



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Pró-reitora de Pesquisa e Pós Graduação
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental
Campus Apucarana/Londrina



ANA CAROLINA FREITAS XAVIER

**AVALIAÇÃO DA FREQUÊNCIA DE EVENTOS EXTREMOS DE INUNDAÇÃO
NAS PRINCIPAIS SUB-BACIAS DO RIO PARANÁ**

LONDRINA

2017

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL
CÂMPUS APUCÁRANA E LONDRINA**

ANA CAROLINA FREITAS XAVIER

**AVALIAÇÃO DA FREQUÊNCIA DE EVENTOS EXTREMOS DE INUNDAÇÃO
NAS PRINCIPAIS SUB-BACIAS DO RIO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito para a obtenção do título no Curso de Mestrado em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof Dr. Jorge Alberto Martins.

LONDRINA

2017

TERMO DE LICENCIAMENTO

Esta Dissertação está licenciada sob uma Licença Creative Commons *atribuição uso não-comercial/compartilhamento sob a mesma licença 4.0 Brasil*. Para ver uma cópia desta licença, visite o endereço <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/> ou envie uma carta para Creative Commons, 171 Second Street, Suite 300, San Francisco, Califórnia 94105, USA.



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca UTFPR - Câmpus Londrina

X3a Xavier, Ana Carolina Freitas
Avaliação da frequência de eventos extremos de inundação nas principais sub-bacias do Rio Paraná / Ana Carolina Freitas Xavier - Londrina: [s.n.], 2017.
86 f. ; il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Jorge Alberto Martins
Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. Londrina, 2017.
Bibliografia: f. 75-86

1. Hidrologia. 2. Paraná, Rio. 3. Inundações. I. Martins, Jorge Alberto, orient. II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. III. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental. IV. Título.

CDD: 628



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Pró-reitora de Pesquisa e Pós Graduação
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental
Campus Apucarana/Londrina



TERMO DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DA FREQUÊNCIA DE EVENTOS EXTREMOS DE INUNDAÇÃO NAS PRINCIPAIS SUB-BACIAS DO RIO PARANÁ

por

Ana Carolina Freitas Xavier

Dissertação de mestrado apresentada no dia vinte e quarto de fevereiro de dois mil e dezessete como requisito parcial para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA AMBIENTAL pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Câmpus Apucarana/Londrina, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O Candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr- Jorge Alberto Martins
(UTFPR)

Prof. Dr^a- Rita Valéria Andreoli
(UEA/INPA)

Prof. Dr-Cosmo Damião Santiago
(UTFPR)

Prof. Dr Edson Fontes de Oliveira
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental

AGRADECIMENTOS

À minha família, em especial meus amados pais, avós e irmã.

Aos amados Lourenço, Anderson, Thais, Dani, Amanda e Bia.

Ao Professor Dr. Jorge Alberto Martins pela orientação e amizade nestes meses.

À Professora Dra. Leila Droprinchinski Martins.

Ao Dr. Marcos Vinicius Bueno de Moraes por todo apoio e disponibilidade em me ajudar.

Aos demais colegas do Laboratório de Eventos Atmosféricos Extremos (EAE) e Laboratório de análises em Poluição do Ar (LAPAR).

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior (CAPES) e Agência Nacional de Águas (ANA) pela oportunidade de bolsa.

À equipe executora do projeto “Detecção do papel das mudanças climáticas e das condições de uso e ocupação do solo sobre a hidrologia da Bacia do Rio Paraná” nº 23038.003963/2016-17.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da UTFPR/Londrina.

Obrigado a todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

XAVIER, A.C.F. Avaliação da frequência de eventos extremos de inundação nas principais sub-bacias do Rio Paraná. 2017. 86 p. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental (PPGEA), Câmpus Apucarana/Londrina, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2017

A distribuição generalizada de valores extremos (GEV) tem sido aplicada com frequência em estudos voltados à análise de problemas de hidrologia. O objetivo principal deste estudo foi calcular a distribuição de frequência e intensidade dos eventos extremos de inundação nas principais sub-bacias do Rio Paraná por meio da aplicação da teoria de valores extremos. Para estimar os parâmetros da distribuição GEV foi utilizado o método dos momentos lineares, que se mostrou suficiente e menos oneroso computacionalmente. Foram escolhidas seis sub-bacias (Alto Paranapanema, Baixo Iguaçu, Rio Ivaí, Rio Mogi-Guaçu, Rio dos Bois e Rio Tibagi) para análise comparativa de precipitação média, vazão média, tendência de precipitação máxima e média, distribuição de eventos extremos de inundação, vazão específica média, taxa de drenagem e por fim o índice de cheia. A série de dados utilizada, com diferentes durações são do período de 1984 a 2013. As maiores precipitações médias foram encontradas nas sub-bacias do Baixo Iguaçu, Rio Piquiri e Rio Ivaí. Ambas as tendências, tanto de aumento quanto de diminuição, foram observadas nas sub-bacias, dependendo do mês do ano. Observou-se maior sazonalidade nas sub-bacias que possuem verões quentes bem definidos, tais como, Alto Paranapanema, Mogi-Guaçu e Rio dos Bois. A distribuição de Weibull se mostrou ser a mais adequada para a região de estudo, embora Fréchet e Gumbel se mostraram apropriadas em algumas sub-bacias em particular. Maiores vazões médias e taxas de drenagem foram encontradas na porção climática subtropical com verão temperado da bacia onde se localizam as sub-bacias do Baixo Iguaçu, Rio Ivaí e Rio Tibagi. As sub-bacias mais vulneráveis a inundação são as sub-bacias do Baixo-Iguaçu, Rio Ivaí, Rio Mogi-Guaçu e Rio Tibagi, que apresentam forma alongada favorecendo assim um maior escoamento para a calha principal. Valores mais elevados para a vazão específica e taxa de drenagem foram encontrados nas sub-bacias do Ivaí, Tibagi e Baixo Iguaçu, com cerca de 28 l/s/km^2 , representando uma taxa de drenagem de 45% da precipitação média, valor acima da média da Bacia do Paraná, que foi de 27%.

Palavras-chave: intensidade, frequência, período de retorno, extremos de inundação, índice de cheia.

ABSTRACT

XAVIER, A.C.F. Evaluation of the frequency of extreme flood events in the main sub-basins of the Paraná River. 2017. 86 p. Master degree. Environmental Engineering Master Program (PPGEA), campus Apucarana/Londrina, Federal University of Technology - Paraná. Londrina, 2017.

The generalized distribution of extreme values (GEV) has been frequently applied in studies aimed at solving hydrological problems. The main objective of this study was to calculate the frequency and intensity of the distribution of extreme flood events in the main sub-basins of the Paraná River by applying extreme value theory. To estimate the parameters of the GEV distribution, the linear moments method was used, which proved to be sufficient and less computationally costly. Six sub-basins (Alto Paranapanema, Baixo Iguaçu, Ivai River, Mogi-Guaçu River, Rio dos Bois and Tibagi River) were chosen for comparative analysis of mean precipitation, mean flow, trend of maximum and average precipitation, distribution of extreme events flood, average specific flow rate, drainage rate, and finally the index flood. The dataset used, which has different duration, are from period of 1984 to 2013. The highest mean precipitation was found in the sub-basins of Baixo Iguaçu, Piquiri River and Ivai River. Both, rise and fall trends, were observed in the sub-basins, depending on the month of the year. Higher seasonality of precipitation were observed in the sub-basins with hot summers, Alto Paranapanema, Mogi-Guaçu and Rio dos Bois. The Weibull distribution proved to be the most suitable for the region, although Fréchet and Gumbel distributions proved to be suitable for some particular sub-basins. Higher average flows and drainage rates were found in the subtropical climatic portion with temperate summer of the basin, where the sub-basins of Baixo Iguaçu, Ivai River and Tibagi River are located. The sub-basins most vulnerable to flooding are the Baixo-Iguaçu, Ivai River, Mogi-Guaçu and Tibagi River sub-basins, which are elongated basins, favoring a higher flow to the main channel. Higher values for the specific flow rate and drainage rate were found in the sub-basins of Ivaí, Tibagi and Baixo Iguaçu, with about 28 l/s/km², representing a drainage rate of 45% of the average precipitation, a value above the 27% averaged for the Paraná Basin.

Keywords: Intensity, frequency, return period, flood extremes, index flood.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração da diferença entre as duas abordagens mais comuns para o estudo de eventos extremos: Bloco de Máximos Anuais (a) e Picos Acima de um Limiar (b).	19
Figura 2 - Mapa de localização da Região Hidrográfica do Rio Paraná e suas respectivas unidades federativas separadas por código de identificação do IBGE.....	26
Figura 3 - Caracterização climática da Região Hidrográfica por Köppen (adaptado de Alvares et al. (2013)).	27
Figura 4 - Fluxograma das etapas de obtenção, organização e padronização do banco de dados com as estações obtidas via plataforma HIDROWEB (ANA) e via requerimento (DAEE-SP).....	29
Figura 5 - Diagrama de avaliação da disponibilidade temporal de dados via programa SUPER MANEJO DE DADOS versão 1.1 (UFRGS).....	30
Figura 6 - Sub-bacias que serão analisadas quanto a tendências e distribuição de frequência de eventos extremos.	31
Figura 7 - Exemplos de curvas de distribuição da função GEV para diferentes valores do parâmetro de forma ξ	35
Figura 8 - Caracterização da precipitação média (mm/dia) e do relevo da Região Hidrográfica do Rio Paraná, de 1984 a 2013.	43
Figura 9 - Espacialização do parâmetro forma da função GEV para estações pluviométricas de 1984 a 2013 com 90% de disponibilidade temporal.	44
Figura 10 - Espacialização do parâmetro forma da função GEV para estações fluviométricas de 1984 a 2013 com 90% de disponibilidade temporal (a) e histograma correspondente (b).	45
Figura 11 - Gráfico das médias mensais e desvio padrão da precipitação diária (mm/dia) entre os meses de janeiro (1) a dezembro (12) para o período estudado.....	46
Figura 12 - Distribuição espacial dos parâmetros de locação (μ) e forma (ξ) para a sub-bacia do Alto Paranapanema.	47
Figura 13 - Distribuição espacial das precipitações diárias máximas para períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos na sub-bacia do Alto Paranapanema.	48

Figura 14 - Vazão média diária para os postos fluviométricos analisados para a sub-bacia Alto Paranapanema.	49
Figura 15 - Gráfico das médias mensais e desvio padrão da precipitação diária (mm/dia) entre os meses de janeiro (1) a dezembro (12) para o período estudado.....	50
Figura 16 - Distribuição espacial dos parâmetros de locação (μ) e forma (ξ) para a sub-bacia do Baixo Iguaçu.	51
Figura 17 - Distribuição espacial das precipitações diárias máximas para períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos na sub-bacia do Baixo Iguaçu.	52
Figura 18 - Vazão média diária para os postos fluviométricos analisados para a sub-bacia Baixo Iguaçu.	53
Figura 19 - Gráfico das médias mensais e desvio padrão da precipitação diária (mm/dia) entre os meses de janeiro (1) a dezembro (12) para o período estudado.....	54
Figura 20 - Distribuição espacial dos parâmetros de locação (μ) e forma (ξ) para a sub-bacia do Rio Ivaí.....	56
Figura 21 - Distribuição espacial das precipitações diárias máximas para períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos na sub-bacia do Rio Ivaí.	56
Figura 22 - Vazão média diária para os postos fluviométricos analisados para a sub-bacia do Rio Ivaí.....	57
Figura 23 - Gráfico das médias mensais e desvio padrão de precipitação diária (mm/dia) entre os meses de janeiro (1) a dezembro (12) para o período estudado.....	58
Figura 24 - Distribuição espacial dos parâmetros de locação (μ) e forma (ξ) para a sub-bacia do Rio Mogi-Guaçu.....	59
Figura 25 - Distribuição espacial das precipitações diárias máximas para períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos na sub-bacia Rio Mogi-Guaçu.	60
Figura 26 - Vazão média diária para os postos fluviométricos analisados para a sub-bacia Mogi-Guaçu.	61
Figura 27 - Gráfico das médias mensais e desvio padrão da precipitação diária (mm/dia) entre os meses de janeiro (1) a dezembro (12) para o período estudado.....	62
Figura 28 - Distribuição espacial dos parâmetros de locação (μ) e forma (ξ) para a sub-bacia do Rio dos Bois.....	63

Figura 29 - Distribuição espacial das precipitações diárias máximas para períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos na sub-bacia do Rio dos Bois.	64
Figura 30 - Vazão média diária para os postos fluviométricos analisados para a sub-bacia Rio dos Bois.....	64
Figura 31 - Gráfico das médias mensais e desvio padrão da precipitação diária (mm/dia) entre os meses de janeiro (1) a dezembro (12) para o período estudado.....	65
Figura 32 - Distribuição espacial dos parâmetros de locação (μ) e forma (ξ) para a sub-bacia do Rio Mogi-Guaçu.....	67
Figura 33 - Distribuição espacial das precipitações diárias máximas para períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos na sub-bacia do Rio Tibagi.	68
Figura 34 - Vazão média diária para os postos fluviométricos analisados para a sub-bacia do Rio Tibagi.....	68

LISTA DE ABREVIATURAS

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

BMA - Bloco de Máximos Anuais

CCM - Complexos Convectivos de Mesoescala

CV – Coeficiente de Variação

DAEE-SP - Departamento Água e Energia Elétrica do estado de São Paulo

GEV – Generalized Extreme Values

GMM - Generalized Method of moments

IDW - Inverse Distance Weighting

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

MLE - Maximum-likelihood Estimation

PAL - Picos Acima de um Limiar

PWM - Probability Weighted Moment

RMSPE - Erro médio quadrático da predição

SAMS - South American Monsoon System

SIN - Sistema Interligado Nacional

TSM - Temperatura da Superfície do Mar

UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul

ZACS - South Atlantic Convergence Zone

fgevmax - Probabilidade de um evento de máxima ser igualado ou ultrapassado

pretmax - Período de retorno de um evento extremo, em anos, ocorrer novamente

Max - Valor máximo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1 Teoria Generalizada de Valores Extremos.....	18
2.2 Eventos extremos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná.....	22
3. OBJETIVOS	25
4. METODOLOGIA	26
4.1 Área de estudo.....	26
4.2 Base de dados	28
4.3 Análise de Agrupamento	31
4.4 Estimativa de Parâmetros GEV	32
4.5 Distribuição GEV	34
4.6 Períodos de retorno.....	35
4.7 Método de interpolação	36
4.8 Estimativas de tendências.....	37
4.8.1 Regressão linear.....	37
4.8.2 Teste de Mann-Kendall	38
4.9 Índice de cheia	39
4.10 Vazões específicas	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1 Bacia do Rio Paraná	42
5.2 Sub-bacia Alto Paranapanema	45
5.3 Sub-bacia Baixo Iguçu.....	50
5.4 Sub-bacia Rio Ivaí	53
5.5 Sub-bacia Rio Mogi-Guaçu	58
5.6 Sub-bacia Rio dos Bois	61
5.7 Sub-bacia Rio Tibagi	65
5.8 Síntese dos resultados	69

6. CONCLUSÕES	72
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
APÊNDICES.....	87
A- GEV PRECIPITAÇÃO	87
I - Estatísticas de valores extremos para dados pluviométricos para sub-bacia Alto Paranapanema.	87
II - Estatísticas de valores extremos para dados pluviométricos para sub-bacia Baixo Iguaçu.	89
III - Estatísticas de valores extremos para dados pluviométricos para sub-bacia Rio Ivaí.....	90
IV - Estatísticas de valores extremos para dados pluviométricos para sub-bacia Rio Mogi Guaçu.	92
V - Estatísticas de valores extremos para dados pluviométricos para sub-bacia Rio dos Bois.....	94
VI - Estatísticas de valores extremos para dados pluviométricos para sub-bacia Rio Tibagi.....	95
B - GEV VAZÃO	96
VII - Estatísticas de valores extremos para dados fluviométricos para sub-bacia Alto Paranapanema.	96
VIII - Estatísticas de valores extremos para dados fluviométricos para sub-bacia Baixo Iguaçu	96
IX - Estatísticas de valores extremos para dados fluviométricos para sub-bacia Rio Ivaí.....	96
X - Estatísticas de valores extremos para dados fluviométricos para sub-bacia Rio Mogi Guaçu	97
XI - Estatísticas de valores extremos para dados fluviométricos para sub-bacia Rio dos Bois.....	97
XII - Estatísticas de valores extremos para dados fluviométricos para sub-bacia Rio Tibagi.....	97
C - TENDÊNCIAS PRECIPITAÇÃO	98

XIII -	Sub-bacia Alto Paranapanema	98
XIV -	Sub-bacia Baixo Iguaçu	100
XV -	Sub-bacia Rio Ivaí	101
XVI -	Sub-bacia Rio Mogi Guaçu	104
XVII -	Sub-bacia Rio dos Bois	106
XVIII -	Sub-bacia Rio Tibagi	106
D -	TENDÊNCIAS VAZÃO	108
XIX -	Sub-bacia Alto Paranapanema	108
XX -	Sub-bacia Baixo Iguaçu	108
XXI -	Sub-bacia Rio Ivaí	108
XXII -	Sub-bacia Rio Mogi Guaçu	108
XXIII -	Sub-bacia Rio dos Bois	109
XXIV -	Sub-bacia Rio Tibagi	109

1. INTRODUÇÃO

A qualidade e disponibilidade de água tornam-se cada vez mais comprometidas com as crescentes demandas e com as alterações climáticas em curso. A capacidade de absorver essas tensões e lidar com novas realidades e a limitada capacidade de projetar impactos específicos acaba se tornando crítica diante de cenários cercados por elevado nível de incerteza. De acordo com Engle et al. (2010), estudos de risco são fundamentais para uma melhor compreensão e uma maior capacidade de adaptação aos extremos climáticos, e entendimento de como esses mecanismos se relacionam entre si. Tais estudos podem fornecer orientação aos tomadores de decisão na concepção e preparação de resposta às alterações climáticas.

Em todo o mundo, o número crescente de tensões em sistemas de água doce, muitos dos quais já escassos, tem inflamado a busca de soluções que atendam não apenas aos problemas atuais, mas também mitigar futuros déficits (UNDP, 2006). Impactos das mudanças climáticas sobre a disponibilidade e qualidade da água, por exemplo, provavelmente poderão ameaçar a sustentabilidade e aumentar o risco para os sistemas sociais e ecológicos. Neste contexto, a capacidade de indivíduos, comunidades, organizações e governos de se adaptarem a diferentes tensões é uma característica necessária para que haja planejamento de qualidade e o sistema terrestre se mantenha apto para seres humanos e meio ambiente.

Nos últimos anos tem sido observada uma série de eventos climáticos que tem causado mortes, bem como aumento de perdas econômicas (EASTERLING et al., 2000). Dentre os impactos associados à mudança ou à variabilidade climática, há um consenso geral de que as mudanças na frequência ou intensidade de fenômenos meteorológicos e climáticos extremos têm impactos profundos sobre a sociedade e o meio ambiente (AGHAKOUCHAK et al., 2013).

Eventos extremos de precipitação são relacionados com inundações, enchentes, deslizamentos de, que causam destruição em cidades e lavouras, perdas de vidas, afetando vários setores da sociedade. Em uma escala de tempo maior (mensal ou sazonal, por exemplo), as secas ou excesso de

precipitação também afetam a sociedade e a economia do país, pelas perdas agrícolas ou pela redução de recursos hídricos que influi na geração de energia. Casos de intensas incursões de ar frio, que causam geadas e afetam a agricultura, assim como ondas de calor que são prejudiciais à saúde, são eventos extremos relacionados com temperatura. Casos de enchentes, deslizamentos e secas têm ocorrido com maior frequência em várias regiões do Brasil (MARENGO et al., 2010). A frequência e a intensidade de eventos extremos são afetadas pela variabilidade natural climática (GRIMM e TEDESCHI, 2009), mas poderiam também ser afetadas por mudanças climáticas em um sistema terrestre global modificado pela ação de gases antrópicos (TRENBERTH et al., 2003).

O entendimento dos eventos extremos é geralmente feito através da análise da distribuição de parte dos valores de uma série de dados, ou seja, aqueles eventos com pouca chance de ocorrer ao longo do tempo. Há duas abordagens principais para tratar esses valores pouco frequentes (ou extremos) em hidrologia. A primeira consiste em selecionar máximos ao longo de uma época, em geral um ano, para uma série de dados, formando assim um Bloco de Máximos Anuais (BMA). Na segunda abordagem são considerados todos os Picos Acima de um Limiar (PAL) que, em geral, é definido de maneira que a amostra seja representativa de valores pouco frequentes.

A modelagem estatística é essencial para projeções na estrutura do sistema hídrico, em especial para atividades que envolvam o uso da água na agricultura, no abastecimento e na produção de energia. A realização de estudos de avaliação de riscos de mudanças climáticas também se beneficia com o uso de ferramentas estatísticas. Neste contexto, alguns pesquisadores têm analisado precipitação diária extrema (ex., Manton et al. (2001), Katz et al. (2002), Feng et al. (2007), Choi et al. (2009), Costa e Soares (2009), Re e Barros (2009) e Rahimzadeh et al. (2009)), enquanto outros têm focado suas análises em séries de vazão (Todorovic e Zelenhasic (1970), Chowdhury (1995), Adamowski (2000) e Mudelsee et al. (2003), Büchele et al. (2006)).

O trabalho pioneiro de Fisher e Tippett (1928) estabelece os fundamentos da teoria dos valores extremos. Nesse estudo, são descritos três casos particulares da distribuição generalizada de valores extremos (GEV; Jenkinson, 1955) conhecidos como Gumbel (tipo I), Fréchet (tipo II) e Weibull

(tipo III) (Gumbel, 1958). Entretanto, segundo Raynal (1997), como a escolha de qual dos tipos, I, II ou III é o mais adequado aos dados sob investigação nem sempre é óbvia, a GEV torna-se uma alternativa mais apropriada para a investigação da estatística de valores extremos.

Além da escolha de uma função de distribuição e do método de estimativa dos parâmetros, a regionalização das análises tem sido considerada como procedimento importante para a qualidade dos resultados (DALRYMPLE, 1960; HOSKING et al., 1985). A ideia principal neste caso é que, se uma região é relativamente homogênea, a estimativa de um dado local pode ser melhorada usando observações de outros locais da mesma região, bem como outros períodos de tempo.

As Regiões Sul e Sudeste do Brasil são altamente vulneráveis com relação a eventos extremos de precipitação, devido à alta concentração demográfica e por estarem sujeitas à ação de sistemas meteorológicos que podem causar intensa precipitação. A ocorrência de secas nessas regiões também é um fator importante, considerando que a maior usina hidrelétrica do país, Itaipu, se encontra na Região Sul. Secas recorrentes no Nordeste do Brasil afetam constantemente a subsistência nessa região; por outro lado, casos de precipitações excessivas em alguns anos provocam alagamentos e destruição. A Região Amazônica tem experimentado situações de secas prolongadas na primeira década do século XXI (MARENGO et al., 2008), as quais têm um grande impacto na vazão dos rios, prejudicando o sistema de transporte fluvial, altamente necessário na região.

O objetivo principal desta pesquisa foi calcular a distribuição de frequência e intensidade dos eventos extremos de seca e inundação nas principais sub-bacias do Rio Paraná por meio da aplicação da teoria de valores extremos (GEV).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Teoria Generalizada de Valores Extremos

Conforme mencionado na seção anterior, o entendimento dos eventos extremos é geralmente feito através da análise da distribuição de parte dos valores de uma série de dados, através das técnicas BMA ou PAL. A Figura 1 mostra, de forma ilustrativa, a diferença no tratamento que ambas as abordagens oferecem sobre uma série de dados. Na Figura 1a, apenas os três maiores valores encontrados ao longo de uma época (um ano, no exemplo) são extraídos da amostra para análise. Já na Figura 1b, define-se um limiar e todos os valores acima daquele limiar são extraídos para análise. Não existe uma regra que estabeleça qual deve ser o número de máximos anuais que devem ser extraídos para análise pela técnica BMA, assim como também não existe um critério específico para se definir um limiar para a aplicação de PAL. De qualquer forma, espera-se que em ambos os casos, os valores que fizerem parte dos dados analisados, sejam representativos de eventos raros.

