros foram estimados em ambiente MATLAB pelo método da máxima verossimilhança.

As estimativas de frequência a partir destas distribuições foram comparadas às obtidas pelo método de posição de plotagem de Weibull (doravante referenciada como ppWeibull), apresentada em Tucci (2001) - equação (2), e o método da posição de plotagem de Gringorten (ppGringorten), Naghettini e Pinto (2007) – equação (3).

Posição de plotagem de Weibull

$$q = \frac{i}{n+1} \quad (2)$$

Posição de plotagem de Gringorten

$$q = \frac{i - 0,44}{n + 0,12} \quad (3)$$

Neste trabalho, elaborou-se um programa em linguagem MATLAB para separar os dados de vazão em séries de vazões anuais - compostas pela máxima vazão de cada ano, para preparar série de vazões parciais. A série de vazões parciais é composta pelo pico de eventos de cheias que excederam a menor vazão máxima anual (valor limite), conforme recomendação de Gordon et al. 2004, e que foram intercaladas por vazões menores que a mediana das vazões diárias, como forma de minimizar a dependência de eventos de cheia.

De posse dessas informações, as séries foram ajustadas a distribuição de probabilidade (GEV), disponível no MATLAB, gerando então gráficos para inspeção de tempo de retorno de convergência. Essa metodologia foi aplicada aos postos próximos a usinas hidrelétricas (UHEs) em rios brasileiros que drenam diferentes biomas. A Tabela 1 e a Figura 2 apresentam algumas características destes postos.

Tabela 1 – Postos fluviométricos selecionados

Posto	Rio	Bacia	Bioma*	Área (km ²)
1. Lajeado	Tocantins	Tocantins	2, 4	183718
2. Boa Esperança	Parnaíba	Atlântico Norte	3	84966
3. Santa Clara	Mucuripe	Atlântico Leste	1	14596
4. Três Marias	São Francisco	São Francisco	1,2	50732
5. Água Vermelha	Grande	Paraná	1,2	139437
6. Xingó	São Francisco	São Francisco	1,2,3	610544
7. Itaipú	Paraná	Paraná	1,2	823555
8. Castro Alves	Antas	Atlântico Sul	1	7667
9. Barra Grande	Pelotas	Uruguai	1	13000

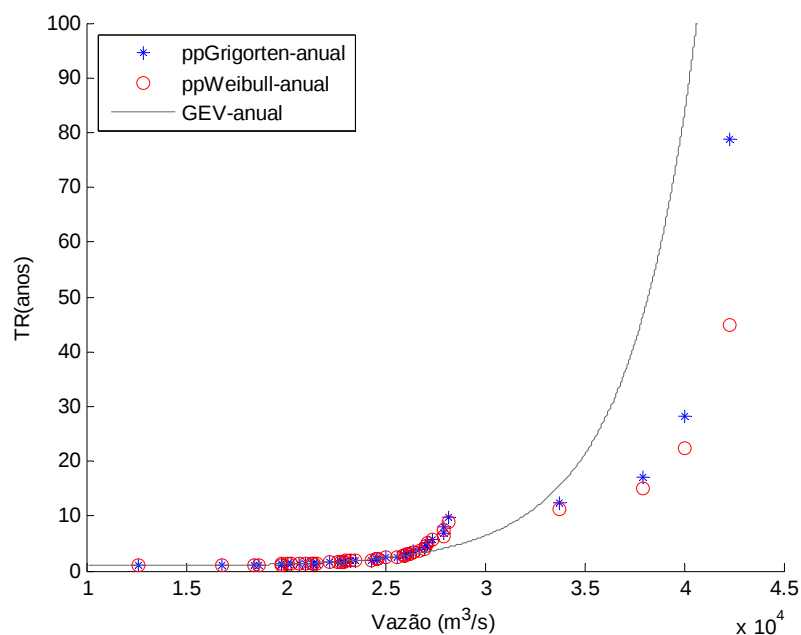
*Biomass: 1, Mata Atlântica ; 2, Cerrado; 3, Caatinga; 4, Amazônia