Uma vez definidas as amostras, seja por BMA ou PAL, a próxima etapa consiste em ajustar uma função de distribuição de densidade de probabilidades capaz de representar os valores extremos. Diversas distribuições de probabilidade têm sido propostas para a análise com base em máximos anuais (BMA), entre as quais cabe destacar a distribuição log-normal de três parâmetros, a distribuição generalizada de valores extremos e a distribuição de log-Pearson III. Quando são considerados picos acima de um limiar (PAL) as distribuições exponencial e generalizada de Pareto são as mais frequentemente usadas. As séries de extremos de uma variável hidrológica (vazão, chuva, períodos de estiagem) são comumente representadas por uma dessas distribuições de valores extremos. Conhecer os parâmetros das mesmas constitui-se no principal desafio. Para essa finalidade é necessário escolher um método que permita ajustar tais parâmetros a partir do conjunto de dados de extremos disponível, seja ele oriundo de BMA ou PAL.

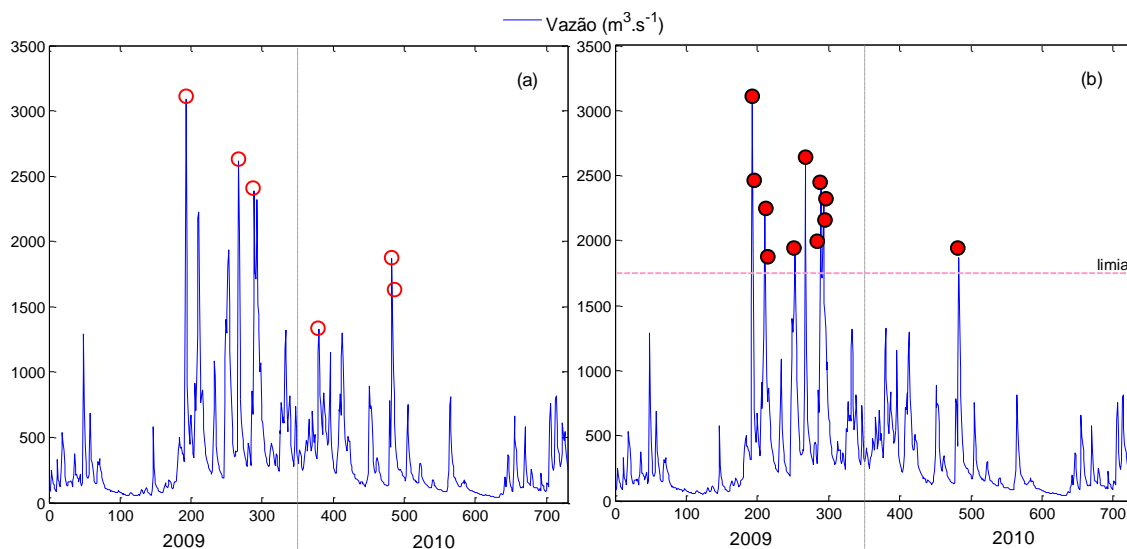


Figura 1 - Ilustração da diferença entre as duas abordagens mais comuns para o estudo de eventos extremos: Bloco de Máximos Anuais (a) e Picos Acima de um Limiar (b).

A Estatística de Valores Extremos procura estimar parâmetros de modelos de acontecimentos raros. Jenkinson (1955) propôs que os três tipos de distribuições de valores extremos (Gumbel, Fréchet e Weibull) poderiam ser representados numa forma paramétrica única, denominada distribuição generalizada de valores extremos (GEV, do inglês *Generalized Extreme Values*).

Outras contribuições importantes para o estudo de valores extremos foram dadas por Gnedenko (1943), que mostrou as condições necessárias e suficientes para a existência das distribuições assintóticas dos valores extremos e determinou que as caudas dessas distribuições, ou seja, a parte que trata dos valores máximos ou mínimos menos frequentes, pode ser modelada por alguns tipos de distribuições contínuas.

Um problema que surgiu desde que foram propostas as distribuições de valores extremos foi identificar o tipo de distribuição mais adequada para uma determinada amostra de dados. Para solucionar este problema, diversos procedimentos foram propostos, como por exemplo, os de Van Monfort (1978), Tiago de Oliveira (1981) e Hosking et al. (1985), e o da curvatura, desenvolvido por Castillo (1988). Embora não seja necessário estimar os parâmetros dos três tipos de distribuições de valores extremos, tais métodos proporcionam uma solução apenas aproximada ao problema da identificação da distribuição mais apropriada (RAYNAL, 1997).

Raynal (1997) e Nadarajah e Choi, (2007) afirmam que a GEV possui toda a flexibilidade contida em seus casos particulares. Com base nessa última premissa, El Adlouni et al. (2007), Pujol et al. (2007), Méndez (2007), Furió e Meneu (2010) e Cannon (2010) utilizam esse modelo estatístico em estudos probabilísticos de dados meteorológicos extremos. Sob o aspecto matemático, é interessante ressaltar que os parâmetros da referida função estatística podem ser estimados com base em diversos métodos.

Entre os métodos mais frequentemente encontrados na literatura de hidrologia estão o método dos momentos generalizado (*Generalized Method of moments* - GMM), a estimativa por máxima verossimilhança (*Maximum-likelihood Estimation*- MLE), o método dos momentos lineares (*L-moments* - LM) e o método dos momentos ponderados por probabilidades (*Probability Weighted Moment* - PWM). Por exemplo, o método da máxima verossimilhança foi utilizado por Nadarajah e Choi (2007), Pujol et al. (2007), Méndez (2007) e Sansigolo (2008), assim como o método dos momentos lineares foi utilizado por Hosking e Wallis (1997). Uma comparação do desempenho de diferentes métodos na obtenção dos parâmetros da distribuição GEV pode ser encontrada em Martins e Stedinger (2000). Do ponto de vista de aplicação dos métodos disponíveis para estimativa dos parâmetros da distribuição de valores extremos, existem várias iniciativas de aplicação em diferentes partes do mundo para a área de hidrologia.

Adamowski (2000) estudou dados de inundação provenientes de 183 estações das províncias de Ontário e Quebec no Canadá. O autor considerou tanto BMA quanto PAL em sua análise e aplicou o método dos momentos lineares. De acordo com o autor este método é mais robusto quanto à presença de dados discrepantes, ou ausentes, e não produz viés para pequenas amostras. Séries temporais de precipitação em 17 estações localizadas na China foram abordadas por Badreldin & Ping (2012). Neste estudo os autores aplicaram o método dos momentos lineares na obtenção dos parâmetros da distribuição de frequência de extremos. Os autores também aplicaram uma análise de agrupamento (*cluster*) para verificar a homogeneidade entre a série de dados.

Rulfová et al. (2016) estudaram a distribuição de valores de precipitações máximas anuais para 11 estações localizadas na República

Tcheca. Neste estudo foi utilizado o método dos momentos lineares para estimativa dos parâmetros da distribuição. Fowler e Kilsby (2003) estudaram máximos anuais e aplicação do método dos momentos lineares para séries de precipitação do Reino Unido. Queiroz & Chaudhry (2005) verificaram que a distribuição GEV e os momentos LH (ordem igual a zero semelhante a momentos lineares) forneceram ajustes adequados para representação das cheias anuais e vazões mínimas em 42 estações fluviométricas instaladas em rios da sub-bacia Paraná-Parapanema. Os testes de aderência de Wang e de Kolmogorov-Smirnov foram aplicados na avaliação da qualidade do ajuste das distribuições. Sugahara et al. (2009) analisaram a não estacionariedade e a distribuição de frequência dos valores extremos de precipitação diária na cidade de São Paulo, no período de 1933-2005. Na análise foi considerada a abordagem de picos acima de um limiar e a função aplicada foi a distribuição de Pareto. Os parâmetros da distribuição foram estimados a partir do método de máxima verossimilhança.

Liebmann et al. (2001) ao estudar a variabilidade interanual de eventos extremos de precipitação diária do estado de São Paulo sugerem que o aspecto mais difícil da análise é a definição de um evento extremo. Isso ocorre pelo fato de que a maioria dos eventos extremos de precipitação ocorre entre os meses de outubro e março, definidos como verão. Katz et al. (2002) sugerem o uso de metodologias estatísticas mais rigorosas para análises regionais de extremos, por exemplo, métodos Bayesianos. A modelagem espacial Bayesiana de valores extremos oferece maior capacidade de medidas de incerteza relevantes para as estimativas, principalmente quando há limitação na quantidade de dados. Wang & So (2016) propõe um modelo hierárquico Bayesiano que pode tratar séries de chuva com diferentes durações.

A distribuição generalizada de Pareto foi aplicada a um conjunto de dados simulados e dados de precipitação observados para 90 estações em torno de Hong Kong. Para validação estatística do modelo os autores utilizaram o método de Cadeia de Markov e Monte Carlo. Karim & Chowdhury (1995) avaliaram o desempenho das distribuições Log-Normal, Gumbel e Log-Pearson III na modelagem de séries de máximos anuais de vazão em Bangladesh. A avaliação foi realizada com base no desvio quadrático médio, coeficiente de

correlação, diagramas de relação entre momentos lineares e análise de qualidade da probabilidade. Os resultados indicam que as distribuições não são apropriadas para modelagem das séries de vazão analisadas.

2.2 Eventos extremos na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná

O *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2012), traz algumas ressalvas sobre os eventos climáticos extremos. Alguns eventos climáticos e hidrológicos extremos, por exemplo, secas e inundações, resultam de uma acumulação de eventos meteorológicos ou climáticos que, individualmente, não seriam considerados como extremos. Eventos meteorológicos ou climáticos, mesmo não sendo estatisticamente extremos, podem levar a condições ou a impactos extremos, quer seja por atravessar um limiar social, ecológico ou físico crítico, ou pela ocorrência simultânea de dois eventos.

A influência das forçantes climáticas globais sobre as variáveis hidrológicas da Bacia do Rio Paraná já possui ampla documentação na literatura. Diversos estudos (KOUSKY et al., 1984; KAYANO et al., 1988; ROPELEWSKI e HALPERT, 1987 e 1989) mostram que as condições de temperatura da superfície do mar no Oceano Pacífico, na região de ocorrência de *El Niño*, influenciam, o regime hidrológico da região onde se localiza a bacia do Paraná. Camiloni et al. (2003), por exemplo, mostra que os eventos de *El niño* de 1982–1983 e 1997–1998 têm forte influência nos eventos extremos de vazões. Berri et al. (2002) mostraram que a média das vazões observadas durante os eventos de *El niño* são sempre maiores do que os eventos de *La Niña*. São Paulo, em particular, apresenta mais eventos extremos de chuva durante o *El Niño* devido ao fato desta condição favorecer o desenvolvimento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) (CARVALHO et al., 2002, 2004). O Oceano Atlântico também desempenha papel importante sobre o regime de precipitações em várias das sub-bacias do rio Paraná (CARVALHO et al., 2002; CARVALHO et al., 2004, PSCHIEDT & GRIMM, 2009). As circulações locais na cabeceira dos afluentes do Rio Paraná, por exemplo, são influenciadas pela brisa marítima, cuja intensidade depende da temperatura da superfície do mar (TSM), na região próxima à

costa. As regiões Sul e Sudeste do Brasil também têm seus regimes de precipitação influenciados pela passagem e pela intensidade de sistemas frontais (OLIVEIRA, 1986; GUEDES et al., 1994); pelo posicionamento do jato subtropical da América do Sul (KOUSKY e CAVALCANTI, 1984; BROWING, 1985) e por complexos convectivos de mesoescala (CCM), (MADOX, 1983; MILLER e FRITSCH, 1991). Zhou e Lau (2001) afirmam que a característica climática dominante é o acentuado ciclo sazonal de precipitação, umidade e circulação, controlado pelo Sistema Sul-Americano de Monção (*South American Monsoon System - SAMS*). A Zona de Convergência do Atlântico Sul (*South Atlantic Convergence Zone - ZCAS*), se origina na região da Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas e se estende em direção à Região Sudeste do Brasil, passando pelo Centro-Oeste e alcançando o Oceano Atlântico (SATYAMURTI et al., 1998), e está relacionada com a ocorrência de eventos de precipitação extrema no sudeste brasileiro (LIEBMANN et al., 2001; CARVALHO et al., 2002; CARVALHO et al., 2004; MUZA et al., 2009; CAVALCANTI, 2012). Em relação ao sudeste da América do Sul, tendências positivas foram relacionadas à intensificação de chuvas intensas em vez de um aumento na frequência de dias úmidos (SKANSI et al., 2013). As tendências de precipitação em longo prazo foram menos coerentes e apresentaram grande variabilidade espacial nas tendências (ZILLI et al., 2016).

Zilli et al. (2016), desenvolveu análise abrangente da precipitação e seus extremos usando registros de medição mais atuais e longos disponíveis nos estados do sudeste brasileiro. O principal objetivo foi caracterizar corretamente os padrões de mudanças na intensidade e frequência de eventos de chuvas leves e extremas. As tendências detectadas usando esta base de dados fornecem evidências adicionais de que as mudanças projetadas para futuros cenários de mudanças climáticas já estão ocorrendo. A alta densidade populacional urbana, a ocupação inadequada de áreas de risco em MG, RJ e SP e as tendências positivas na precipitação extrema sugerem uma crescente exposição a desastres relacionados a chuvas nessas regiões. Estações individuais também revelam tendências negativas na porcentagem de dias chuvosos e no número de dias com chuva leve. Essas tendências, não evidentes nos dados das projeções, indicam mudanças na frequência e intensidade de eventos de precipitação, com maior acumulação ocorrendo em

menos dias chuvosos. As tendências positivas observadas na precipitação diária extrema podem estar relacionadas a efeitos termodinâmicos, como um aumento da instabilidade convectiva. No entanto, muitos outros mecanismos dinâmicos e termodinâmicos, combinados com mudanças ambientais como, por exemplo, o efeito da urbanização rápida e o uso e mudança da terra, também poderiam ter desempenhado um papel significativo nas tendências observadas na precipitação.

A média de precipitação em quase todo o país é baixa no inverno, sendo em geral mais secas as regiões Centro-oeste e Sudeste. De acordo com Sugahara (1991), o regime anual de precipitação no Estado de São Paulo é altamente sazonal, basicamente com verão chuvoso e inverno seco. Entretanto, fenômenos de grande escala podem contribuir para que a precipitação seja maior ou menor em determinadas regiões.

Existem evidências de que mudanças no uso de solo e no clima das bacias hidrográficas conjugadas do Rio da Prata podem ter contribuído para um aumento de cerca de 30% no fluxo médio do Rio Paraná à partir da década de 1970. Tucci e Clarke (1998) perceberam que esse incremento na vazão dos rios aconteceu após grandes áreas terem sido desmatadas ou o uso de sua terra, modificado. A intensificação das atividades agrícola e industrial na região motivou uma transição da cultura do café para soja e cana-de-açúcar, assim como para a criação de gado na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná. As mudanças no uso do solo representaram, aproximadamente, 1/3 do aumento médio de 30% na vazão. A queda sistemática nas vazões das sub-bacias hidrográficas do Rio Paraíba do Sul (MARENGO et al., 1998) e do Rio Piracicaba (MORALES et al., 1999) em vários pontos de observação aponta para incrementos na área agrícola e no uso da água como causas para diminuição ou distribuição alterada no regime de chuvas nas bacias dessas áreas (MARENGO, 2001). Observa-se aqui, que mudanças nas formas de uso e ocupação do solo tem efeito sobre o escoamento devido à modificação da relação entre chuva e deflúvio ou às retiradas de água implantadas nas sub-bacias do Paraná, podendo, dessa forma, aumentar ou diminuir a vazão em cada seção fluvial.

3. OBJETIVOS

O objetivo principal deste estudo é calcular a distribuição de frequência e intensidade dos eventos extremos de inundação nas principais sub-bacias do Rio Paraná por meio da aplicação da teoria de valores extremos (GEV). Em termos específicos, o estudo pretende:

- 1) Avaliar os métodos de estimativa dos parâmetros da distribuição e identificar aquele(s) mais adequado(s) a eventos extremos de inundações;
- 2) Analisar a distribuição espacial dos parâmetros da distribuição GEV e identificar sub-bacias do Rio Paraná com maior/menor probabilidade de ocorrência de extremos de inundações;
- 3) Analisar se as séries de extremos apresentam algum de tipo de não estacionaridade e quais são as tendências de mudança nas frequências e intensidade por sub-bacias;
- 4) Identificar as implicações para o planejamento futuro dos setores associados a recursos hídricos.

4. METODOLOGIA

4.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do Paraná apresenta 879.860,00 km², equivalente a 10,3% do território brasileiro (PNRH-DBR, 2005), sendo a terceira mais extensa do país. A Região Hidrográfica do Paraná compreende o trecho brasileiro de uma das unidades hidrográficas da Bacia do Rio da Prata, o Alto Paraná, a qual corresponde à área de drenagem da Bacia do rio Paraná até a foz de um de seus principais tributários, o rio Iguaçu, na tríplice fronteira Brasil – Argentina – Paraguai. Participam da área de drenagem da Bacia do Rio Paraná sete unidades da Federação, sendo 24,1% pertencentes à área do Estado de São Paulo, 20,9% do Paraná, 19,3% do Mato Grosso do Sul, 18% de Minas Gerais, 16,1% de Goiás, 1,2% de Santa Catarina e 0,4% do Distrito Federal (Figura 2).

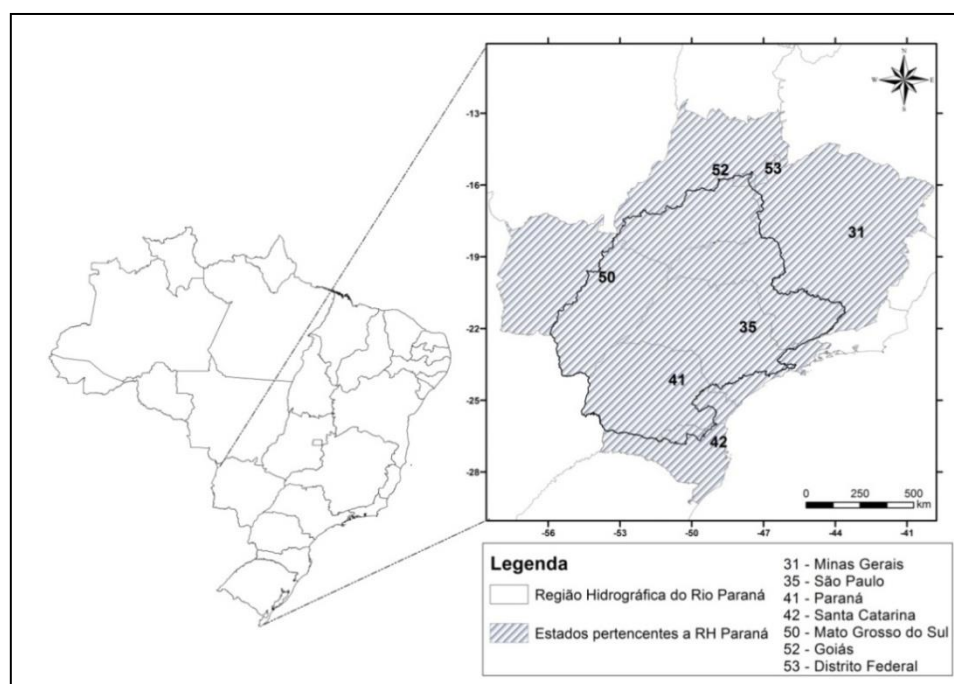


Figura 2 - Mapa de localização da Região Hidrográfica do Rio Paraná e suas respectivas unidades federativas separadas por código de identificação do IBGE.

A Região Hidrográfica do Paraná é subdividida em seis unidades hidrográficas: Grande, Iguaçu, Paranaíba, Paranapanema, Paraná e Tietê.

Originalmente esta região hidrográfica apresentava como componentes da vegetação elementos do bioma de Mata Atlântica e Cerrado e cinco tipos gerais fitofisionômicos: Cerrado, Mata Atlântica, Mata de Araucária, Floresta Estacional Decídua e Floresta Estacional semidecídua. O clima da região hidrográfica, de acordo com a classificação de Köppen, é Temperado ao Sul e Tropical no Brasil Central (restante da bacia hidrográfica), Figura 3 (ALVARES et al., 2013).

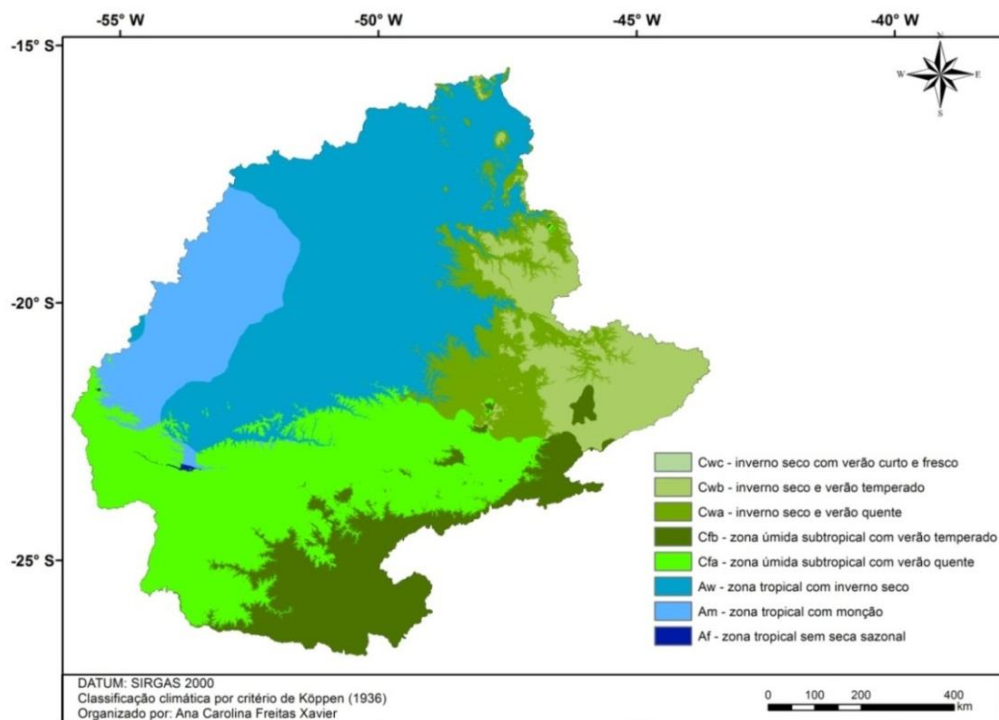


Figura 3 - Caracterização climática da Região Hidrográfica por Köppen (adaptado de Alvares et al. (2013)).

O uso do solo na região passou por grandes transformações ao longo dos ciclos econômicos do País, que ocasionou demasiado desmatamento. O uso para agropecuária abrange uma área de pouco mais de 80 milhões de hectares, sendo que cerca de 60% desta área é destinada às pastagens, 23% às lavouras e 20% são áreas de florestas naturais ou plantadas. Estes percentuais variam significativamente de uma sub-bacia para outra. Entre as atividades agropecuárias destacam-se a pecuária, citricultura, soja, milho, cana-de-açúcar e café.

Esta região hidrográfica possui a maior demanda por recursos hídricos do País, equivalente a 736 m³/s, que corresponde a 31% da demanda nacional (ANA, 2005) e mais de 6% da vazão média da bacia. A irrigação é a maior

usuária de recursos hídricos (42% da demanda total), seguida do abastecimento industrial (27%). Com relação aos indicadores de saneamento básico, de acordo com o Censo Demográfico em 2010 (IBGE, 2010), os percentuais da população atendida com abastecimento de água variavam de 90% (no Paranaíba) a 98% (Grande). A maioria das unidades hidrográficas está com um percentual acima da média do Brasil que era de 91%. O crescimento de grandes centros urbanos, como São Paulo, Curitiba, Goiânia, Campinas e Londrina, em rios de cabeceira, tem gerado uma grande pressão sobre os recursos hídricos. Isso ocorre porque, ao mesmo tempo em que aumentam as demandas, diminui a disponibilidade de água devido à contaminação por efluentes domésticos, industriais e drenagem urbana.

4.2 Base de dados

Os dados de precipitação foram obtidos via base de dados diários da Agência Nacional de Águas (ANA) e Departamento de Água e Energia Elétrica do estado de São Paulo (DAEE-SP), somando cerca de oito mil estações pluviométricas com diferentes durações no período de 1900 a 2015. Dadas as especificidades das séries de dados de chuva originadas de duas bases distintas, ANA e DAEE, a primeira etapa consistiu na padronização de códigos e estrutura matricial das informações contidas em cada posto pluviométrico (ver fluxograma da Figura 4). Os dados de precipitação foram utilizados na identificação dos períodos de estiagem. O segundo conjunto de dados que foi utilizado neste trabalho, consiste de séries temporais de vazão fornecidas pela ANA, com cerca de 1200 estações pluviométricas com diferentes durações no período de 1900 a 2015. Para séries associadas a rios com reservatório em operação e em expansão ou que já tenham iniciado o enchimento do volume morto de reservatórios, foram considerados os efeitos da operação do Sistema Interligado Nacional – SIN, com dados fornecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Depois de organizados, os dados passaram por um processo de análise exploratória, que consistiu na avaliação das médias mensais e médias históricas por estação, quantidade total de dados válidos, conforme diagrama da Figura 5, ilustrando algumas estações de chuva para a sub-bacia do baixo

Tietê. Para analisar a consistência do conjunto de dados foram utilizados dois procedimentos semelhantes ao estudo de Macie (2016), sendo o primeiro a contagem de falhas por ano para cada estação e posteriormente foi calculada a porcentagem de falhas para cada estação, somando as falhas de todos os anos e dividindo pelo número total de dados de toda série.

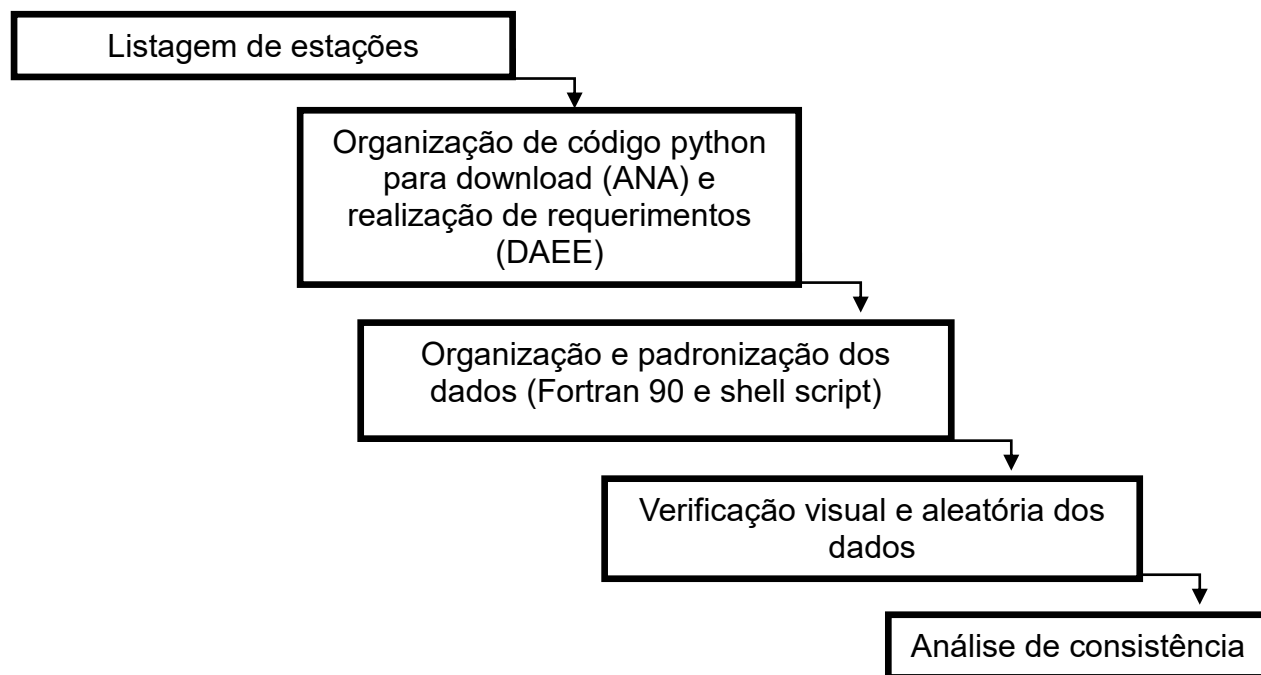


Figura 4 - Fluxograma das etapas de obtenção, organização e padronização do banco de dados com as estações obtidas via plataforma HIDROWEB (ANA) e via requerimento (DAEE-SP).

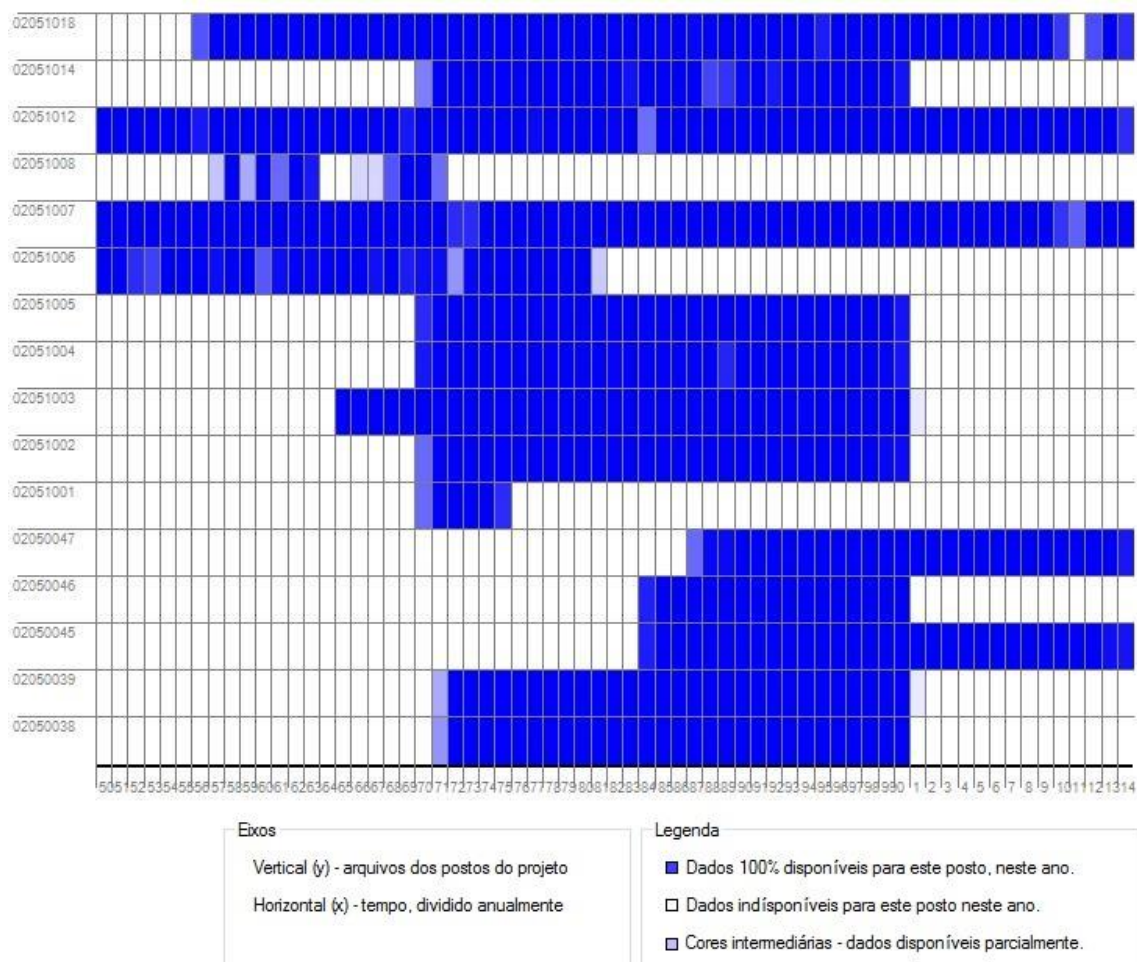


Figura 5 - Diagrama de avaliação da disponibilidade temporal de dados via programa SUPER MANEJO DE DADOS versão 1.1 (UFRGS).

O projeto no qual se insere este trabalho propõe uma análise por sub-bacias do Rio Paraná. Considerando a dimensão da bacia e a disponibilidade de dados, foram selecionadas algumas sub-bacias para análise. As sub-bacias foram escolhidas a partir da quantidade de estações fluviométricas dentro de seus domínios, de maneira que as que continham maior quantidade absoluta de estações logo foram selecionadas (Figura 5) para posterior apresentação na seção de resultados e discussão.

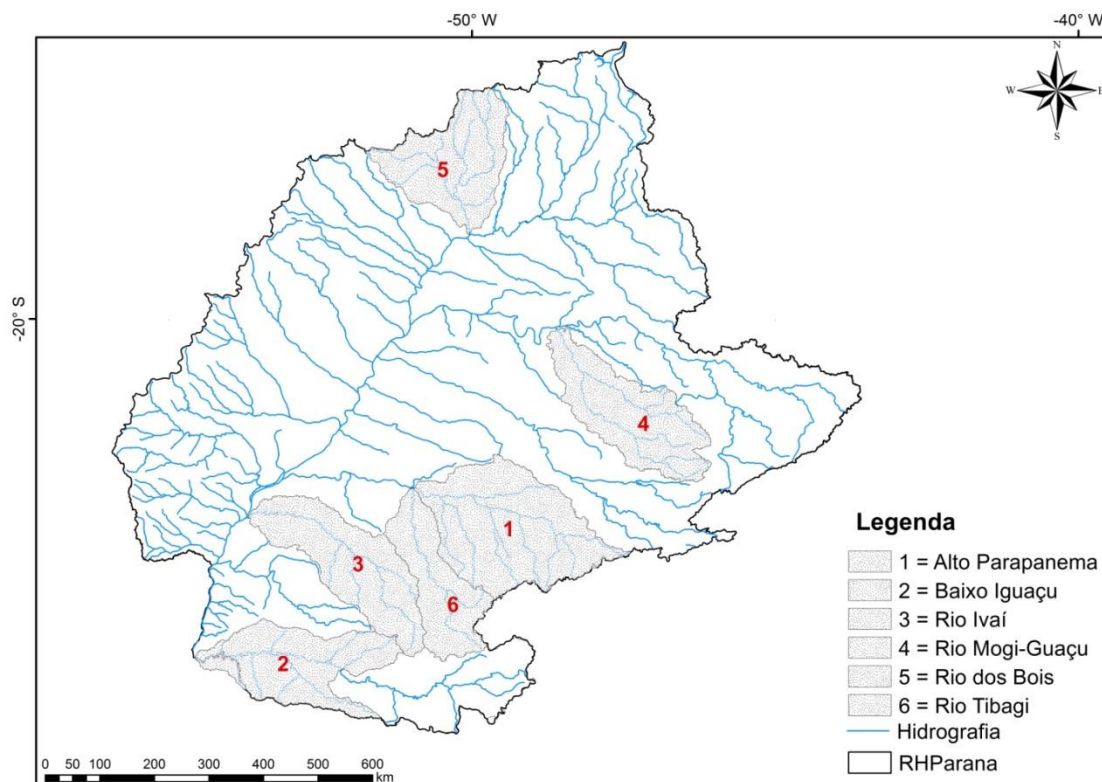


Figura 6 - Sub-bacias que serão analisadas quanto a tendências e distribuição de frequência de eventos extremos.

4.3 Análise de Agrupamento

A análise de agrupamento, ou análise de cluster, é uma técnica multivariada que busca agrupar elementos de dados com base na similaridade entre eles, definindo-os em grupos (Johnson e Wichern, 1982). Os grupos são determinados de forma a obter-se homogeneidade dentro deles e heterogeneidade entre eles. Neste estudo, as normais climatológicas (médias históricas, compreendendo no mínimo 30 anos consecutivos) de precipitação e vazão foram utilizadas como variáveis para determinar regiões homogêneas de precipitação.

Partindo-se do espaço de N dimensões (variáveis ou amostras), são calculadas as distâncias entre os pontos desse espaço. Agrupam-se os pontos com distâncias menores. Sobre esses grupos, são calculadas novamente distâncias entre eles, formando um segundo nível de agrupamento, e assim sucessivamente. O método de agrupamento utilizado foi o de Ward's ou variância mínima (Johnson e Wichern, 1982; Yung et al., 1999; Hannappel e

Piepho, 1996), uma das melhores e mais utilizadas estratégias de agrupamento hierárquico.

A primeira etapa do processo de agrupamento consiste na estimação de uma medida de similaridade (ou dissimilaridade). Utilizamos nesta pesquisa a distância euclidiana que, segundo Mimmack et al. (2001), é a uma das medidas indicadas para regionalização de dados climáticos. Esse coeficiente é simplesmente a distância geométrica no espaço multidimensional. Dada pela equação abaixo:

$$\text{distância}(x, y) = \{\sum_i (x_i - y_i)^2\}^{\frac{1}{2}} \quad 1,$$

O programa P.A.S.T. (HAMMER e HARPER, 2001) foi utilizado para esta finalidade.

4.4 Estimativa de Parâmetros GEV

O método dos momentos lineares (LM) é mais conveniente do que o método dos momentos ponderados por probabilidades (PWM). Os momentos lineares são mais facilmente interpretáveis como medidas de escala e forma e de distribuição (HOSKING, 1994). O método dos momentos lineares para estimativa dos três parâmetros GEV foi calculado como descrito nas etapas abaixo, para a função de distribuição na r-ésima ordem é representada pela forma integral como:

$$\alpha_r = \int_0^1 x(F)(1 - F(x))^r dF \quad 2,$$

$$\beta_r = \int_0^1 x(F)F(x)^r dF \quad 3,$$

$$r = 0, 1, 2 \dots$$

em que, $x(F)$ é a função quantil que é o inverso da distribuição cumulativa $F(x)$. Em particular, os quatro primeiros momentos lineares são dados como em Hosking e Wallis (1997) e descritos abaixo:

$$\lambda_1 = \beta_0 \quad 4,$$

$$\lambda_2 = 2\beta_1 - \beta_0 \quad 5,$$

$$\lambda_3 = 2\beta_2 - 6\beta_1 + \beta_0 \quad 6,$$

$$\lambda_4 = 20\beta_3 - 30\beta_2 + 12\beta_1 - \beta_0 \quad 7,$$

Enquanto a forma geral é dada por (GUBAREVA e GARTSMAN, 2010):

$$\lambda_{r+1} = (-1)^{r-\xi} \sum_{\xi=0}^r P_{r,\xi}^* \beta_\xi \quad 8,$$

em que os coeficientes $P_{r,\xi}^*$ são definidos por:

$$P_{r,\xi}^* = (-1)^{r-\xi} \binom{r}{\xi} \binom{r+\xi}{\xi} = \frac{(-1)^{r-\xi} (r+\xi)!}{(\xi!)^2 (r-\xi)!} \quad 9,$$

As razões dos momentos lineares que são utilizadas para expressar as estimativas dos parâmetros podem ser calculadas como:

$$\text{Coeficiente de variação (CV)} = \tau = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \quad 10,$$

$$\tau_3(\text{assimetria}) = \frac{\lambda_3}{\lambda_2} \quad 11,$$

$$\tau_4(\text{curtose}) = \frac{\lambda_4}{\lambda_2} \quad 12,$$

As estimativas dos parâmetros da distribuição GEV foram obtidas de acordo as respectivas equações apresentadas abaixo (STEDINGER et al., 1993), em que σ é o parâmetro escala, μ é o parâmetro de locação, ξ é o parâmetro de forma, Γ é a função gama e C é uma constante.

$$\sigma = \frac{\lambda_2 \xi}{\Gamma(1+\xi)\Gamma(1-2^{-\xi})} \quad 13,$$

$$\mu = \lambda_1 + \frac{\sigma(\Gamma(1+\xi)-1)}{\xi} \quad 14,$$

$$\xi = 7,8590C + 2,9554C^2 \quad 15,$$

$$C = \frac{2}{3 + \tau_3} = \frac{\ln 2}{\ln 3} \quad 16,$$

4.5 Distribuição GEV

Para cada série de dados disponível foi extraído um bloco de máximos anuais, a partir do qual os parâmetros σ , μ e ξ foram obtidos pelo método dos momentos lineares.

Portanto, neste trabalho optou-se pela estimação dos parâmetros da distribuição generalizada de valores extremos (GEV) desenvolvida por Jenkinson (1955). Essa distribuição apresenta como casos particulares, os três tipos de distribuições de valores extremos, e tem função de distribuição acumulada de probabilidade dada por:

$$F(x) = \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right) \right]^{1/\xi} \right\} \quad 17,$$

definida em, $-\infty < x < \mu - \sigma/\xi$ para $\xi < 0$, $-\infty < x < +\infty$ para ξ tendendo a zero, $\mu - \sigma/\xi < x < +\infty$ para $\xi > 0$, sendo μ , σ e ξ os parâmetros de locação, escala e de forma respectivamente, com $\sigma > 0$.

As distribuições de valores extremos de Fréchet e de Weibull correspondem aos casos particulares da equação 17 em que $\xi > 0$ e $\xi < 0$ respectivamente. Como limite de $F(x)$ com ξ tendendo a zero tem-se que:

$$f(x) = \exp \left[- \exp \left(- \frac{x-\mu}{\sigma} \right) \right] \quad 18,$$

que é a função de distribuição acumulada de Gumbel com parâmetros de locação e de escala, μ e σ , respectivamente com $\sigma > 0$. Derivando-se a equação 17 em relação a x , obtém-se a função de densidade da probabilidade da distribuição GEV, dada por:

$$P(x) = \frac{1}{\sigma} \left[1 + \xi \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right) \right]^{-\left(\frac{1+\xi}{\xi}\right)} \exp \left\{ - \left[1 + \xi \left(\frac{x-\mu}{\sigma} \right) \right] \right\}^{-\frac{1}{\xi}} \quad 19,$$

definida em, $-\infty < x < \mu - \sigma/\xi$ para $\xi < 0$ e $\mu - \sigma/\xi < x < +\infty$ para $\xi > 0$, cujo limite para ξ tendendo a zero, é:

$$P(x) = \frac{1}{\sigma} \left\{ \exp \left(- \frac{x-\mu}{\sigma} \right) \exp \left[- \exp \left(- \frac{x-\mu}{\sigma} \right) \right] \right\} \quad 20,$$

definida em $-\infty < x < +\infty$. Exemplos de curvas de distribuição da função densidade de probabilidade para diferentes valores de ξ são ilustrados na Figura 7. Se o parâmetro de forma ξ é positivo (Fréchet) a função densidade de probabilidade possui um limite inferior finito e diminui mais lentamente com x , apresentando uma cauda mais longa. Por outro lado, se ξ for negativo (Weibull) a distribuição apresenta um limite superior finito. Para o caso em que ξ tende a zero (Gumbel), a distribuição GEV não apresenta limites, mas possui uma calda que diminui mais acentuadamente para valores crescentes de x .

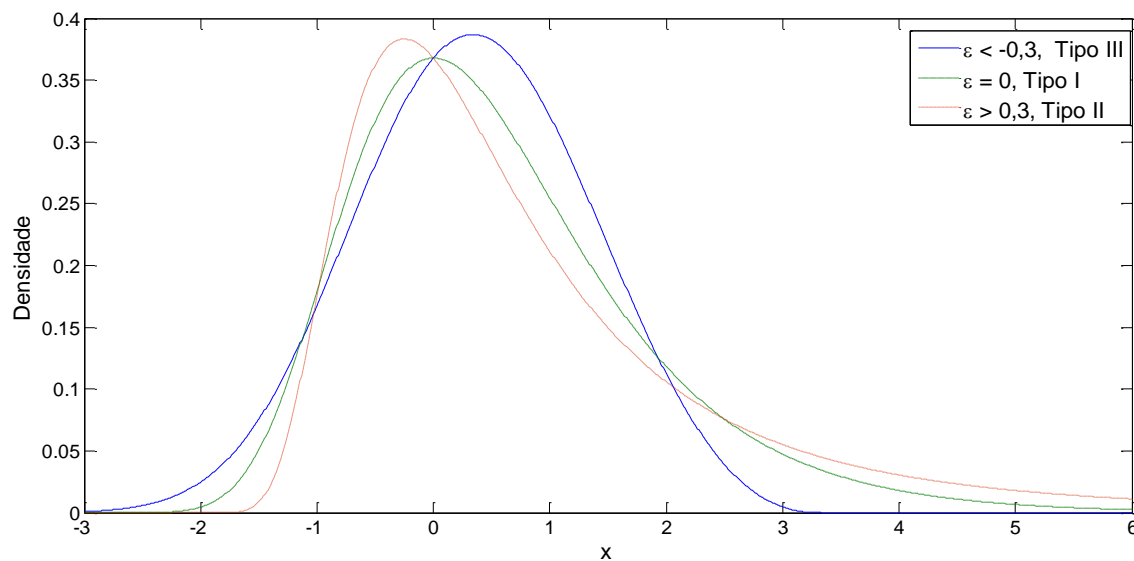


Figura 7 - Exemplos de curvas de distribuição da função GEV para diferentes valores do parâmetro de forma ξ .

4.6 Períodos de retorno

Para estimar o período de retorno consideraremos um evento (A) e tempo (T) entre ocorrências consecutivas de eventos A. O valor médio φ da variável T é denominado período de retorno do evento A. O período de retorno é dado por:

$$\varphi = \frac{1}{P(A)} = \frac{1}{1-F(A)} \quad 21,$$

4.7 Método de interpolação

Para a interpolação dos dados de precipitação foi utilizado o método da ponderação pelo inverso das distâncias (*Inverse Distance Weighting*), muito comum e aplicado em estudos de hidrologia de acordo com Babak e Deutsch (2009), que implementa explicitamente o pressuposto de que as coisas mais próximas entre si são mais parecidas do que as mais distantes. Para predizer um valor para algum local não medido, o IDW usará os valores amostrados à sua volta, que terão um maior peso do que os valores mais distantes, ou seja, cada ponto possui uma influência no novo ponto, que diminui na medida em que a distância aumenta. Neste caso, o método é dado por:

$$\check{Z}(S_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(S_i) \quad 22,$$

em que,

$\check{Z}(S_0)$ é o valor a ser predito para o local S_0 ;

N é o número de pontos observados a serem usados ao redor do valor a ser predito;

λ_i são os pesos colocados para cada ponto observado a ser utilizado;

$Z(S_i)$ é o valor observado no local S_i ;

Para determinar os pesos utiliza-se a seguinte equação:

$$\lambda_i = \frac{d_{i0}^{-p}}{\sum_{i=1}^N d_{i0}^{-p}} \quad 23,$$

sendo, $\sum_{i=1}^N \lambda_i = 1$, d_{i0} é a distância entre o local predito, S_0 , e cada um dos locais observados, S_i . Os pesos dos locais observados, a serem usados na predição, são ponderados e a sua soma é igual a 1. A medida que a distância aumenta, o peso é reduzido por um fator “p”.