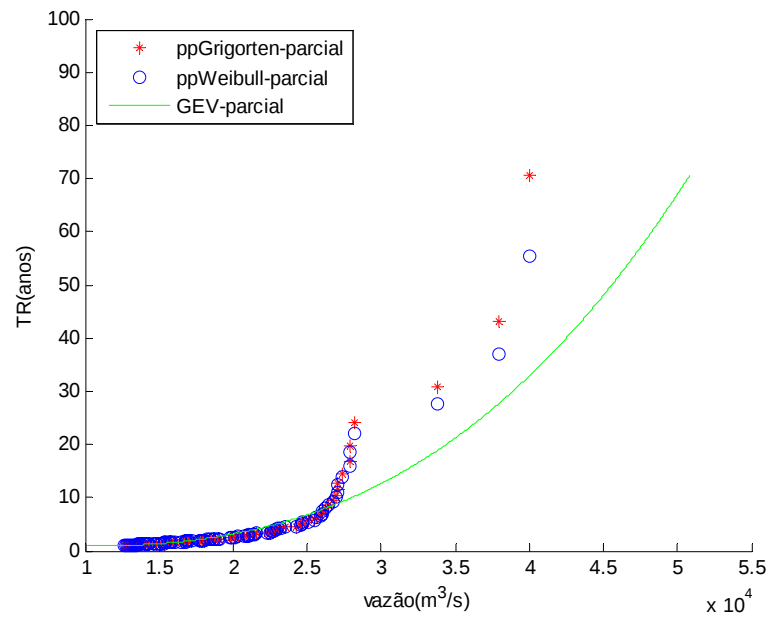
Figura 2 – Localização de postos seleccionados

RESULTADOS

Ao analisar as diferenças decorrentes da escolha dos métodos posição de plotagem de Weibull (posição de plotagem de Weibull), posição de plotagem de Gringorten (ppGringorten) e GEV, observou-se bom ajustes para tempos de retorno menores que 10 anos, sendo as diferenças quanto a escolha do método, significativas apenas para valores superiores a este (ver figura 3 e figura 4).

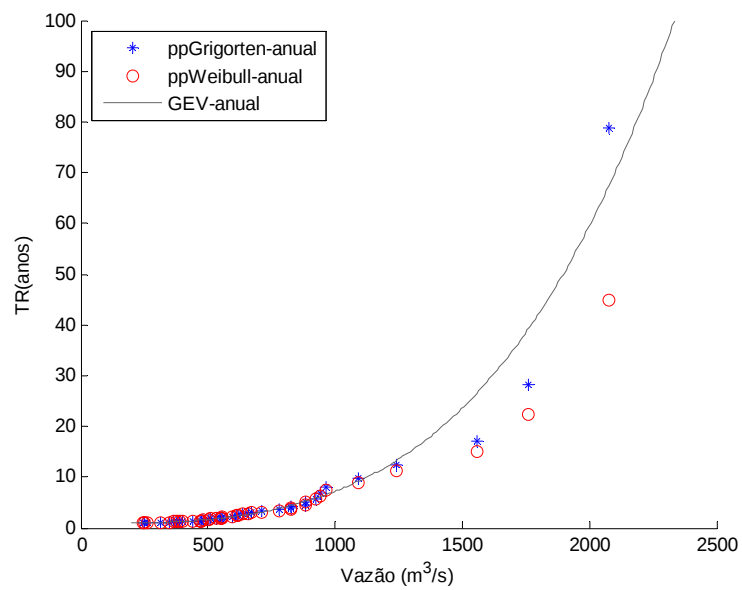


a) Aplicação dos diferentes métodos para o rio Paraná na UHE de Itaipu via séries anuais