O valor “p” é determinado minimizando o erro médio quadrático da predição (RMSPE), que é a estatística calculada por um procedimento de validação cruzada (*cross validation*). Na validação cruzada, cada ponto observado é removido e comparado com o predito para aquele local. O RMSPE

é a estatística do erro desta superfície de predição. Podem-se tentar diferentes valores de “p” para identificar o que produz o menor RMSPE.

4.8 Estimativas de tendências

A partir das estimativas de tendências podemos inferir se uma série temporal é ou não estacionária. De acordo com Pham (2006) um processo estacionário tem a propriedade de que a estrutura média, variância e autocorrelação não mudam ao longo do tempo. A estacionariedade pode ser definida em termos matemáticos precisos, mas para o nosso propósito queremos dizer uma série plana, sem tendência, variação constante ao longo do tempo, uma estrutura de autocorrelação constante ao longo do tempo e sem flutuações periódicas (sazonalidade).

4.8.1 Regressão linear

Regressão é o processo matemático pelo qual derivamos os coeficientes linear e angular de uma função $f(X)$. Estes parâmetros determinam as características da função que relaciona ‘Y’ com ‘X’ que no caso do modelo linear se representa por uma reta chamada de reta de regressão. Esta reta explica de forma geral e teoricamente a relação entre X e Y. Os valores observados de X e Y nem sempre serão iguais aos valores de X’ e Y’ estimados pela reta de regressão. Haverá sempre alguma diferença, e essa diferença significa:

- 1) Que as variações de Y não são perfeitamente explicadas pelas variações de X ou;
- 2) Que existem outras variáveis das quais Y depende ou;
- 3) Que os valores de X e Y são obtidos de uma amostra específica que apresenta distorções em relação a realidade.

Esta diferença em estatística é chamada de erro ou desvio. O processo de regressão significa, portanto, que os pontos plotados no gráfico são definidos, modelados ou regredidos, a uma reta que corresponde à menor distância possível entre cada ponto plotado e a reta. Em outras palavras, busca-se

reduzir ao mínimo possível os somatórios dos desvios entre Y e Y' . As equações das retas para dados coletados e estimados, são dadas pelas equações 24 e 25, respectivamente:

$$Y = \alpha + \beta X \quad 24,$$

$$Y' = a + bX \quad 25,$$

onde, Y (Y') é a variável explicada (dependente), α (a) representa a interceptação da reta com o eixo vertical, β (b) representa o coeficiente angular da reta, e X é uma variável explicativa (independente).

4.8.2 Teste de Mann-Kendall

O teste de Mann-Kendall foi utilizado neste trabalho para avaliação de tendência. Trata-se de um teste não paramétrico (MANN, 1945; KENDALL, 1975), sugerido pela WMO para avaliação da tendência em séries temporais de dados ambientais. Esse teste requer que as séries sejam serialmente independentes, o que implica que um teste de correlação serial deve ser previamente aplicado (SNEYERS, 1975).

Em geral os estudos sobre tendências climáticas negligenciam a correlação nas séries temporais; correlações positivas (negativas) aumentam (diminuem) a probabilidade de rejeitar a hipótese nula (VON STORCH, 1995). Nestes casos, deve-se filtrar as séries com um modelo auto regressivo, por exemplo, ou usar uma forma modificada do teste de Mann-Kendall para séries auto correlacionadas, como proposto por Hamed e Rao (1998). A estatística do teste de Mann-Kendall é descrita pela seguinte equação (SILVA et al., 2010):

$$S = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sign}(x_i - x_j) \quad 26,$$

Em que: X_j são os dados estimados da sequência de valores, n e o comprimento da série temporal e o sinal $(X_i - X_j)$ e igual a -1 para $(X_i - X_j) < 0$, 0

para $(X_i - X_j) = 0$, e 1 para $(X_i - X_j) > 0$. Kendall (1975) mostrou que S é normalmente distribuído com média $E(S)$ e variância $Var(S)$, calculados por:

$$E[S] = 0 \quad 27,$$

$$Var [S] = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^q t_p(t_p-1)(2t_p+5)}{18} \quad 28,$$

Em que: (t_p) e número de dados com valores iguais num certo grupo e q é o número de grupos contendo valores iguais na série de dados num certo grupo p .

O teste estatístico parametrizado (Z_{MK}) é calculado pela seguinte equação:

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \cdot \\ \cdot \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad 29,$$

A presença de uma tendência estatisticamente significativa é avaliada usando o valor de Z_{MK} . Essa estatística é usada para testar a hipótese nula, ou seja, que nenhuma tendência existe. Um valor positivo de Z_{MK} indica tendência de aumento, enquanto que um valor negativo indica tendência decrescente. Para testar a tendência crescente ou decrescente no nível de significância de p , a hipótese nula é rejeitada se o valor absoluto de Z_{MK} for maior que 1, .O nível de significância utilizado neste estudo foi de $p = 0,05$.

4.9 Índice de cheia

O índice de cheia foi introduzido por Dalrymple (1960), dentro de um contexto de regionalização de vazões de cheia. Trata-se de um expediente para quaisquer dados obtidos em pontos distintos de uma região considerada homogênea, com a finalidade de utilizá-los como um conjunto amostral único. Apesar de fazer referência a cheias, o método e o termo (*index flood*) têm uso

consagrado em estudos de regionalização de frequência de qualquer tipo de variável. Considerando uma região homogênea com N estações e para cada tamanho i de amostra para séries de máximos anuais (x_{ij}). O cálculo do índice é dado pela seguinte expressão:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\mu_{ij}} \quad 30,$$

em que, z_{ij} é o índice de cheia para cada estação sendo j o tempo para extração de máximos anuais; x_{ij} são os valores das máximas anuais e μ_{ij} os valores de média, ou parâmetro locação da GEV.

As premissas inerentes ao cálculo do índice são:

- a) as observações em um posto qualquer são identicamente distribuídas;
- b) as observações em um posto qualquer não apresentam dependência estatística serial;
- c) as observações em diferentes postos são estatisticamente independentes;
- d) as distribuições de frequência em diferentes postos são idênticas, a menos de um fator de escala;
- e) a forma matemática da curva regional de quantis pode ser corretamente especificada.

Segundo Hosking e Wallis (1997), as premissas (a) e (b) são plausíveis para diversos tipos de variáveis, principalmente aquelas relacionadas a máximos anuais. Entretanto, é improvável que as três últimas premissas possam ser completamente verificadas por dados hidrológicos, meteorológicos ou ambientais. Sabe-se, por exemplo, que precipitações frontais ou estiagens severas são eventos que afetam extensas áreas. Como essas áreas podem conter vários postos de observação da variável em questão, é provável que as amostras, coletadas em pontos distintos, apresentem, entre si, um grau de correlação significativo. Ainda segundo Hosking e Wallis (1997), na prática, as premissas (d) e (e) jamais são verificadas com exatidão. Apesar dessas

restrições, esses autores sugerem que as premissas do método podem ser razoavelmente aproximadas tanto pela escolha criteriosa dos postos componentes de uma região, como também pela seleção apropriada de uma função de distribuição de frequências que apresente consistência com os dados amostrais.

4.10 Vazões específicas

De acordo com Tucci (2002) a vazão específica é definida pela vazão (média ou máxima, no caso deste estudo) por unidade de área, ou seja,

$$q = \frac{Q_m}{A} \quad 31,$$

em que q é a vazão específica em l/s.km²; Q_m é a vazão média de longo período em l/s; A é a área da bacia em km². Esta variável apresenta pequena variação numa região quando a precipitação tem pequeno gradiente espacial, mas pode ser influenciada por propriedades, tais como a cobertura do solo, o tipo de solo, a topografia e a forma da bacia.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As tabelas completas de resultados estão apresentadas na forma de apêndices, separados em: estatística de valores extremos em dados de precipitação (APÊNDICE A), estatística de valores extremos em dados de vazão (APÊNDICE B), estatísticas de tendência em dados de precipitação (APÊNDICE C) e estatísticas de tendência em dados de vazão (APÊNDICE D). As tabelas dos apêndices estão numeradas em algarismos romanos, identificando cada sub-bacia. Dentro desta seção de resultados permanecem apenas dados especializados e tabelas menores com o intuito de sintetizar os resultados encontrados.

5.1 Bacia do Rio Paraná

A precipitação média, calculada para o período de 1984-2013, vai de 1.160 mm/ano a 2.350 mm/ano (Figura 8). Há forte influência do relevo na distribuição das médias pluviométricas. Os valores mais altos de precipitação média para a região estudada foram encontrados nas sub-bacias do Baixo Iguaçu, Rio Piquiri e Rio Ivaí. Estas sub-bacias são caracterizadas por regiões úmidas sub-tropicais com grande amplitude de altitude como mostrado na Figura 8. Valores semelhantes foram encontrados em relatório da Agência Nacional de Águas (ANA, 2005) onde a precipitação média é de 1.511 mm/ano, com valores acima de 2.000 mm junto à Serra do Mar que define o limite com a Região Hidrográfica Atlântico Sudeste. O período mais chuvoso ocorre entre novembro e fevereiro, também observado para a maioria das sub-bacias analisadas neste estudo. Ainda segundo a ANA, a evapotranspiração real é de 1.101 mm/ano, correspondente a 73% da precipitação (ANA, 2005). Isso resulta em uma vazão específica média na Bacia do Paraná de cerca de 13,3 l/s/km², ou 1,12 mm/dia.

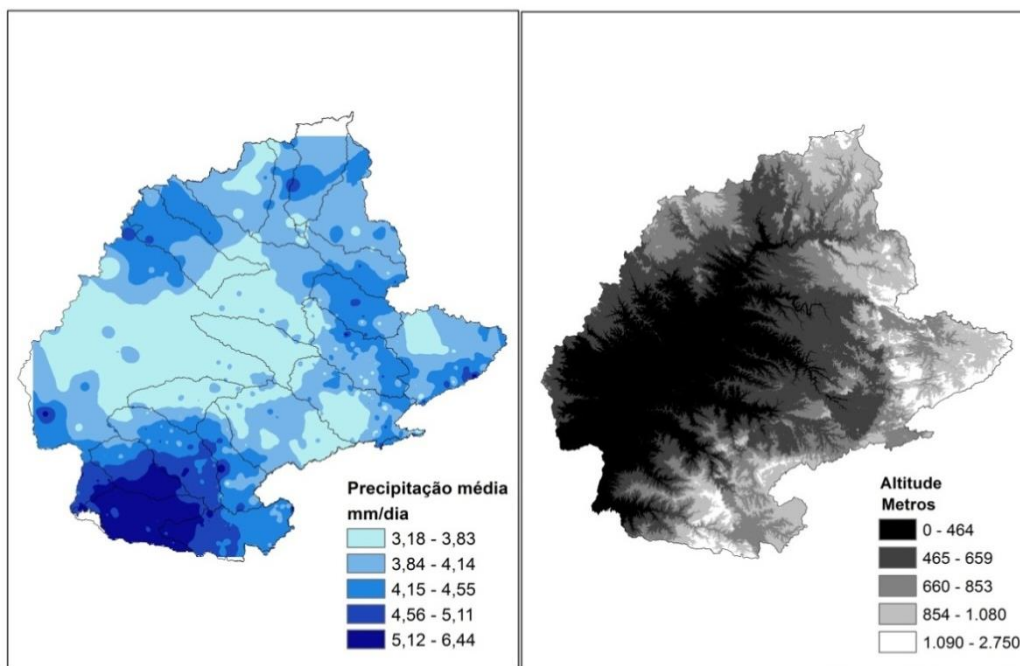


Figura 8 - Caracterização da precipitação média (mm/dia) e do relevo da Região Hidrográfica do Rio Paraná, de 1984 a 2013.

A espacialização do parâmetro de forma do ajuste da função GEV para dados pluviométricos (com 90% de disponibilidade temporal) está apresentada na Figura 9. Observa-se que há variabilidade espacial significativa deste parâmetro, embora seja possível identificar áreas com alguma homogeneidade, principalmente para valores negativos. Considerando um limiar de duas casas decimais, apenas 23 estações, de um total de 1.077, apresentaram parâmetro de forma nulo (distribuição de Gumbel). Além disso, cerca de 25% das séries apresentaram valor absoluto do parâmetro de forma maior ou igual a 0,20 o que permite concluir que uma aproximação por Gumbel não seria razoável para a precipitação na Bacia do Paraná, em sua totalidade. Os resultados reforçam as conclusões de Raynal (1997), sobre a dificuldade de escolha de qual dos tipos de distribuição (tipo I, II ou III) é o mais adequado aos dados sob investigação, favorecendo assim, o uso da distribuição GEV para a investigação da estatística de valores extremos. De um modo geral, os valores do parâmetro de forma se encontram igualmente distribuídos em torno de zero, com 624 (58%) postos pluviométricos apresentando parâmetros negativos e 430 (40%) positivos.

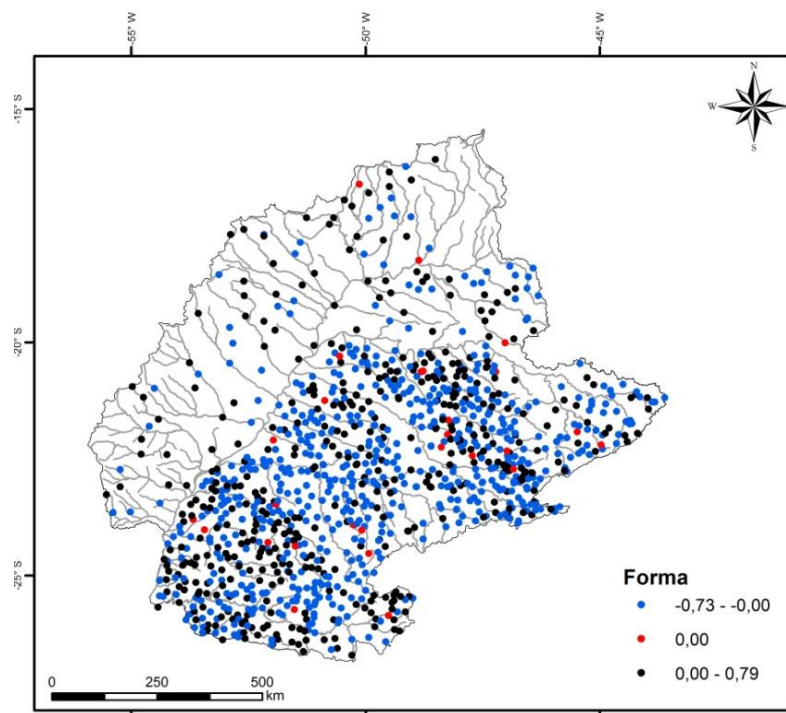


Figura 9 - Espacialização do parâmetro forma da função GEV para estações pluviométricas de 1984 a 2013 com 90% de disponibilidade temporal.

Para dados fluviométricos com 90% de disponibilidade temporal a espacialização do parâmetro de forma (ξ) está apresentada na Figura 10 a. Da mesma forma como se observou no ajuste de GEV para dados de chuva, para vazão a variabilidade espacial também é significativa para o parâmetro de forma, mas com certa homogeneidade, em algumas áreas, tanto para valores positivos quanto negativos. Para duas casas decimais, de limiar, apenas 4 estações, de um total de 183, apresentaram parâmetro de forma nulo (distribuição de Gumbel). Em cerca de 37% das séries o valor absoluto do parâmetro de forma foi maior ou igual a 0,20, o que permite concluir que uma aproximação por Gumbel para vazão na Bacia do Paraná, não seria a mais adequada, tal como se observou para séries de dados de chuva. Em termos de participação na totalidade, observa-se que 93 postos pluviométricos (51%) apresentam valores do parâmetro de forma negativos e 86 positivos (47%). Diferentemente do que se observou para séries de extremos de chuva. Para vazão observa-se um maior equilíbrio entre o número de estações apresentando parâmetros de forma positivos e negativos. O histograma dos

parâmetros de forma das distribuições GEV ajustadas às séries fluviométricas está dado na Figura 10 b.

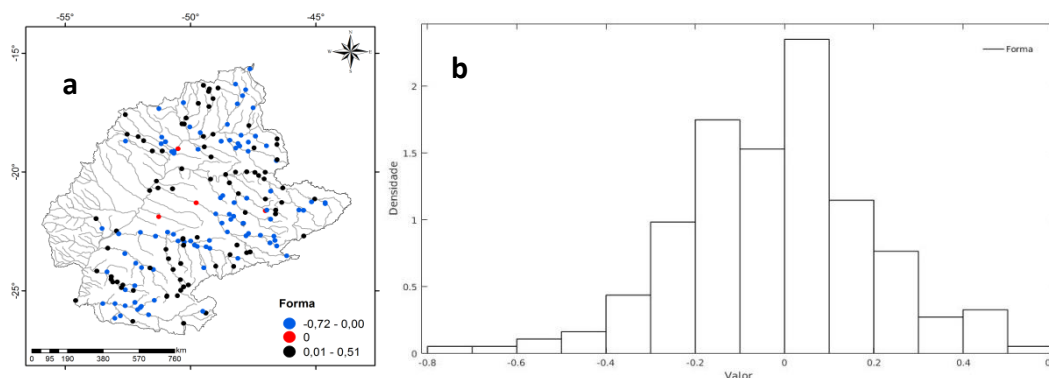


Figura 10 - Espacialização do parâmetro forma da função GEV para estações fluviométricas de 1984 a 2013 com 90% de disponibilidade temporal (a) e histograma correspondente (b).

Além dos aspectos inerentes a escolha de uma função de distribuição e do método de estimativa dos parâmetros, a regionalização das análises tem sido considerada como procedimento importante para a qualidade dos resultados. Desta forma, a discussão dos resultados da análise de extremos para a Bacia do Paraná será conduzida por sub-bacias, de maneira que as similaridades e diferenças entre as mesmas possam ser apresentadas e discutidas em um plano comparativo e que leve em consideração suas peculiaridades.

5.2 Sub-bacia Alto Paranapanema

A sub-bacia Alto Paranapanema, com cerca de 52630 km², localiza-se na região sudoeste do Estado de São Paulo (Figura 6, sub-bacia n. 1). Durante a década de 80 apresentou fases recessivas, sucedidas por curtos períodos de aceleração de crescimento urbano na área. Entre 1980 e 1987 o Estado de São Paulo contou com apenas 0,4% do crescimento industrial ao ano, taxa inferior a nacional, que atingiu 0,7% (ZIMMERMMAN, 1992). A agricultura regional registrou, nos anos 80, dinamismo inferior à década anterior, sem, contudo, reduzir o processo de transformação iniciado na área rural. A pecuária regional também apresentou transformações significativas, sobretudo, através da intensa substituição das pastagens naturais por cultivadas.

A Figura 11 apresenta a climatologia da precipitação média na Bacia, com base em 95 postos pluviométricos. Observa-se que há uma sazonalidade

bem definida, com os meses quentes apresentando valores médios variando de duas a três vezes os valores dos meses frios. Observa-se ainda que, em termos relativos em torno da média, o período chuvoso apresenta-se mais homogêneo do que o de inverno, indicando um maior número de eventos de precipitação para o primeiro. Além disso, a transição da estação mais chuvosa para os períodos menos chuvosos ocorre de forma gradativa, enquanto que na transição do inverno para primavera a mudança ocorre de forma mais acentuada.

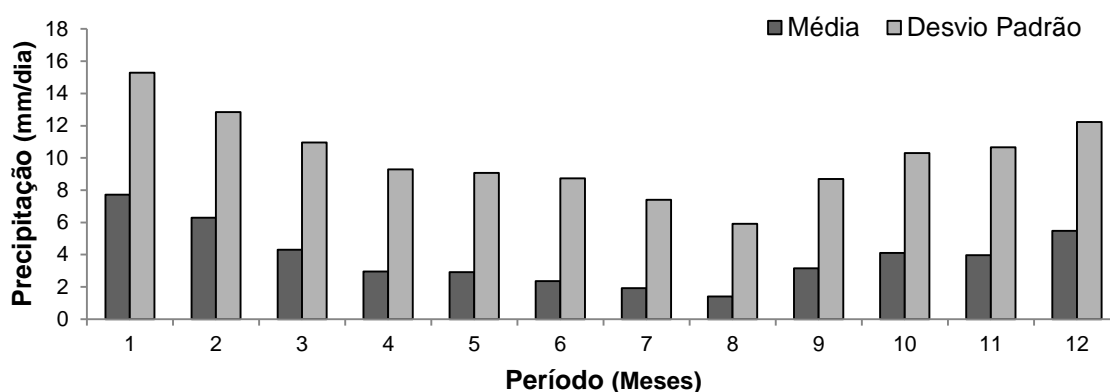


Figura 11 - Gráfico das médias mensais e desvio padrão da precipitação diária (mm/dia) entre os meses de janeiro (1) a dezembro (12) para o período estudado.

Em relação às tendências calculadas, observa-se que há significativa variabilidade espacial e sazonal, porém os meses quentes (novembro a maio) apresentam tendência de diminuição na precipitação. De junho a outubro as tendências variam entre positivas e negativas. Nos meses com tendência de diminuição da precipitação, a queda pode chegar a cerca de 24% por década (mês de maio). Tendência de aumento um pouco menor, em termos absolutos, pode ser observada para o mês de junho (aumento de cerca de 21% por década). Todavia, a precipitação média nos meses quentes é significativamente maior (podendo chegar a 5,5 mm/dia no mês de dezembro) do que nos meses frios e mais secos (1,4 mm/dia no mês de agosto). Isso indica que os aumentos de precipitação média observados ao longo dos meses mais frios não têm o mesmo impacto do que as reduções observadas nos meses quentes, o que permite concluir que a sub-bacia do Alto Paranapanema apresenta uma tendência média de redução na precipitação, mas que não

apresenta homogeneidade espacial e temporal. De qualquer forma, para o mês de maio, por exemplo, dos 95 postos analisados na sub-bacia, 93 apresentaram tendência negativa e os dois outros postos remanescentes com tendência positiva, mas muito próxima de zero. No mês de junho, também se observa que quase a totalidade dos postos apresentam-se com mesma tendência, neste caso de aumento (94 dos 95 postos apresentaram tendência positiva).

Os parâmetros de locação (μ) do ajuste da função GEV para os 95 postos pluviométricos (com 90% de disponibilidade temporal) ficou entre 55 e 83 mm/dia (Figura 12a). Em geral os postos com maior precipitação média são aqueles com maior parâmetro de locação, sugerindo que as precipitações máximas anuais de cada série tendem a estar associadas aos postos de maior precipitação média. Por outro lado, a correlação entre as máximas de cada série apresentou valor nulo, sugerindo a natureza puramente aleatória do evento mais intenso de cada série. Mais de 70% dos postos de cada série apresentaram parâmetro de forma negativo (ξ) e, portanto, mais apropriados para serem representados por uma aproximação do tipo III (Weibull, limite superior finito), sugerindo, uma probabilidade nula de ocorrência de eventos de máxima precipitação anual acima dos maiores valores já registrados na série histórica. O ajuste por uma função do tipo I (Gumbel, $\xi = 0$), não parece ser recomendado para os postos desta sub-bacia, uma vez que, dentro de um limiar de duas casas decimais, apenas três postos seriam adequados (Figura 12b).

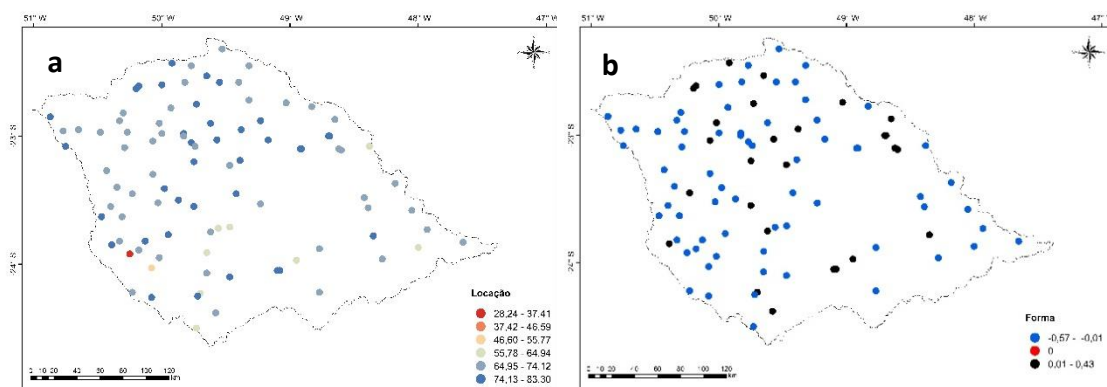


Figura 12 - Distribuição espacial dos parâmetros de locação (μ) e forma (ξ) para a sub-bacia do Alto Paranapanema.

Observa-se ainda que, em relação à variabilidade espacial, o parâmetro de forma se apresenta distribuído mais homogêneo quando comparado à Bacia do Paraná como um todo. O maior evento de precipitação diária registrado na bacia foi de 409,4 mm e trata-se de um evento isolado e associado a um posto entre os de mais baixa precipitação média, indicando que tal valor deve ser considerado com certa cautela. A Figura 13 mostra a distribuição espacial da intensidade de eventos prevista partir do ajuste da função GEV, considerando períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos. Observa-se que eventos de precipitação diária na faixa de 100 a 150 mm são esperados ocorrer uma vez a cada 10 anos na maior parte da área da sub-bacia, enquanto que entre 150 e 180 mm só serão recorrentes numa escala temporal de 20 ou mais anos. Como consequência do ajuste mais adequado (tipo III), haverá um limite superior finito definido pelo ajuste, assim como, pouca alteração na intensidade dos eventos quando períodos de retorno maiores forem considerados.

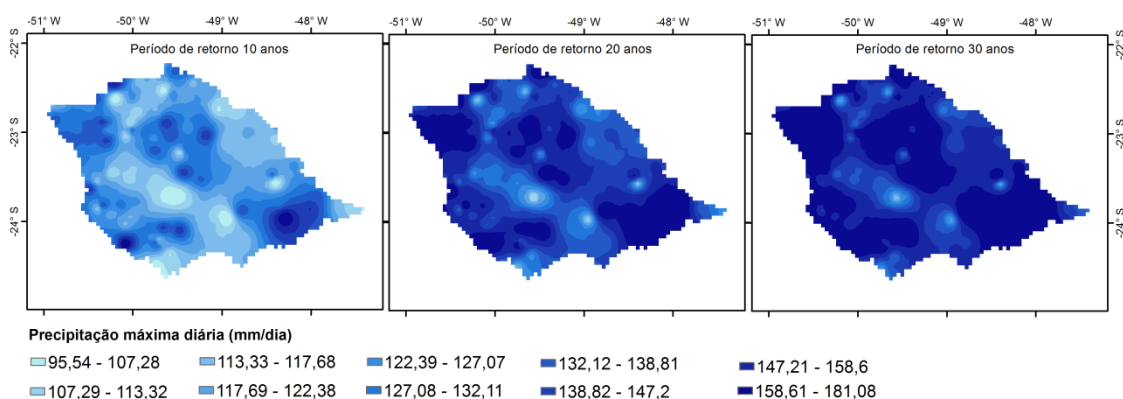


Figura 13 - Distribuição espacial das precipitações diárias máximas para períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos na sub-bacia do Alto Paranapanema.

O perfil anual da vazão média (m^3/s) da sub-bacia Alto Paranapanema, entre 1984 a 2013, está representado na Figura 14. O mês de fevereiro possui maior vazão média, sendo este o segundo mês mais chuvoso na região do Alto Paranapanema. Os meses que apresentaram maior variabilidade foram os meses de fevereiro, março e abril. Já a redução desta variabilidade de vazão nos períodos mais secos do ano (abril a setembro) pode estar relacionada com a redução da cota devido a produção de energia elétrica e uso agrícola. Ou seja, embora do ponto de vista da precipitação nos meses frios se observa maior dispersão nos valores, isto não se reflete na manutenção da vazão que,

muito provavelmente se mantém próxima ao mínimo estabelecido para a bacia. Itapetininga é o município mais expressivo, onde se concentra a maior parcela das atividades industriais. A pecuária é a principal atividade no setor primário, na agricultura destacam-se as culturas de milho, feijão, batata e cana-de-açúcar, e quanto as usinas hidrelétricas, as mais representativas são: Usina Armando A. Laydner (Jurumirim), Usina Chavantes, Usina Paranapanema e Usina Pilas (Relatório de Situação de Recursos Hídricos de Bacias, 2010).

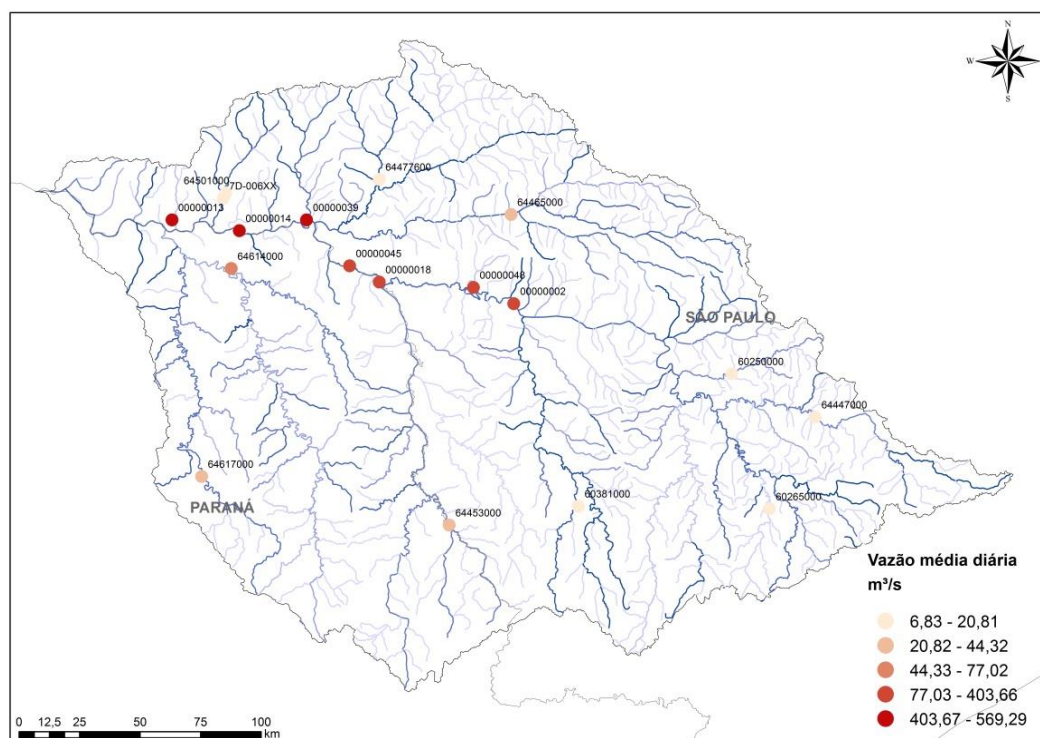


Figura 14 - Vazão média diária para os postos fluviométricos analisados para a sub-bacia Alto Paranapanema.

O posto mais a jusante da sub-bacia (00000013, na Fig. 14) representa uma área de drenagem de cerca de 80% da área total e possui vazão média de cerca de 570 m³/s e vazão máxima histórica de cerca de 5.900 m³/s. A vazão específica média neste mesmo posto é de 13,73 l/s/km², o que corresponde a uma taxa de drenagem de cerca de 1,2 mm/dia, ou a aproximadamente 31% da precipitação média na sub-bacia que é de 3,9 mm/dia. A vazão específica do Alto Paranapanema (13,73 l/s/km²) é levemente maior que o valor observado para a Bacia do Paraná (13,3 l/s/km²). O índice de cheia calculado, com base na equação 30, foi de 0,37.

5.3 Sub-bacia Baixo Iguaçu

A sub-bacia Baixo Iguaçu localiza-se na região sudoeste do Estado do Paraná (Figura 6, sub-bacia n. 2). Na sub-bacia os principais produtos agrícolas de larga escala são soja, milho e trigo. Em pequena e média escala destacam-se as atividades de horticultura, fruticultura e especiarias/ervas medicinais (PRDE, 2006). O maior uso de água nesta sub-bacia é para a geração de energia hidrelétrica. A área estimada para a sub-bacia é de aproximadamente 33.073 km².

Quanto à climatologia da precipitação média na sub-bacia Baixo Iguaçu (Figura 15), com base em 86 postos pluviométricos, observa-se que não há uma sazonalidade bem definida, com a precipitação relativamente bem distribuída ao longo do ano, diferentemente da climatologia da precipitação média encontrada para a sub-bacia do Alto Paranapanema, em que há períodos chuvosos definidos. Observa-se ainda que, em termos relativos em torno da média, o período chuvoso apresenta-se mais homogêneo do que o de inverno, indicando um maior número de eventos de precipitação para o primeiro.

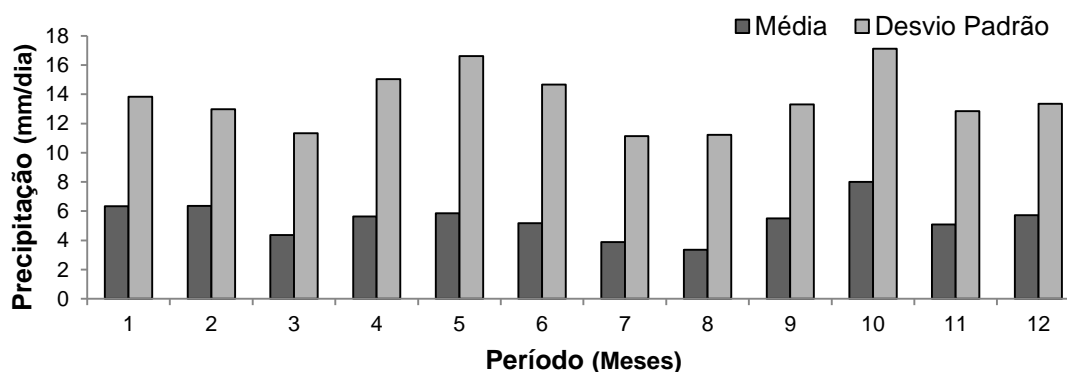


Figura 15 - Gráfico das médias mensais e desvio padrão da precipitação diária (mm/dia) entre os meses de janeiro (1) a dezembro (12) para o período estudado.

Nos meses com tendência de diminuição da precipitação, a queda pode chegar a cerca de 57% por década (mês de maio). Quanto ao mês de outubro, mês mais chuvoso, como observado na Figura 15, apresenta aumento de até 73% por década. Para o mês de fevereiro, por exemplo, dos 86 postos analisados na sub-bacia, 79 apresentaram tendência negativa e os sete postos

remanescentes tendência positiva, quatro postos com tendência muito próxima de zero e três próximos a 1. No mês de maio, também se observa que quase a totalidade dos postos apresenta-se com mesma tendência, neste caso de aumento (85 dos 86 postos apresentaram tendência negativa). Em comparação à sub-bacia do Alto Paranapanema, observa-se que no caso do Baixo Iguçu ocorre predomínio de tendências negativas.

Os parâmetros de locação (μ) do ajuste da função GEV para os 86 postos pluviométricos (com 90% de disponibilidade temporal) ficaram entre 69 e 112 mm/dia (Fig. 16a). Valores muito mais baixos foram encontrados na sub-bacia do Alto Paranapanema. Em geral os postos com maior precipitação média são aqueles com maior parâmetro de locação, sugerindo que as precipitações máximas anuais de cada série tendem a estar associadas aos postos de maior precipitação média. Por outro lado, a correlação entre as máximas de cada série apresenta correlação nula, sugerindo a natureza puramente aleatória do evento mais intenso de cada série. Mais de 60% dos postos de cada série apresentaram parâmetro de forma negativo (ξ) e, portanto, mais apropriados para serem representados por uma aproximação do tipo III (Weibull, limite superior finito), sugerindo, uma probabilidade nula de ocorrência de eventos de máxima precipitação anual acima dos maiores valores já registrados na série histórica, pelo menos para boa parte dos postos. O ajuste por uma função do tipo I (Gumbel, $\xi = 0$), só parece ser recomendado para um pequeno número de postos desta sub-bacia, uma vez que, dentro de um limiar de duas casas decimais, apenas doze postos seriam adequados (Fig. 16b).

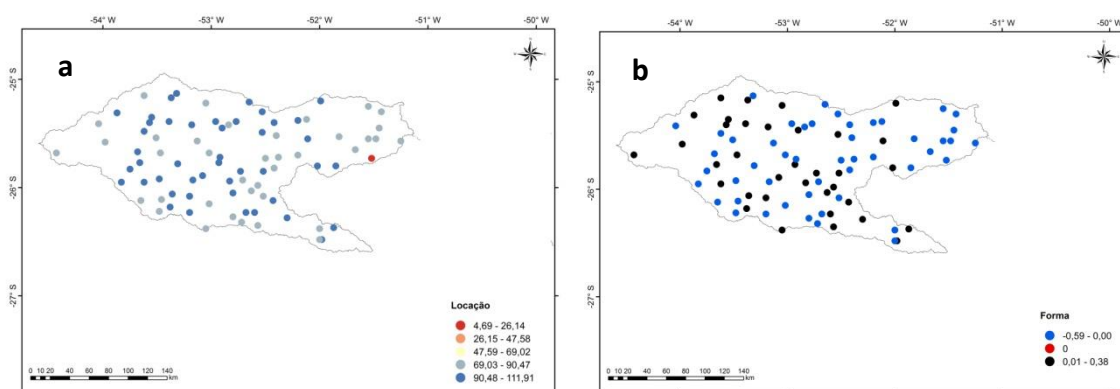


Figura 16 - Distribuição espacial dos parâmetros de locação (μ) e forma (ξ) para a sub-bacia do Baixo Iguçu.

Observa-se ainda que, em relação à variabilidade espacial, o parâmetro de forma, Figura 16 b, também se apresenta mais homogêneo distribuído quando comparado à Bacia do Paraná como um todo, comportamento semelhante à sub-bacia do Alto Paranapanema. A distribuição espacial da intensidade de eventos prevista a partir do ajuste da função GEV, considerando períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos, é mostrada na Figura 17. O período de retorno para eventos de precipitação diária na faixa de 120 a 170 mm cada é de 10 anos na maior parte da área da sub-bacia, enquanto que entre 170 e 250 mm é de 20 ou mais anos. Novamente, tal como observado para a sub-bacia Alto Paranapanema, a predominância do tipo III indica que haverá um limite superior finito definido e, portanto, haverá pouca alteração na intensidade dos eventos quando períodos de retorno maiores forem considerados.

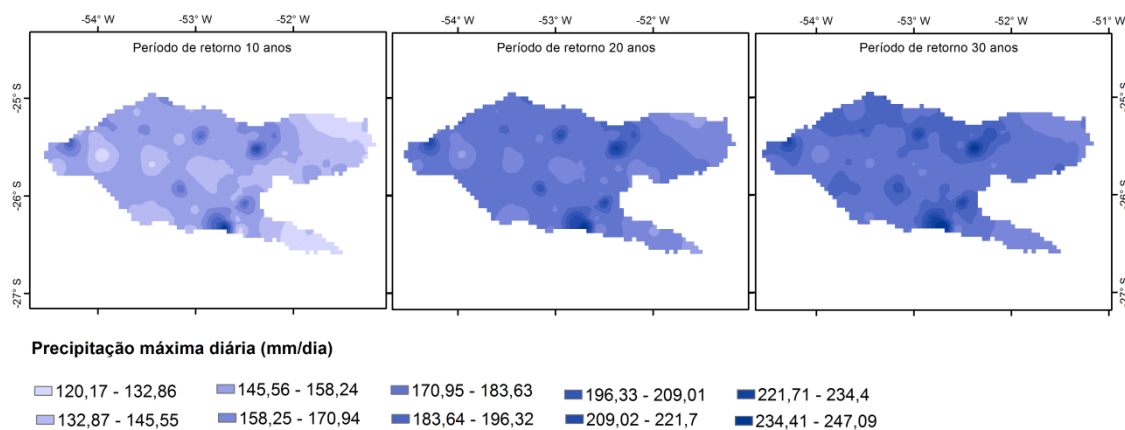


Figura 17 - Distribuição espacial das precipitações diárias máximas para períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos na sub-bacia do Baixo Iguaçu.

Os intervalos de vazões médias (m^3/s) da sub-bacia Baixo Iguaçu, entre 1984 e 2013, estão representados na figura 18. O mês de outubro possui maior vazão média, sendo este o mais chuvoso na região do Baixo Iguaçu. Os meses de outubro a fevereiro são aqueles que apresentam maior variabilidade, Embora do ponto de vista da precipitação nos meses frios se observa maior dispersão nos valores, isto não se reflete na manutenção da vazão. Neste caso, muito provavelmente a vazão se mantém próxima ao mínimo estabelecido para a bacia, implicando em menor variabilidade, tal como observado para a sub-bacia do Alto Paranapanema.

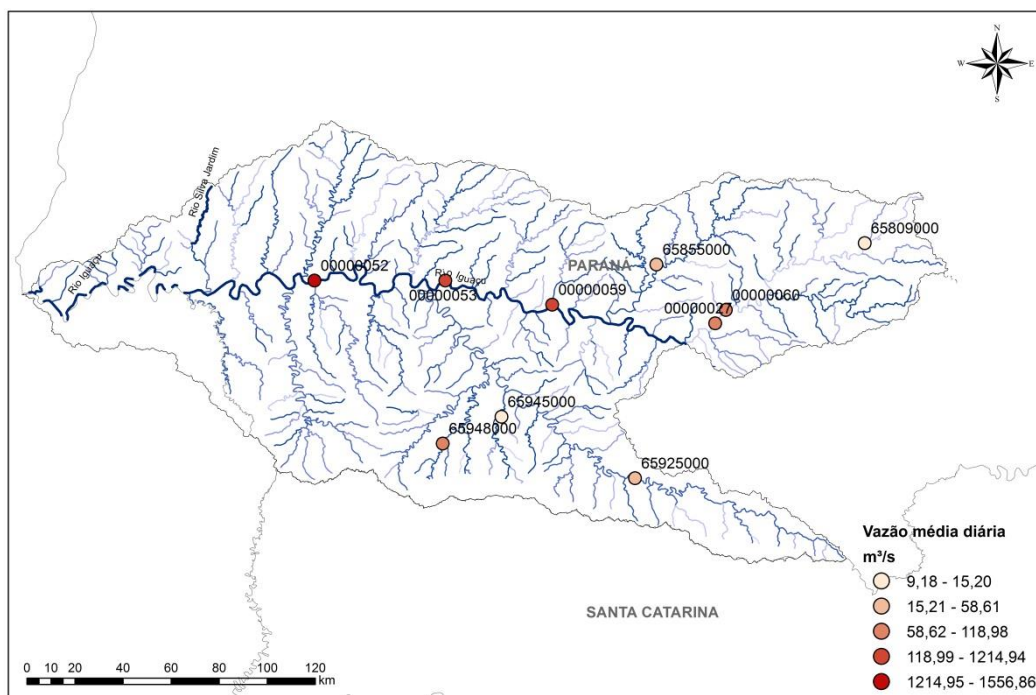


Figura 18 - Vazão média diária para os postos fluviométricos analisados para a sub-bacia Baixo Iguaçu.

O posto 0000052, mais a jusante da sub-bacia (Figura 18), possui vazão média de cerca de $1.557 \text{ m}^3/\text{s}$ e vazão máxima histórica de cerca de $20.000 \text{ m}^3/\text{s}$. A vazão específica média neste mesmo posto é de 28 l/s/km^2 , o que corresponde a uma taxa de drenagem de cerca de $2,4 \text{ mm/dia}$, ou a aproximadamente 45% da precipitação média na sub-bacia que é de $5,4 \text{ mm/dia}$, significativamente maior do que a encontrada no Alto Paranapanema e na bacia do Paraná como um todo. O índice de cheia calculado foi de 0,36, semelhante ao encontrado na bacia do Alto Paranapanema.

5.4 Sub-bacia Rio Ivai

A sub-bacia estende-se por uma faixa de transição do clima tropical para subtropical, localizada no Estado do Paraná (Figura 6, sub-bacia n. 3). Trata-se de uma região de solos férteis (derivados do basalto) e que têm sido utilizados intensivamente para o cultivo agrícola. Parte da sub-bacia é constituída por solos arenosos, muito utilizados para o desenvolvimento da cultura canieira e pastoril (IAP, 2016). De acordo com Paiva et al. (2010), em 1972 uma das principais classes de uso e ocupação do solo era a pastagem, que tem

diminuído gradativamente sua área, dando espaço para culturas permanentes, tal como a cana-de-açúcar.

Verificou-se, a partir da climatologia da precipitação média (107 postos pluviométricos), a inexistência de sazonalidade, ou seja, períodos chuvosos indefinidos (Figura 19). A maior homogeneidade observada, em comparação a sub-bacia do Alto Paranapanema, pode estar relacionada à predominância de clima úmido subtropical com verão temperado. Com comportamento homogêneo semelhante à precipitação média do Baixo Iguaçu, porém, com valores mais amenos.

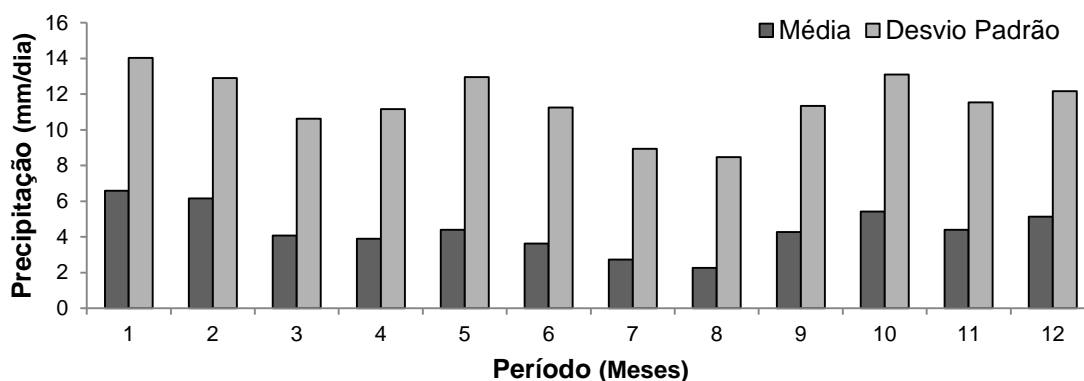


Figura 19 - Gráfico das médias mensais e desvio padrão da precipitação diária (mm/dia) entre os meses de janeiro (1) a dezembro (12) para o período estudado.

Diferentemente da sub-bacia do Alto Paranapanema, para a sub-bacia do Rio Ivaí não se observa uma variabilidade sazonal muito bem definida. Com relação às tendências calculadas, os meses que possuem predominância de acréscimos estão situados entre outubro a fevereiro. Sendo abril e maio os meses nos quais há predominância de valores de decréscimo na precipitação média. Nos meses com tendência de diminuição da precipitação, a queda pode chegar a cerca de 83% por década (mês de maio), decréscimo decadal mais expressivo quando comparado com o mesmo mês para as demais sub-bacias. A precipitação dos meses mais chuvosos, janeiro e fevereiro, apresentou aumento de até 73% por década.