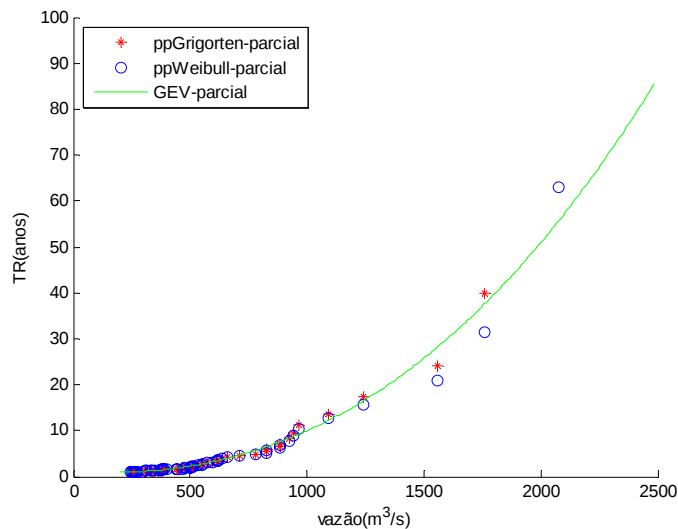


b) Aplicação dos diferentes métodos para o rio Paraná na UHE de Itaipu via séries parciais

Figura 3 – Distribuição de probabilidade para o rio Paraná na UHE de Itaipú



a) Aplicação dos diferentes métodos para a UHE de Santa Clara via séries anuais



b) Aplicação dos diferentes métodos para a UHE de Santa Clara via séries parciais

Figura 4 – Distribuição de probabilidade para a UHE de Santa Clara

Os resultados permitiram observar as diferenças quanto à qualidade do ajuste de um posto para o outro (o ajuste para a UHE de Santa Clara foi melhor que para a UHE de Itaipú), para os demais postos os resultados foram similares a estes.

O algoritmo de preparação de séries de vazões parciais, que utilizou como referência na separação dos eventos a mínima das vazões máximas anuais e a mediana das vazões diárias apresentou valores compatíveis com sua proposta (Figura 5). Em uma ilustração da separação, observa-se a identificação do evento com início (bolas vermelhas) e término (bolas azuis) quando os valores de vazão ultrapassam a mediana, com o pico superando (ou igualando) o valor limite de vazão estabelecido (mínima máxima anual).

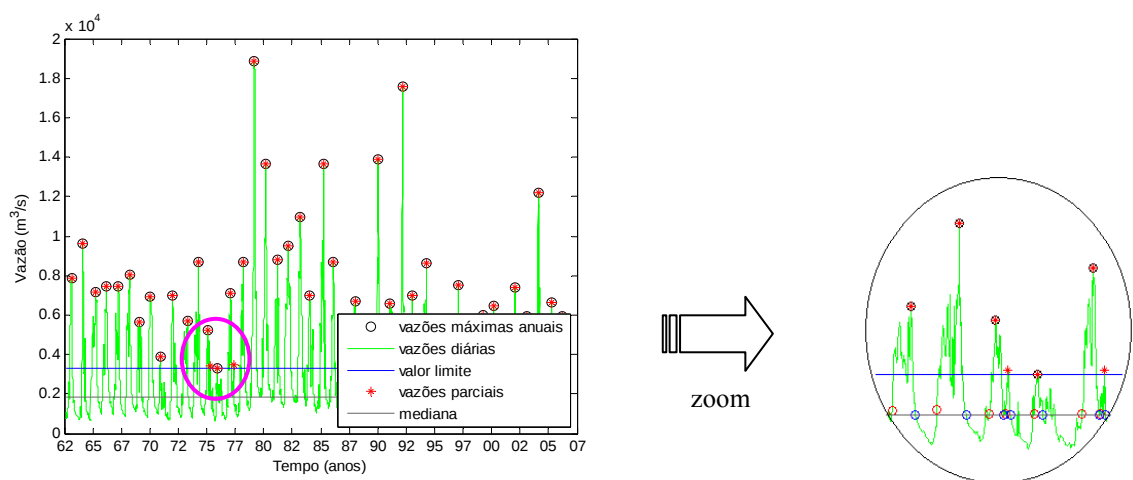
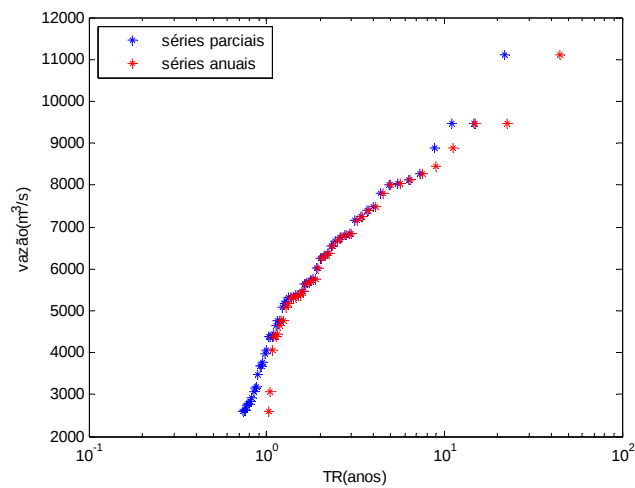