De qualquer forma, para o mês de fevereiro, por exemplo, dos 107 postos analisados na sub-bacia, 59 apresentaram tendência positiva e os 48 postos remanescentes tendência negativa. Entretanto, 19 dos postos apresentam tendências muito próximas de zero. No mês de maio, por exemplo,

foi observado que quase a totalidade dos postos apresentam tendências negativas. Diferenciando-se assim da tendência climatológica de precipitação média encontrada na sub-bacia do Alto Paranapanema, que apresentou acréscimo na maioria nos postos pluviométricos. A sub-bacia do Rio Ivaí se assemelha a do Baixo Iguaçu por possuir totalidade de tendências negativas para o mês de maio.

Os parâmetros de locação (μ) do ajuste da função GEV para os 107 postos pluviométricos (com 90% de disponibilidade temporal) ficou entre 50 e 82 mm/dia (Fig. 20 a), faixa de valores semelhante àquela encontrada na sub-bacia do Alto Paranapanema. Em geral os postos com maior precipitação média são aqueles com maior parâmetro de locação, sugerindo que as precipitações máximas anuais de cada série tendem a estar associadas aos postos de maior precipitação média, tal como observado nas demais sub-bacias. A existência de correlação nula entre as máximas de cada série sugere a natureza puramente aleatória do evento mais intenso de cada série, conforme observado anteriormente. Mais de 50% dos postos de cada série apresentaram parâmetro de forma negativo (ξ) e, portanto, mais apropriados para serem representados por uma aproximação do tipo III (Weibull, limite superior finito), sugerindo, uma probabilidade nula de ocorrência de eventos de máxima precipitação anual acima dos maiores valores já registrados na série histórica. Entretanto, o ajuste por uma função do tipo I (Gumbel, $\xi = 0$), parece ser razoável para esta sub-bacia, uma vez que, dentro de um limiar de duas casas decimais, quarenta e nove postos seriam adequados (Fig. 20 b). Além disso, observa-se que os postos apresentam em geral parâmetro de forma (ξ) muito mais próximos de zero do que as demais sub-bacias analisadas anteriormente. Diferentemente do que se observou para as sub-bacias do Alto Paranapanema e do Baixo Iguaçu, o parâmetro de forma não mostra regiões de predominância negativa ou positiva dentro da sub-bacia.

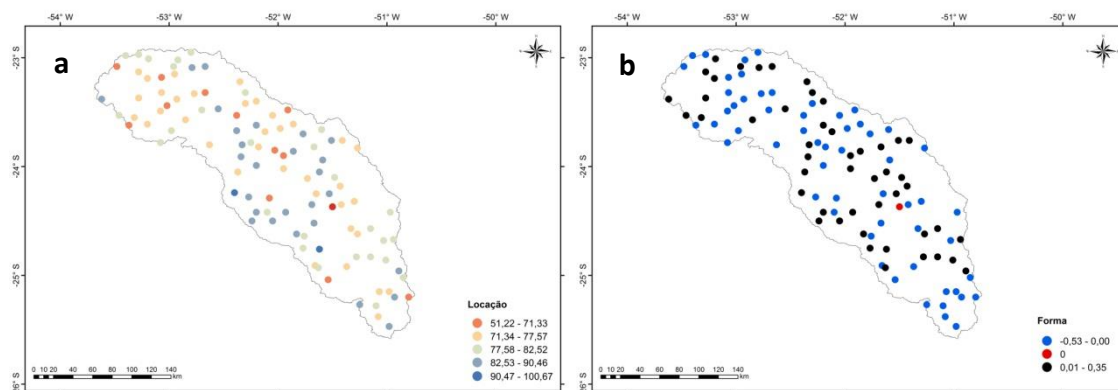


Figura 20 - Distribuição espacial dos parâmetros de locação (μ) e forma (ξ) para a sub-bacia do Rio Ivaí.

O maior evento de precipitação diária registrado na bacia foi de 500 mm e, tal como se observou para a sub-bacia Alto Paranapanema, está associado a um posto entre os de mais baixa precipitação média (3,95 mm/dia). A Figura 21 mostra a distribuição espacial da intensidade de eventos previstas a partir do ajuste da função GEV, considerando períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos. Nota-se que eventos de precipitação diária na faixa de 90 a 140mm tem sua ocorrência esperada em uma vez a cada 10 anos na maior parte da área da sub-bacia, enquanto que entre 140 e 220 mm só serão recorrentes numa escala temporal de 20 ou mais anos. No caso desta sub-bacia não se pode garantir que haverá um limite superior finito definido pelo ajuste e, portanto, eventos de maior intensidade poderão ser esperados quando períodos de retorno maiores forem considerados. Isso decorre do fato de que a distribuição de Gumbel (tipo I) pode ser um bom ajuste em quase 50% dos postos, conforme observado anteriormente.

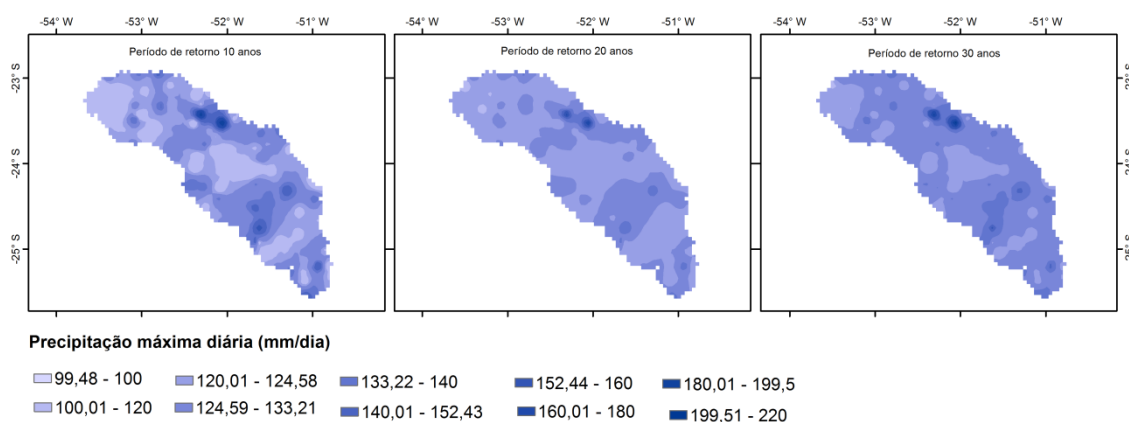


Figura 21 - Distribuição espacial das precipitações diárias máximas para períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos na sub-bacia do Rio Ivaí.

O perfil anual da vazão média (m^3/s) da sub-bacia do Rio Ivaí, entre 1984 e 2013, está representado na Figura 22. O mês de outubro e fevereiro possuem maiores vazões médias, sendo este o intervalo mais chuvoso na região. Os meses que apresentaram maior variação foram os compreendidos entre outubro e fevereiro.

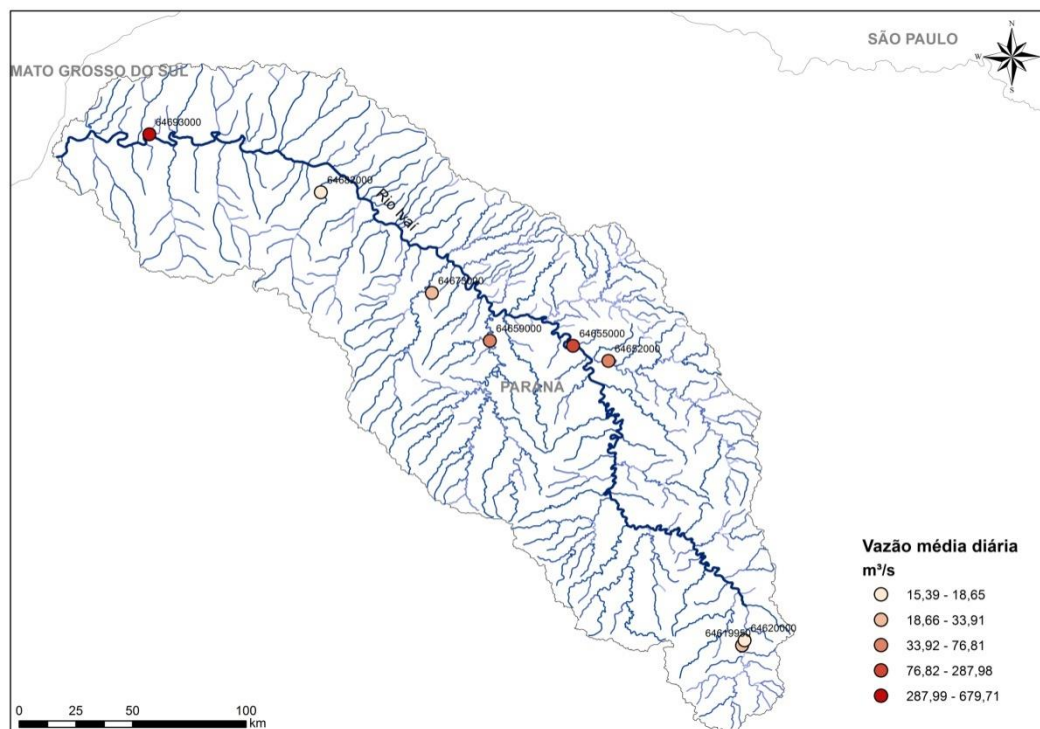


Figura 22 - Vazão média diária para os postos fluiométricos analisados para a sub-bacia do Rio Ivaí.

O posto mais a jusante da sub-bacia (64820000, na Fig. 22) possui vazão média de cerca de $680 \text{ m}^3/\text{s}$ e vazão máxima histórica de cerca de $4970 \text{ m}^3/\text{s}$. A vazão específica média neste mesmo posto é de 38 l/s/km^2 , correspondendo a uma taxa de drenagem de $3,3 \text{ mm/dia}$, ou a aproximadamente 75% da precipitação média na sub-bacia que é de $4,4 \text{ mm/dia}$, duas vezes maior que a sub-bacia do Alto Paranapanema e quase duas vezes maior que a do Baixo Iguaçu. A vazão específica do Rio Ivaí é duas vezes maior em comparação ao valor averiguado para a Bacia do Paraná ($13,3 \text{ l/s/km}^2$). O índice de cheia calculado foi de 0,39, maior que os índices encontrados nas sub-bacias do Alto Paranapanema e Baixo Iguaçu.

5.5 Sub-bacia Rio Mogi-Guaçu

De acordo com a CETESB (2013) as principais atividades da sub-bacia Rio Mogi Guaçu (Figura 6 n.4) são as do setor primário como agricultura e a pecuária, com destaque para as culturas de laranja, milho e cana de açúcar. Já no setor secundário, a agroindústria, como as usinas de açúcar e álcool, óleos vegetais e bebidas, são as predominantes na sub-bacia do Rio Mogi-Guaçu, além de frigoríficos e indústria de papel e celulose. Todos esses setores fazem uso intensivo de água em suas atividades.

A Figura 23 mostra a climatologia da precipitação média na Bacia, com base em 90 postos pluviométricos. Observa-se que há uma sazonalidade bem definida, com período seco nos meses de abril a setembro e úmido de outubro a março), diferentemente das demais sub-bacias analisadas anteriormente.

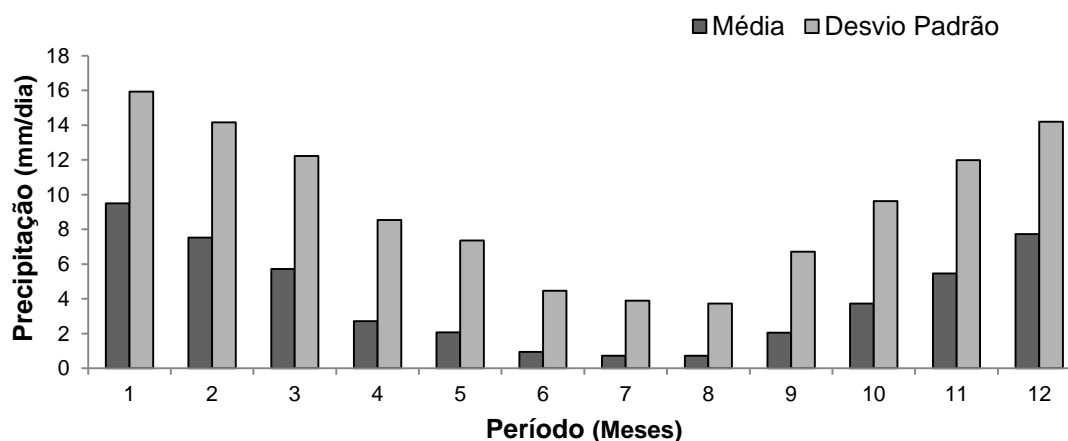


Figura 23 - Gráfico das médias mensais e desvio padrão de precipitação diária (mm/dia) entre os meses de janeiro (1) a dezembro (12) para o período estudado.

A precipitação média é significativamente maior nos meses quentes (podendo chegar a 13,8 mm/dia no mês de janeiro) quando comparado aos meses mais frios (0,43 mm/dia no mês de agosto). Isto ocorre devido à grande parte da sub-bacia estar inserida em clima caracterizado como verão quente e inverno seco, evidenciando assim, períodos chuvosos entre a primavera e o verão, e outono e inverno com regime pluviométrico seco.

Com relação às tendências calculadas, os meses que possuem predominância de acréscimos são os meses de janeiro e junho. Entre o período de fevereiro a abril e o mês de agosto há predominância de decréscimo nos

valores de precipitação média. Nos meses com tendência de diminuição da precipitação, a queda pode chegar a cerca de 30% no mês de maio e 15% no mês abril, por década. Este valor é inferior quando comparado ao mesmo mês nas demais sub-bacias analisadas anteriormente. A precipitação é maior nos meses de outubro a fevereiro, como observado na Figura 23, e apresenta aumento de até 60% por década. No mês de janeiro e junho todos os postos apresentaram tendência positiva. Nos meses de maio a agosto, quase a totalidade dos postos apresenta tendência negativa. Os meses com maiores decréscimos de vazão na sub-bacia do Rio Mogi-Guaçu foram os meses de março e agosto, distinguindo-se assim das sub-bacias descritas anteriormente.

Mais de 60% dos postos de cada série apresentaram parâmetro de forma negativo (ξ) e, portanto, mais apropriados para serem representados por uma aproximação do tipo III (Weibull, limite superior finito), sugerindo uma probabilidade nula de ocorrência de eventos de máxima precipitação anual acima dos maiores valores já registrados na série histórica. O ajuste por uma função do tipo I (Gumbel, $\xi = 0$), é ideal para apenas 7% dos postos dessa sub-bacia.

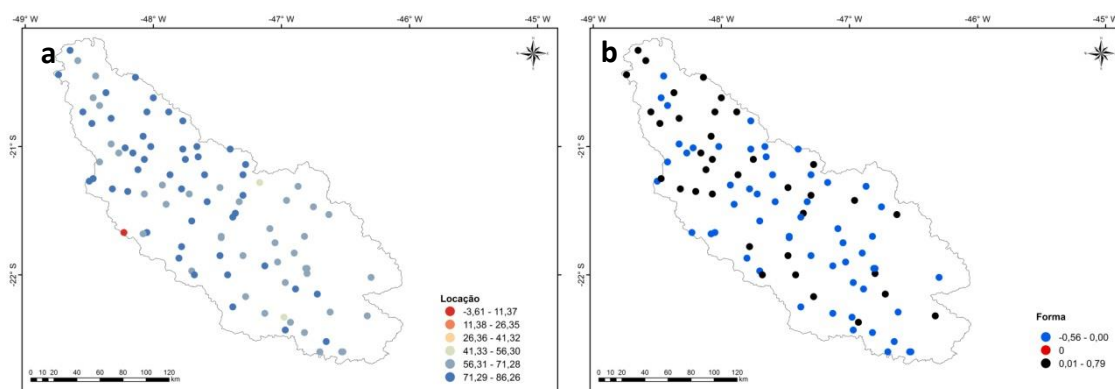


Figura 24 - Distribuição espacial dos parâmetros de localização (μ) e forma (ξ) para a sub-bacia do Rio Mogi-Guaçu.

Ainda em relação à variabilidade espacial do parâmetro de forma mostrado na Figura 24 b, os dados apresentaram-se distribuídos de forma pouco homogênea, de forma semelhante ao que foi observado para a grande bacia do Rio Paraná, embora se observe um predomínio de valores negativos para as partes mais altas da sub-bacia.

A Figura 24 mostra a distribuição espacial da intensidade de eventos de precipitação prevista a partir do ajuste da função GEV, considerando períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos. Entre a faixa de 90 a 130 mm são esperados ocorrer eventos de precipitação uma vez a cada 10 anos na maior parte da área da sub-bacia, enquanto que entre 130 e 170 mm só serão recorrentes numa escala temporal de 20 ou mais anos. O período de retorno para o maior evento de precipitação diário registrado (396 mm) foi de 200 anos.

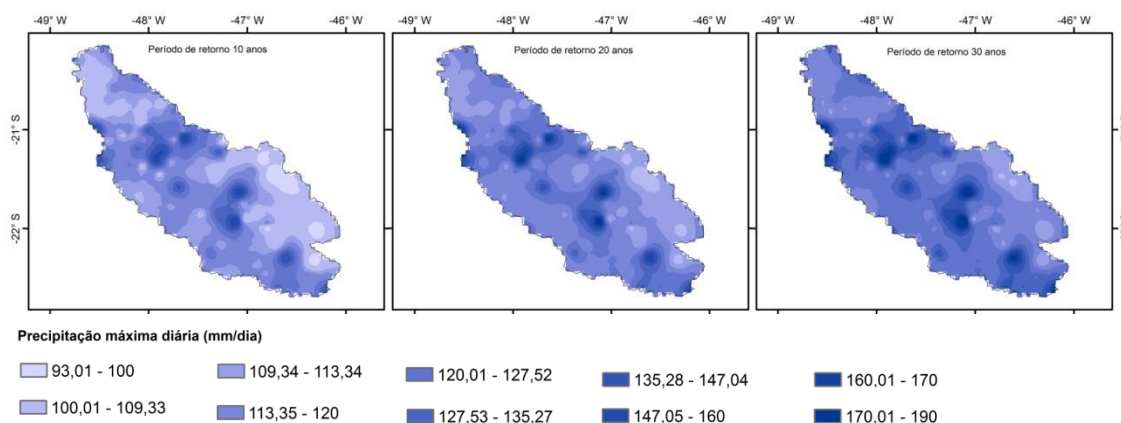


Figura 25 - Distribuição espacial das precipitações diárias máximas para períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos na sub-bacia Rio Mogi-Guaçu.

Os intervalos de vazão média da sub-bacia do Mogi-Guaçu, entre 1984 a 2013, está representado na Figura 26. O mês de outubro possui maior vazão média, sendo este o mais chuvoso na região do Mogi-Guaçu. Da mesma forma como observado para a sub-bacia do Alto Paranapanema e do Baixo-Iguaçu, a variabilidade temporal é maior para os meses mais secos (abril a setembro).

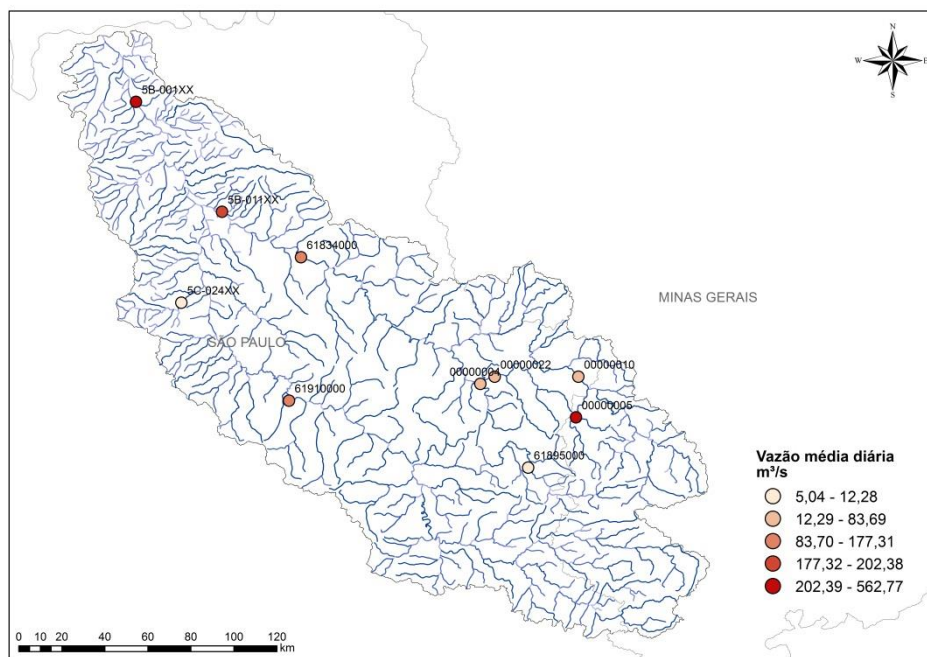


Figura 26 - Vazão média diária para os postos fluviométricos analisados para a sub-bacia Mogi-Guaçu.

Nessa bacia, ao contrário das demais, foram identificados dois postos com altos índices de vazão, um a jusante (5B-001XX, na Figura 26) com vazão média de $485 \text{ m}^3/\text{s}$ e vazão máxima histórica de cerca $1.935 \text{ m}^3/\text{s}$, e um posto a montante (00000005, na Figura 26) com vazão média de $563 \text{ m}^3/\text{s}$ e vazão máxima história de $3.125 \text{ m}^3/\text{s}$. O posto a jusante está localizado no Rio Pardo e refere-se à Usina Hidrelétrica de Barretos (vazão específica de $14,7 \text{ l/s/km}^2$), já o posto a montante está localizado no Rio Lambari e comporta a barragem da Usina Hidrelétrica Antas II.

5.6 Sub-bacia Rio dos Bois

De acordo Silva (2013) e seus colaboradores pode-se verificar que a magnitude da atividade agrícola é intensa na região. Mais da metade da área da bacia em estudo é ocupada por algum tipo de cultura (cana-de-açúcar, soja, milho, sorgo, arroz, algodão, etc). Constata-se assim que os remanescentes da cobertura vegetal nativa, cada vez mais, cedem lugar especialmente a pastagens e áreas agrícolas além de áreas de expansão urbana.

A Figura 27 apresenta a climatologia da precipitação média na Bacia, com base em 15 postos pluviométricos. Observa-se que há uma sazonalidade

bem definida, com os meses quentes apresentando valores médios várias vezes maiores que os meses de inverno e outono. Observa-se ainda que, em termos relativos, o período chuvoso apresenta-se mais homogêneo do que o seco. Além disso, a transição da estação mais chuvosa para os períodos menos chuvosos ocorre de forma acentuada, o que distingue esta sub-bacia das demais analisadas anteriormente.

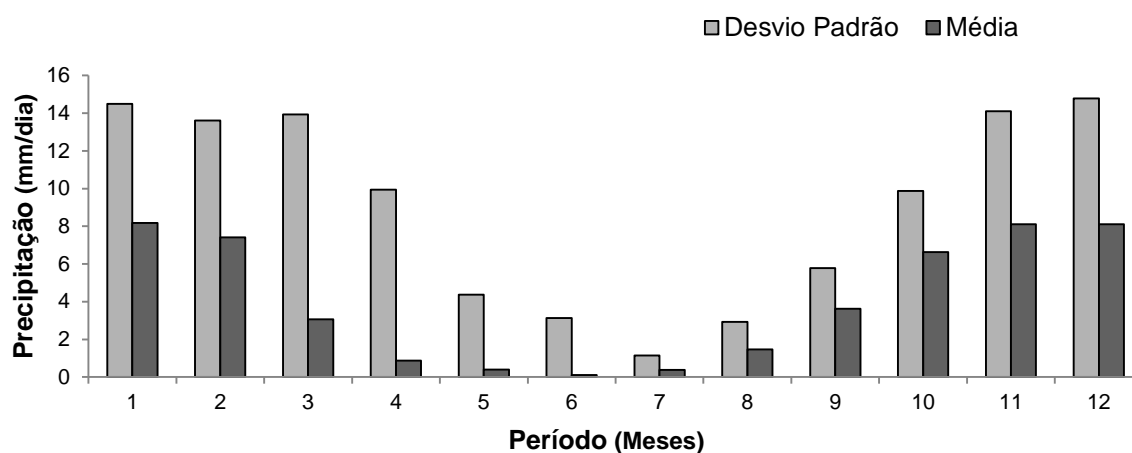


Figura 27 - Gráfico das médias mensais e desvio padrão da precipitação diária (mm/dia) entre os meses de janeiro (1) a dezembro (12) para o período estudado.

Em relação às tendências calculadas, observa-se que há significativa variabilidade espacial e sazonal, porém, os meses quentes (novembro a março) apresentam tendência de acréscimo na precipitação média. De junho a outubro as tendências variam entre positivas e negativas. Nos meses com tendência de diminuição da precipitação, a queda pode chegar a 75% por década (mês de maio), 40% (mês de julho) e 20% (mês de agosto). Todavia, a precipitação média nos meses quentes é significativamente maior (podendo chegar a 6,8 mm/dia no mês de dezembro) do que nos meses frios e mais secos (0,39 mm/dia no mês de agosto). Porém não apresenta homogeneidade espacial e temporal. De qualquer forma, para o mês de maio, por exemplo, dos 15 postos analisados na sub-bacia, 13 apresentaram tendência negativa e os dois outros postos remanescentes com tendência positiva, mas muito próxima de zero. No mês de julho e agosto, também se observa que a totalidade dos postos apresentam-se com tendência negativa.

Os parâmetros de locação do ajuste da função GEV para os 15 postos pluviométricos (com 90% de disponibilidade temporal) ficou entre 55 e 83

mm/dia (Figura 28 a). Cerca de 30% dos postos de cada série apresentaram parâmetro de forma negativo (ξ) e, portanto, mais apropriados para serem representados por uma aproximação do tipo III (Weibull, limite superior finito). As estimativas pontuais do parâmetro de forma são maiores do que zero (70% dos postos) correspondendo à distribuição de Fréchet, que não é indicada por apresentar cauda superior com limite infinito, podendo conduzir a previsões ilimitadas de níveis de retorno. O ajuste por uma função do tipo I (Gumbel, $\xi = 0$), não parece ser recomendado para os postos desta sub-bacia, uma vez que, dentro de um limiar de duas casas decimais, apenas sete postos seriam adequados (Figura 28b).

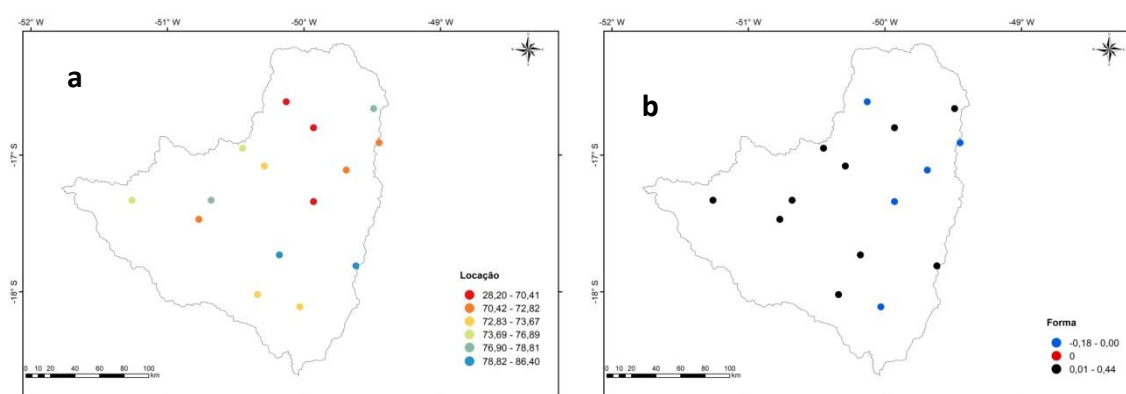


Figura 28 - Distribuição espacial dos parâmetros de locação (μ) e forma (ξ) para a sub-bacia do Rio dos Bois.

Observa-se ainda que, em relação à variabilidade espacial, o parâmetro de forma se apresenta distribuído mais homogeneamente quando comparado à Bacia do Paraná como um todo. Novamente, o maior evento de precipitação diária registrado na bacia foi de 467,70 mm e trata-se de um evento isolado. A Figura 13 mostra a distribuição espacial da intensidade de eventos previstas a partir do ajuste da função GEV, considerando períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos. Observa-se que eventos de precipitação diária na faixa de 90 a 155 mm são esperados ocorrer uma vez a cada 10 anos na maior parte da área da sub-bacia, enquanto que entre 155 e 190 mm só serão recorrentes numa escala temporal de 20 ou mais anos.

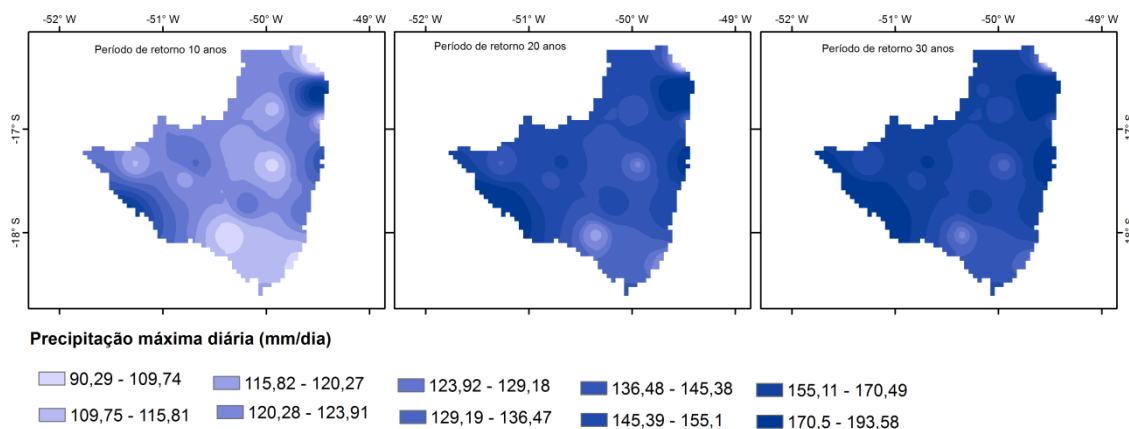


Figura 29 - Distribuição espacial das precipitações diárias máximas para períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos na sub-bacia do Rio dos Bois.

O perfil anual da vazão média (m^3/s) da sub-bacia do Rio dos Bois, entre 1984 a 2013, está representado na Figura 30. O mês de março apresentou maior vazão média, sendo este o terceiro mês mais chuvoso na região Rio dos Bois. Os meses que apresentam maior variabilidade foram os meses de dezembro a abril, sendo este o período mais chuvoso. Já a redução desta variabilidade de vazão nos períodos mais secos do ano (maio a novembro) pode estar relacionada com a redução da cota, embora sejam os meses que apresentam maior dispersão nos valores na precipitação.

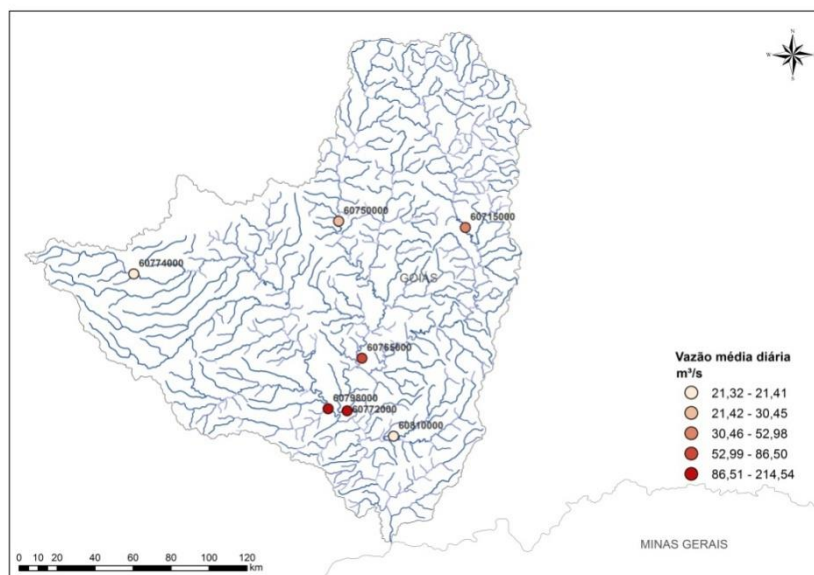


Figura 30 - Vazão média diária para os postos fluviométricos analisados para a sub-bacia Rio dos Bois.

Os postos mais a jusante da sub-bacia (60798000 e 60772000, na Figura 30) possuem vazão média de $185 \text{ m}^3/\text{s}$ e $215 \text{ m}^3/\text{s}$ e vazão máxima histórica de $920 \text{ m}^3/\text{s}$ e $1115,1 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente. A vazão específica do

Rio dos Bois ($14,7 \text{ l/s/km}^2$) é pouco maior que o valor observado para a Bacia do Paraná ($13,3 \text{ l/s/km}^2$). O índice de cheia calculado foi de 0,36, menor que as sub-bacias do Alto Paranapanema, Rio Ivaí, maior que Mogi-Guaçu e igual ao Baixo Iguaçu.

5.7 Sub-bacia Rio Tibagi

De acordo com COBRAPE (2013) a atividade econômica principal é a agropecuária. Na metade sul da bacia as culturas (soja, milho, feijão e trigo) ocupam uma área igual à de pastagens, havendo ainda áreas com reflorestamento. Na metade norte, região da terra roxa, a agricultura é mais intensiva (soja milho, trigo e café) e há pouca pastagem. A bacia é relativamente industrializada, com polos industriais em Londrina e Ponta Grossa. Em Telêmaco Borba se situa uma das maiores indústrias de celulose do país - Klabin. As indústrias, em sua maioria, estão ligadas à agropecuária: treze de óleos comestíveis, onze laticínios, nove frigoríficos, sete de papel, sete de bebidas, sete têxteis e outras.

Quanto à climatologia da precipitação média na sub-bacia Rio Tibagi (Figura 31), estudo com base em 36 postos pluviométricos, observou-se que não há uma sazonalidade bem definida, assim como nas sub-bacias do Baixo Iguaçu e Rio Ivaí. O período chuvoso não é bem definido, em contraposto à climatologia da precipitação média encontrada para a sub-bacia do Alto Paranapanema, Mogi-Guaçu e Rio dos Bois.

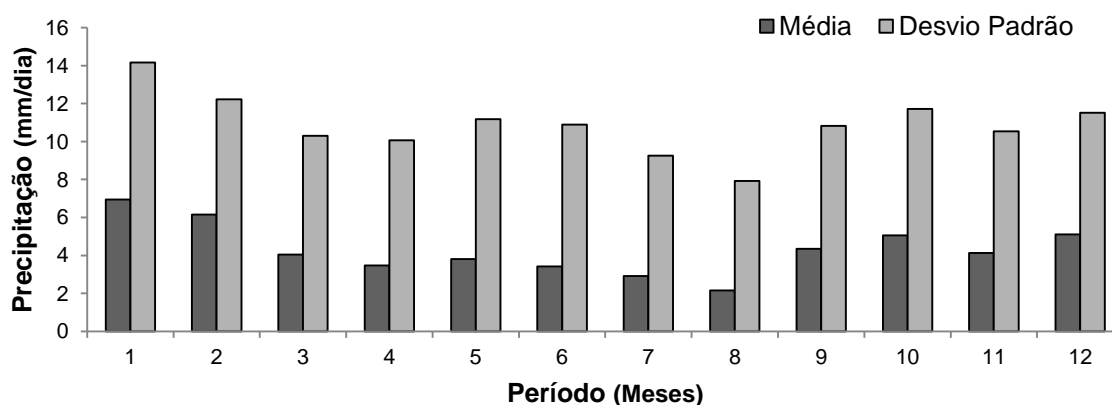


Figura 31 - Gráfico das médias mensais e desvio padrão da precipitação diária (mm/dia) entre os meses de janeiro (1) a dezembro (12) para o período estudado.

Em relação às tendências calculadas, os meses que possuem predominância de acréscimos são os meses de junho a fevereiro, sendo os meses de março e abril os meses onde há predominância de valores decréscimo na precipitação média.

Nos meses com tendência de diminuição da precipitação, a queda pode chegar a cerca de 3,7% por década (fevereiro), 9% (março), 1,7% (abril) e 37% (maio), decréscimo decadal inferior quando comparado ao mesmo mês nas demais sub-bacias. A precipitação é maior nos meses de janeiro e fevereiro, como observado na Figura 31, e apresentam aumento de até 51% por década para o mês de janeiro. Para o mês de maio, por exemplo, dos 36 postos analisados na sub-bacia, nenhum dos postos apresentou tendência positiva. Já para o mês de janeiro, 11 postos apresentaram tendência positiva. O mês de maio, a totalidade dos postos apresenta-se com tendência negativa. Os meses com maiores decréscimos na sub-bacia do Rio Tibagi foram os meses de março, agosto e dezembro, distintamente das sub-bacias do Alto Paranapanema, Baixo Iguaçu, Ivaí e Rio Mogi-Guaçu.

A correlação entre as máximas de cada série é nula, tal como observado em outras sub-bacias deste estudo, sugerindo a natureza puramente aleatória do evento mais intenso de cada série. Mais de 80% dos postos de cada série apresentaram parâmetro de forma negativo (ξ) e, portanto, mais apropriados para serem representados por uma aproximação do tipo III (Weibull, limite superior finito), sugerindo uma probabilidade nula de ocorrência de eventos de máxima precipitação anual acima dos maiores valores já registrados na série histórica, como observado também nas sub-bacias do Alto Paranapanema, Baixo Iguaçu, Rio Ivaí e Mogi-Guaçu. O ajuste por uma função do tipo I (Gumbel, $\xi = 0$), não é ideal para nenhum dos postos dessa sub-bacia, semelhante ao encontrado no Alto Paranapanema e Baixo Iguaçu.

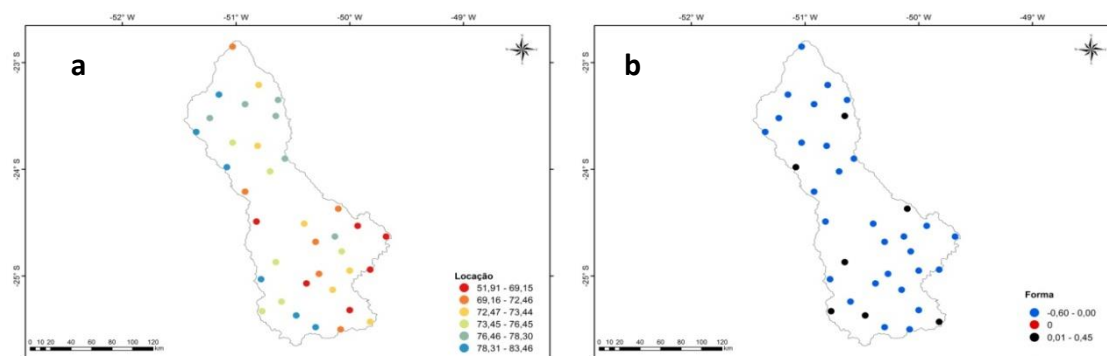


Figura 32 - Distribuição espacial dos parâmetros de locação (μ) e forma (ξ) para a sub-bacia do Rio Mogi-Guaçu.

Em relação à variabilidade espacial o parâmetro de forma mostrado na Figura 32 b se apresenta distribuído homoganeamente quando comparado a bacia do Rio Paraná, comportamento diferente daquele observado para a sub-bacia do Rio Ivaí e semelhante ao Alto Paranapanema, Baixo Iguaçu e Mogi-Guaçu. O maior evento de precipitação diária registrado na bacia foi de 777,2 mm cujo período de retorno calculado é de cerca de 45 anos. A Figura 33 mostra a distribuição espacial da intensidade de eventos prevista a partir do ajuste da função GEV, considerando períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos. Observa-se que eventos de precipitação diária na faixa de 100 a 135 mm são esperados ocorrer uma vez a cada 10 anos na maior parte da área da sub-bacia, enquanto que entre 135 e 280 mm só serão recorrentes numa escala temporal de 20 ou mais anos. Como consequência do ajuste mais adequado (tipo III), haverá um limite superior finito definido pelo ajuste e haverá pouca alteração na intensidade dos eventos quando períodos de retorno maiores forem considerados.

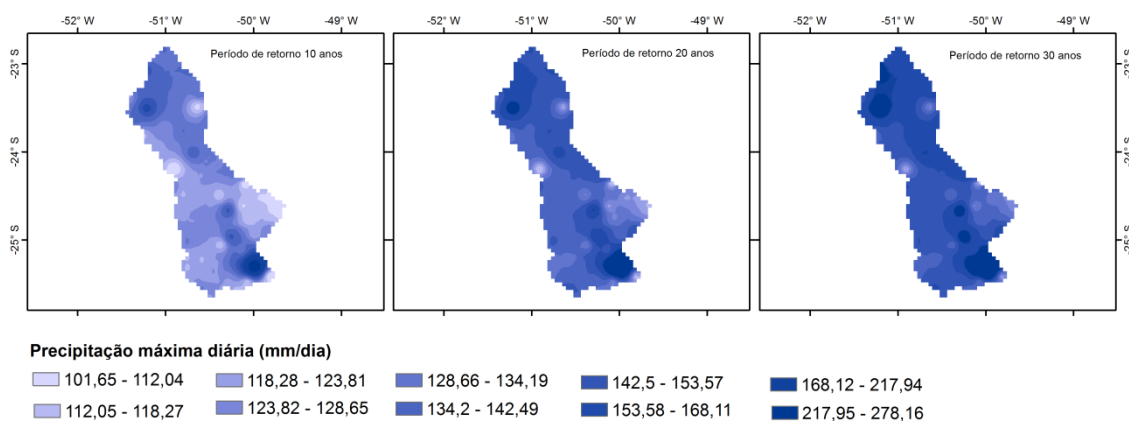


Figura 33 - Distribuição espacial das precipitações diárias máximas para períodos de retorno de 10, 20 e 30 anos na sub-bacia do Rio Tibagi.

Os intervalos de vazão média (m^3/s) da sub-bacia do Rio Tibagi, entre 1984 a 2013, estão representados na Figura 34. O mês de outubro apresentou maior vazão média, sendo este o terceiro mês mais chuvoso na região Rio Tibagi. Os meses que apresentaram maior variabilidade temporal foram os meses de março a maio, sendo este o período mais chuvoso. Não há sazonalidade bem definida para a vazão, diferentemente do encontrado para as sub-bacias do Alto Paranapanema, Baixo-Iguaçu, Rio Ivaí, Rio dos Bois e Mogi-Guaçu.

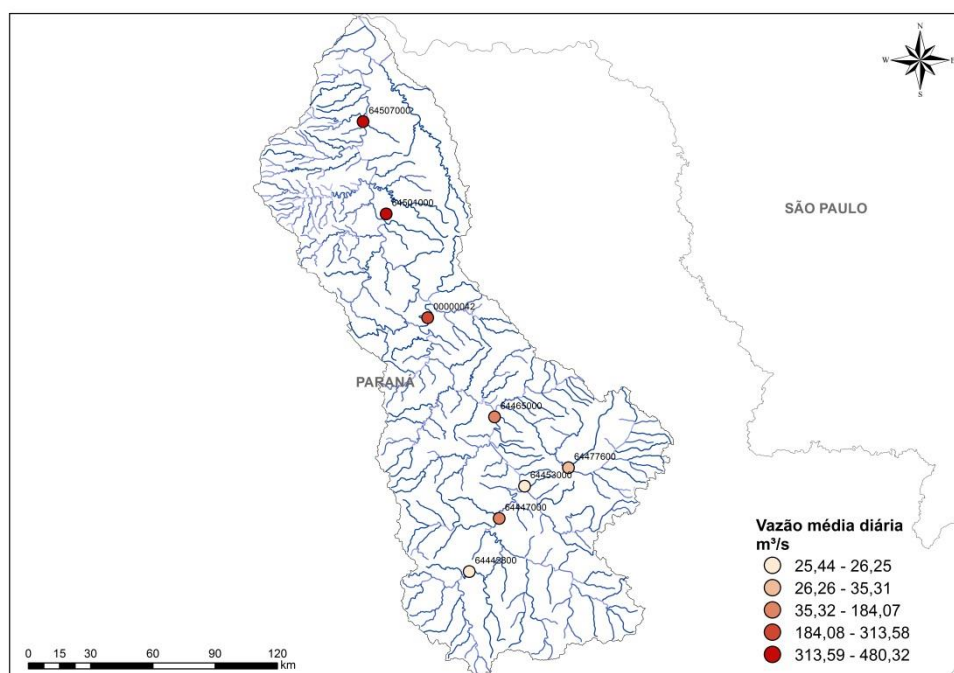


Figura 34 - Vazão média diária para os postos fluviométricos analisados para a sub-bacia do Rio Tibagi.

Os postos mais a jusante da sub-bacia (64507000 e 64501000, na Figura 34) possuem vazão média de cerca de 481 m³/s e 443 m³/s e vazão máxima histórica de cerca de 7335 m³/s e 6728 m³/s. A vazão específica média nestes dois postos, é de 22 l/s.km² e 23 l/s.km², respectivamente, valores superiores quando comparadas as sub-bacias do Alto Paranapanema, Baixo Iguaçu, Rio Ivaí e Mogi-Guaçu, o que corresponde a uma taxa de drenagem, respectivamente, de 1,9 mm/dia e 2 mm/dia, ou aproximadamente 45% e 50% da precipitação média na sub-bacia que é de 4,3 mm/dia. O índice de cheia calculado foi de 0,50, maior que as demais sub-bacias estudadas.

5.8 Síntese dos resultados

A Tabela 1 mostra uma síntese dos resultados encontrados para as sub-bacias analisadas.

Tabela 1 – tabela de apoio com a síntese dos principais resultados obtidos nesta pesquisa, separados à esquerda por sub-bacias.