Figura 5 - Séries Parciais para o Rio Paraná na UHE de Itaipú

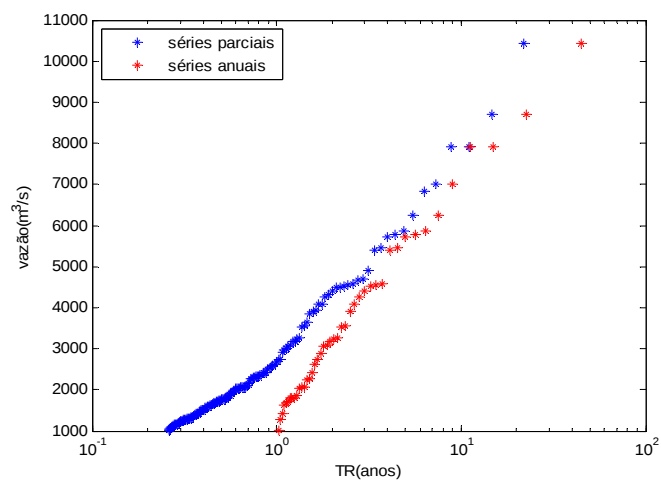
A partir dos dados de vazão para séries parciais e anuais, foi possível identificar para cada posto, onde as séries começam a convergir (conforme tabela 2 e figura 6), onde se observa de um modo geral, a convergência para vazões inferiores a 10.000 m³/s.

Tabela 2 - Convergência

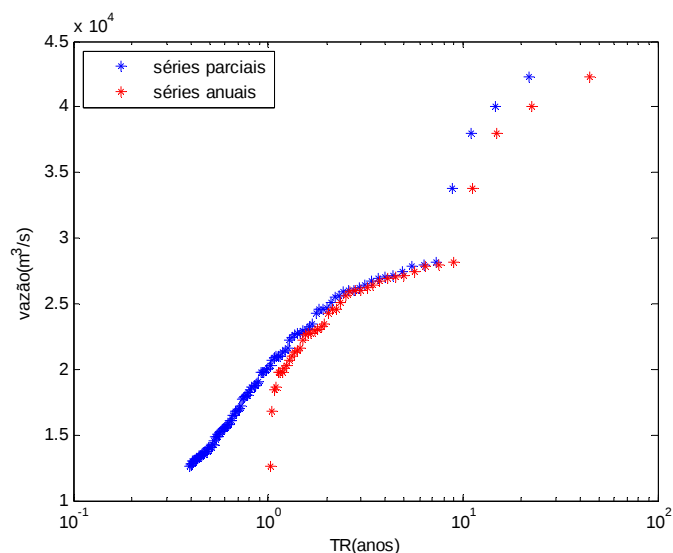
UHE	CONVERGÊNCIA	
	Vazão (m ³ /s)	TR (anos)
Barra Grande	4.516	3,2
Castro Alves	4.516	3,2
Itaipú	20.700	1,3
Boa Esperança	1.020	1,15
Santa Clara	502	1,55
Água Vermelha	4.384	1,1
Três Marias	2.193	1,18
Xingó	3.882	1,04
Lajeado	3.283	1,02



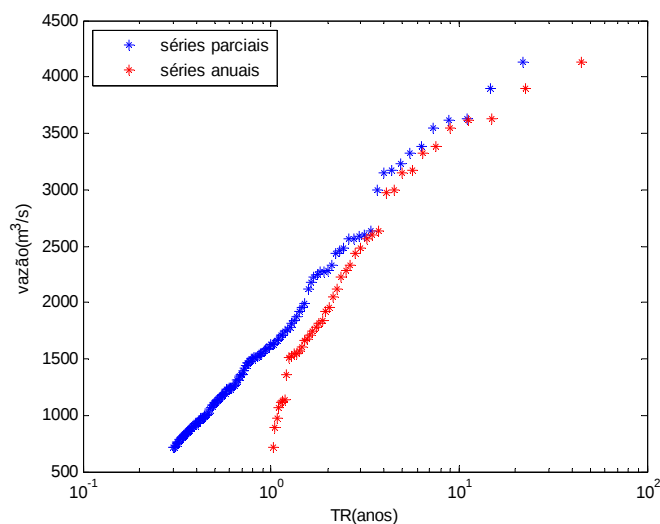
a) Séries parciais vs Séries anuais na UHE de Água Vermelha



b) Séries parciais vs Séries anuais na UHE de Barra Grande



c) Séries parciais vs Séries anuais na UHE de Itaipú



d) Séries parciais vs Séries anuais na UHE de Castro Alves

Figura 6 – Séries anuais vs Séries parciais

As diferenças encontradas entre os postos, em especial na UHE de Barra Grande e Castro Alves, possivelmente estão ligadas as características fisiográficas naturais de cada rio.

CONCLUSÕES

A comparação entre os métodos de posição de plotagem de Weibull e Gringorten, não mostrou diferenças consideráveis, os resultados suscitam a um entendimento de que o ajuste da curva não foi razoável para valores maiores que 10 anos de recorrência, quando considerado estimação do parâmetro via máxima verossimilhança. Técnicas de séries parciais apresentam potencial para auxiliar estudos de recorrência de cheia (sem perda de tempo). Entretanto, dentro em

vista as diferenças observadas quanto a convergência entre os postos estudados, mostra-se interessante refletir questões tais como a variabilidade das vazões diárias e recorrência de cheias, irregularidade do período de cheias, além dos critérios adotados para separação dos eventos no preparo de séries parciais entre outras considerações realçando a necessidade de realização de estudos mais aprofundados, nesta mesma linha de pesquisa, para a análise de séries parciais e de recorrência de cheias.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq e posteriormente ao MEC/SESu que via PET que concederam bolsa e suporte para realização de estudos.

REFERÊNCIAS

Gordon, Nancy D., Thomas A. McMahon, Brian L. Finlayson, Christopher J. Gippel e Rory J. Nathan (2004). Stream hydrology : an introduction for ecologists. Sons,Ltd ISBNs; Inglaterra - Hoboken, 2ª ed, 215p.

Naghetini, Mauro e Eber Jose de Andrade Pinto (2007). Hidrologia Estatística. CPRM, Belo Horizonte, 282p.

Operador Nacional do Setor Elétrico, 2011. Disponível em:< <http://www.ons.org.br>>. Acesso em: 19 Julho de 2011.

Tucci, Carlos Eduardo Morelli(2001). Hidrologia: ciência e aplicação. ABRH, Porto Alegre-RS, 163p.