	Resumo dos resultados
Alto Paranapanema	Possui sazonalidade quanto ao regime de precipitação
	Queda de até 24%, por década, na precipitação do mês de maio
	Acréscimo de 21%, por década, na precipitação do mês de junho
	70% dos postos pluviométricos possuem parâmetro forma negativo
	Distribuição de Weibull é a mais indicada
	Apenas 3 postos pluviométricos, dentro de um limiar de duas casas, apresentaram distribuição de Gumbel como sendo a adequada
	Como consequência do ajuste mais adequado (Weibull) há pouca alteração na intensidade dos eventos quando períodos de retorno maiores forem considerados
	Mês de fevereiro possui maior vazão média, sendo este o segundo mês mais chuvoso
	Variabilidade da vazão média nos meses mais secos do ano (abril a setembro) é menor quando comparada aos meses mais chuvosos
	Posto mais a jusante possui vazão média de 570 m ³ /s, vazão específica de 13,73 l/s/km ² e taxa de drenagem de cerca de 31%

Baixo Iguaçu	Não há sazonalidade
	Queda de até 57%, por década, na precipitação do mês de maio
	O mês mais chuvoso foi o mês de outubro com acréscimo de 73% por década
	60% dos postos pluviométricos possuem parâmetro forma negativo
	Distribuição de Weibull é a mais indicada
	Apenas 12 postos pluviométricos, dentro de um limiar de duas casas, apresentaram distribuição de Gumbel como sendo a adequada
	Como consequência do ajuste mais adequado (Weibull) há pouca alteração na intensidade dos eventos quando períodos de retorno maiores forem considerados
	Mês de outubro possui maior vazão média
	Posto mais a jusante possui vazão média de 1557 m ³ /s, vazão específica de 28 l/s/km ² e taxa de drenagem de cerca de 45%
Rio Ivaí	Não há sazonalidade
	Queda de até 83%, por década, na precipitação do mês de maio
	Acréscimo de 21%, por década, na precipitação do mês de fevereiro
	50% dos postos pluviométricos possuem parâmetro forma negativo
	49 postos pluviométricos (50%), dentro de um limiar de duas casas, apresentaram distribuição de Gumbel como sendo a adequada
	Distribuição de Weibull e Gumbel são as mais indicadas
	Eventos de maior intensidade poderão ser esperados quando períodos de retorno maiores forem considerados
	Meses de maior vazão foram os meses de outubro a fevereiro
	Posto mais a jusante possui vazão média de 680 m ³ /s, vazão específica de 38 l/s/km ² e taxa de drenagem de cerca de 75%
Rio Mogi-Guaçu	Possui sazonalidade quanto ao regime de precipitação
	Queda de até 30%, por década, na precipitação do mês de maio
	Acréscimo de 21%, por década, na precipitação entre os meses de outubro a fevereiro
	60% dos postos pluviométricos possuem parâmetro forma negativo

Rio Mogi-Guaçu	Apenas 7%, dentro de um limiar de duas casas, apresentaram distribuição de Gumbel como sendo adequada
	Distribuição de Weibull é a mais indicada
	Há pouca alteração na intensidade dos eventos quando períodos de retorno maiores são considerados
	Mês de outubro possui maior vazão média
	Posto mais a jusante possui vazão média de 485 m ³ /s, vazão específica de 14,7 l/s/km ²
Rio dos Bois	Possui sazonalidade quanto ao regime de precipitação
	Queda de até 75%, por década, na precipitação do mês de maio
	Não apresenta homogeneidade espaço-temporal de precipitação
	30% dos postos pluviométricos possuem parâmetro de forma negativo
	Apenas 7 postos pluviométricos (50%), dentro de um limiar de duas casas, apresentaram distribuição de Gumbel como sendo a adequada
	Distribuição de Weibull é a mais indicada
	Valores acima de 155 mm/dia só serão recorrentes acima de 20 anos ou mais de período do retorno
	Mês de outubro possui maior vazão média, sendo este o terceiro mês mais chuvoso
Posto mais a jusante possui vazão média de 185 m ³ /s, vazão específica de 16,6 l/s/km ² e taxa de drenagem de 37%	
Rio Tibagi	Não há sazonalidade
	Queda de até 37%, por década, na precipitação do mês de maio
	Acréscimo de 51%, por década, na precipitação do mês de janeiro (mais chuvoso)
	80% dos postos pluviométricos possuem parâmetro forma negativo
	Nenhum dos postos, dentro de um limiar de duas casas, apresentou distribuição de Gumbel como sendo a adequada
	Distribuição de Weibull é a mais indicada
	Há pouca alteração na intensidade dos eventos quando períodos de retorno maiores forem considerados
	O mês de outubro apresentou maior vazão média, terceiro mês mais chuvoso

	Posto mais a jusante possui vazão média de 481 m ³ /s, vazão específica de 22 l/s/km ² e taxa de drenagem de 45%
--	--

6. CONCLUSÕES

Neste trabalho foram ajustadas as distribuições de frequência e intensidade dos eventos extremos de chuva e vazão nas principais sub-bacias do Rio Paraná por meio da aplicação da teoria de valores extremos (GEV). O método dos momentos lineares foi o mais adequado para realização desta

pesquisa, devido a facilidade e custo computacional reduzido quando comparado aos outros métodos encontrados na literatura. Observou-se redução significativa na variabilidade do parâmetro de forma, quando a escala de bacia foi restringida a análise das principais sub-bacias. A distribuição de Weibull ($\xi > 0$) é a mais indicada para toda a região hidrográfica do Rio Paraná para representar os eventos extremos, porém, para a sub-bacia do Rio dos Bois, a distribuição ideal é a de Fréchet (tipo II), enquanto que para a sub-bacia do Rio Ivaí a aplicação da distribuição de Gumbel também se mostrou adequada.

Valores mais elevados para a vazão específica e taxa de drenagem foram encontrados nas sub-bacias do Ivaí, Tibagi e Baixo Iguaçu, com cerca de 28 l/s/km², o que representa drenagem de 45% com da precipitação média). Neste caso observa-se variabilidade sazonal pouco significativa e que se são bacias com formato mais alongado em relação às demais sub-bacias analisadas. Além disso, observa-se que são sub-bacias caracterizadas por inverno chuvoso e, portanto, estão mais susceptíveis a ocorrência de eventos extremos.

As séries climatológicas não apresentaram estacionariedade, o que pode ser verificado por apresentarem tendências não nulas na maioria das sub-bacias estudadas. O assunto requer estudos mais aprofundados para que uma conclusão definitiva possa ser afirmada.

A precipitação média da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná apresentou valores entre 1.160 mm/ano e 2.350 mm/ano, que são semelhantes aos apontados em outros estudos encontrados na literatura. As maiores precipitações médias anuais foram encontradas no sul e sudeste da mesma, onde se encontram as sub-bacias do Baixo Iguaçu, Rio Piquiri e Rio Ivaí. Tais sub-bacias não apresentaram sazonalidade na precipitação, enquanto que as sub-bacias Alto Paranapanema, Rio Mogi Guaçu e Rio dos Bois possuem acentuada diferença entre período chuvoso e seco, com o período chuvoso em geral ocorrendo entre outubro e março.

Deve ser considerado que foram apresentados resultados preliminares a cerca de uma análise por sub-bacia. Algumas poucas séries históricas estão disponíveis para as sub-bacias e a análise das mesmas permitirão avaliar o

alcance das conclusões observadas neste estudo, em particular as informações acerca do período de retorno dos extremos encontrados nas séries de 30 anos. O uso da análise de uso e ocupação do solo e da modelagem hidrológica, projetos sendo desenvolvidos em paralelo, também serão fundamentais para um entendimento da grande variabilidade das vazões específicas observada neste trabalho.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEITUNO, P. **On the Functioning of the Southern Oscillation in the South American Sector. Part I: Surface Climate Monthly Weather Review**, 1988.

ADAMOWSKI, K. Regional analysis of annual maximum and partial duration flood data by nonparametric and L-moment methods. **Journal of Hydrology**, v. 229, n. 3-4, p. 219–231, 2000.

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Disponibilidade e demandas de recursos hídricos no Brasil**. Brasília: ANA, 2005. 134 p.
- AHMAD, M. I.; SINCLAIR, C. D.; SPURR, B. D. Assessment of flood frequency models using empirical distribution function statistics. **Water Resources Research**, v. 24, n. 8, p. 1323–1328, 1988.
- ALILA, Y. A hierarchical approach for the regionalization of precipitation annual maxima in Canada. **Journal of Geophysical Research**, v. 104, n. D24, p. 31645, 1999.
- ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., DE MORAES, G., LEONARDO, J., & SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- ARNELL, N. W.; SALVATORE, G. Extreme Value Distribution in Regional Flood Frequency Analysis. **Water Resources Research**, v. 24, n. 6, p. 879–887, 1988.
- BABAK, Olena; DEUTSCH, Clayton V. Statistical approach to inverse distance interpolation. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 23, n. 5, p. 543-553, 2009.
- BARKER, T. Climate Change 2007 : An Assessment of the Intergovernmental Panel on Climate Change. **Change**, v. 446, n. November, p. 12–17, 2007.
- BARROS, V. R. Extreme rainfalls in SE South America. **Climatic Change**, v. 96, n. 1, p. 119–136, 2009.
- BAUTISTA, Ezequiel Abraham Lopez. **A distribuição generalizada de valores extremos no estudo da velocidade máxima do vento em Piracicaba, SP**. 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BEGUERIA, S.; VICENTE-SERRANO, S. M. Mapping the hazard of extreme rainfall by peaks over threshold extreme value analysis and spatial regression techniques. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 45, n. 1, p. 108–124, 2006.

- BERRI, G. J.; GHIETTO, M. A.; GARCIA, N. O. The Influence of ENSO in the Flows of the Upper Parana ´ River of South America over the Past 100 Years. **Journal of Hydrometeorology**, v. 3, p. 57–65, 2002.
- BOLKER, B. M. et al. Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. **Trends in ecology & evolution**, v. 24, n. 3, p. 127–35, 2009.
- BONETTO, A. A.; WAIS, J. R.; CASTELLO, H. P. The Increasing Damming of the Parana Basin and Its Effects on the Lower Reaches. **Regulated Rivers Research and Management**, v. 4, n. 4, p. 333–346, 1989.
- BUISHAND, T. A. Extreme rainfall estimation by combining data from several sites. **Hydrological Sciences Journal**, v. 36, n. February, p. 345–365, 1991.
- CAMILLONI, I. A.; BARROS, V. R. Extreme discharge events in the Paraná River and their climate forcing. **Journal of Hydrology**, v. 278, n. 1-4, p. 94–106, 2003.
- CAMILLONI, I. A.; BARROS, V. R. Extreme discharge events in the Paraná River and their climate forcing. **Journal of Hydrology**, v. 278, n. 1-4, p. 94–106, 2003.
- CAMILLONI, I.; BARROS, V. The Paraná River Response to El Niño 1982 – 83 and 1997 – 98 Events. **Journal of Hydrometeorology**, v. 1, n. 1998, p. 412–430, 2000.
- CBH-MOGI – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu. **Relatório de Situação dos Recursos Hídricos 2014** - Ano Base 2013. CBH-MOGI, 2014.
- CETESB - **Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental. Relação de Áreas Contaminadas**, dezembro de 2013. Disponível em:<<http://www.cetesb.sp.gov.br/userfiles/file/areascontaminadas/2013/textoexplicativo.pdf>>.

- CHAPIN, F. S. et al. Consequences of changing biodiversity. **Nature**, v. 405, n. 6783, p. 234–42, 2000.
- CHENG, L. et al. Non-stationary extreme value analysis in a changing climate. **Climatic Change**, v. 127, n. 2, p. 353–369, 2014.
- CHOI G, COLLINS D, REN GY. Changes in means and extreme events of temperature and precipitation in the Asia-Pacific Network region, 1955–2007. **International Journal of Climatology** 29: 1906–1925. 2009.
- COBRAPE, Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia do rio Tibagi (PBHTibagi)**, 2013. Disponível em: <
http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/TIBAGI/plano_de_bacia/Produto_05_Proposta_de_Enquadramento___Revisao_5.pdf>.
- COLES, S. G, DIXON, M. J. Likelihood-Based Inference for Extreme Value Models. **Extremes**, v. 2, n. 1, p. 5–23, 1999.
- COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Further evidence of changes in the hydrological regime of the River Paraguay: Part of a wider phenomenon of climate change? **Journal of Hydrology**, v. 245, n. 1-4, p. 218–238, 2001.
- COOLEY, D.; NYCHKA, D.; NAVEAU, P. Bayesian Spatial Modeling of Extreme Precipitation Return Levels. **Journal of the American Statistical Association**, v. 102, n. 479, p. 824–840, 2007.
- COSTA AC, SOARES A. Trends in extreme precipitation indices derived from a daily rainfall database for the South of Portugal. **International Journal of Climatology** 29: 1956–1975. 2009.
- COSTANZA, R. et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, v. 387, n. 6630, p. 253–260, 1997.
- CUNNANE, C. **Methods and merits of regional flood frequency analysis** **Journal of Hydrology**, 1988. Disponível em:

- DONALDSON, R. W. **Calculating inverse CV, skew and PWM functions for Pearson-3, log-normal, extreme-value, and log-logistic distributions. Communications in Statistics—Simulation and Computation**, 25, 1996, 741–747.
- EASTERLING, David R. et al. Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 81, n. 3, p. 417, 2000.
- ENGELAND, K.; HISDAL, H.; FRIGESSI, A. Practical extreme value modelling of hydrological floods and droughts: A case study. **Extremes**, v. 7, n. 1, p. 5–30, 2005.
- FARQUHARSON, F. A. K.; MEIGH, J. R.; SUTCLIFFE, J. V. **Regional flood frequency analysis in arid and semi-arid areas Journal of Hydrology**, 1992.
- FENG S, NADARAJAH S, HU Q. Modeling annual extreme precipitation in China using the generalized extreme value distribution. **Journal of Meteorological Society of Japan** 85: 599–613. 2007.
- FOWLER, H. J.; KILSBY, C. G. A regional frequency analysis of United Kingdom extreme rainfall from 1961 to 2000. **International Journal of Climatology**, v. 23, n. 11, p. 1313–1334, 2003.
- GILLELAND, E.; RIBATET, M.; STEPHENSON, A. G. A Comparative Software Review for Extreme Value Analysis. **Extremes**, v. 16, n. 1, p. 103–119, 2013.
- GUISAN, A.; ZIMMERMANN, N. E. Predictive habitat distribution models in ecology. **Ecological Modelling**, v. 135, n. 2-3, p. 147–186, 2000.
- GUTTMAN, N. B.; HOSKING, J. R. M.; WALLIS, J. R. **The 1993 Midwest Extreme Precipitation in Historical and Probabilistic Perspective Bulletin of the American Meteorological Society**, 1994. Disponível em: <<Go to ISI>://A1994PN88600002>

- HAMED, K. H.; RAO, A.R A modified Mann-Kendall trend test for auto correlated data. **Journal of Hydrology**, 204:182-196, 1998.
- HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. Paleontological Statistics Software: Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, 2001.
- HANNAPPEL, S.; PIEPHO, B. Cluster analysis of environmental data which is not interval scaled but categorical. **Chemosphere** , v. 33, n. 2, p. 335-342, 1996.
- HASLER, A. D. Coupling of land and water systems. v. 10, 1975.
- HASSAN, B. G. H.; PING, F. Regional Rainfall Frequency Analysis for the Luanhe Basin – by Using L-moments and Cluster Techniques. **APCBEE Procedia**, v. 1, n. January, p. 126–135, 2012.
- HOSKING, J. R. M. WALLIS JR (1997) Regional Frequency Analysis: An Approach Based on L-Moments.
- HOSKING, J. R. M.; WALLIS, J. R.; WOOD, E. F. An appraisal of the regional flood frequency procedure in the UK Flood Studies Report. **Hydrological Sciences Journal**, v. 30, n. 1, p. 85–109, 1985.
- Jersey: Englewood Cliffs, 1982.
- JOHNSON, R.; WICHERN, D. Applied multivariate statistical analysis. 3ed. New
- KARIM, M. A.; CHOWDHURY, J. U. A comparison of four distributions used in flood frequency analysis in Bangladesh. **Hydrological Sciences Journal**, v. 40, n. 1, p. 55–66, 1995.
- KATZ RW, PARLANG MB, NAVEAU P. Statistics of extremes in hydrology. **Advances in Water Resources** 25: 1287–1304. 2002.
- KATZ, R. Statistics of Extremes in Climatology and Hydrology. v. 25, p. 1–48, 2002.

- KATZ, R. W. Extreme value theory for precipitation: Sensitivity analysis for climate change. **Advances in Water Resources**, v. 23, n. 2, p. 133–139, 1999.
- KATZ, R. W.; PARLANGE, M. B.; NAVEAU, P. Statistics of extremes in hydrology. **Advances in Water Resources**, v. 25, n. 8-12, p. 1287–1304, 2002.
- KENDALL, M. G. **Rank correlation measures**. Charles Griffin: London, U.K, p.220, 1975.
- KOCHANEK, K.; STRUPCZEWSKI, W. G.; BOGDANOWICZ, E. On seasonal approach to flood frequency modelling. Part II: Flood frequency analysis of Polish rivers. **Hydrological Processes**, v. 26, n. 5, p. 717–730, 2012.
- KOUTSOYIANNIS, D. Statistics of extremes and estimation of extreme rainfall: II. Empirical investigation of long rainfall records / Statistiques de valeurs extrêmes et estimation de précipitations extrêmes: II. Recherche empirique sur de longues séries de précipitations. **Hydrological Sciences Journal**, v. 49, n. 4, p. 37–41, 2004.
- KRONKA, F. J. N.; NALON, M. A.; MATSUKUMA, C. K.; KANASHIRO, M. M.; YWANE, M. S. S.; LIMA, L. M. P. R. Monitoramento da vegetação natural e do reflorestamento no Estado de São Paulo. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 12, p. 16-21, 2005.
- LABAT, D. et al. Evidence for global runoff increase related to climate warming. **Advances in Water Resources**, v. 27, n. 6, p. 631–642, 2004.
- LATRUBESSE, E. M.; STEVAUX, J. C.; SINHA, R. Tropical rivers. **Geomorphology**, v. 70, n. 3-4 SPEC. ISS., p. 187–206, 2005.
- LETTENMAIER, D. **Effect of regional heterogeneity on flood frequency estimation Water Resources ...**, 1987. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/WR023i002p00313/full>

- LIEBMANN, B.; JONES, C.; CARVALHO, L. DE. Interannual variability of daily extreme precipitation events in the state of Sao Paulo, Brazil. **Journal of Climate**, v. 14, p. 208–218, 2001.
- MAKKONEN, L. Problems in the extreme value analysis. **Structural Safety**, v. 30, n. 5, p. 405–419, 2008. MALEKINEZHAD, H.; ZARE-GARIZI, A. Regional frequency analysis of daily rainfall extremes using L-moments approach. **Atmosfera**, v. 27, n. 4, p. 411–427, 2014.
- MANN, H. B. **Econometrica**. The econometric society, v.13, n.3, p.245 -259, 1945.
- MANTON MJ, DELLA-MARTA PM, HYLOCK MR, HENNESSY N. Trends in extreme daily rainfall and temperature in southeast Asia and the south Pacific: 1961–1998. **International Journal of Climatology** 21: 269–284. 2001.
- MARENGO, J. A. Água E Mudanças Climáticas. **Estudos Avançados**, v. 22, n. 63, p. 83–96, 2008.
- MARENGO, J. A. et al. Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século I: Projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Relatório 5, Ministério do Meio Ambiente (MMA), Secretaria de Biodiversidade e Florestas (SBF), Diretoria de Conservação da Biodiversidade (DCBio). Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade – Subprojeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século I. Brasília, fevereiro 2007.
- MARENGO, J.A. e C.C. CAMARGO, 2008: Surface air temperature trends in Southern Brazil for 1960-2002. **International Journal of Climatology**, 28(7), 893-904, doi:10.1002/joc.1584.
- MARGULES, C. R.; PRESSEY, R. L. Systematic conservation planning. **Nature**, v. 405, n. 6783, p. 243–53, 2000. MARTINS, E. S.; STEDINGER, J. R. Generalized maximum-likelihood generalized extreme-value quantile

estimators for hydrologic data. **Water Resources Research**, v. 36, n. 3, p. 737–744, 2000.

MARKSON, R. e PRICE, C. 1999: Ionospheric potential as a proxy index for global temperature. **Atmospheric Research**, 51, 309-314.

MARKSON, Ralph. The global circuit intensity. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 88, n. 2, p. 223, 2007.

NIJSSEN, B. et al. HYDROLOGIC SENSITIVITY OF GLOBAL RIVERS to Climate Change. **Mountain Research and Development**, v. 28, n. 1, p. 4–7, 2008.

OLIVEIRA; P. T. S. de, SOBRINHO T. A., STEFFEN J. L, RODRIGUES D.B. B. Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista brasileira engenharia agrícola ambiental**. vol.14 no.8 Campina Grande, 2010.

PAPALEXIOU, S. M.; KOUTSOYIANNIS, D.; MAKROPOULOS, C. How extreme is extreme? An assessment of daily rainfall distribution tails. **Hydrology and Earth System Sciences**, v. 17, n. 2, p. 851–862, 2013.
PAPALEXIOU, S. M.; KOUTSOYIANNIS, D. **Battle of extreme value distributions: A global survey on extreme daily rainfall** **Water Resources Research**, 2013.

PARK, J. S., KANG, H. S., LEE, Y. S., & KIM, M. K. Changes in the extreme daily rainfall in South Korea. **International Journal of Climatology**, v. 31, n. 15, p. 2290-2299, 2011.

PARMESAN, C.; YOHE, G. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. **Nature**, v. 421, n. 6918, p. 37–42, 2003

PENALVA, H.; NEVES, M.; NUNES, S. Topics in Data Analysis Using R in Extreme Value Theory. **Metodološki zvezki**, v. 10, n. 1, p. 17–29, 2013.

PHAM, Hoang (Ed.). **Springer handbook of engineering statistics**. Springer Science & Business Media, 2006.

- PINTO, O.; PINTO, I. R. C. A. On the sensitivity of cloud-to-ground lightning activity to surface air temperature changes at different timescales in São Paulo, Brazil. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 113, n. D20, 2008.
- PRICE, C. E. M. ASFUR, 2006: Can lightning observations be used as an indicator of upper-tropospheric water vapor variability? **Bulletin of the American Meteorological Society**, 87, 291-298.
- PRICE, C., 1993: Global surface temperatures and the atmospheric electric circuit. **Geophysical Research Letter**, 20,1363.
- QUEIROZ, M. M. F. DE; CHAUDHRY, F. H. Análise de eventos hidrológicos extremos, usando-se a distribuição GEV e momentos LH. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 381–389, 2006.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM, R. R: **A Language and Environment for Statistical Computing**. [s.l: s.n.]. v. 1
- RAHIMZADEH F, ASGARI A, FATTAHI E. Variability of extreme temperature and precipitation in Iran during recent decades. **International Journal of Climatology** 29: 329–343, DOI:10.1002/joc.1739. 2009.
- RE M, BARROS VR. Extreme rainfalls in SE South America. **Climatic Change** 96: 119–136, DOI:10.1007/s10584-009-9619-x. 2009.
- REEVE, N.; ~~E~~TOUMI, R. 1999: Lightning activity as an indicator of climate change. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 125, n. 555, p. 893-903, 1999.
- Relatório de Situação de Recursos Hídricos de Bacias, 2010; 5. IF, 2009
- ROSENZWEIG, C. et al. Water resources for agriculture in a changing climate: International case studies. **Global Environmental Change**, v. 14, n. 4, p. 345–360, 2004.

- ROSSI, F.; FIORENTIO, M.; VERSACE, P. **Two-Component Extreme Value Distribution for Flood Frequency Analysis Water Resources Research**, 1984.
- RULFOVÁ, Z. et al. A two-component generalized extreme value distribution for precipitation frequency analysis. **Journal of Hydrology**, v. 534, p. 659–668, 2016.
- SANG, H.; GELFAND, A. E. Continuous spatial process models for spatial extreme values. **Journal of Agricultural, Biological, and Environmental Statistics**, v. 15, n. 1, p. 49–65, 2010.
- SANSIGOLO, C. A.; KAYANO, M. T. Tendências nas temperaturas máximas e mínimas e nas precipitações sazonais do Rio Grande do Sul (1913-2006). **Anais. Congresso Brasileiro de Meteorologia**, 2010.
- SCHEFFER, M. et al. Catastrophic shifts in ecosystems. **Nature**, v. 413, n. 6856, p. 591–6, 2001.
- SEKIGUCHI, M., HAYAKAWA, M., NICKOLAENKO, A. P., & HOBARA, Y. Evidence on a link between the intensity of Schumann resonance and global surface temperature. In: **Annales geophysicae**. 2006. p. 1809-1817.
- SHUKLA. On the proficient use of GEV distribution. v. VIII, p. 81–92, 2010.
- SIEMENS, R. L. Q & a. n. March, p. 139–156, 2012.
- SILVA, M. K. A.; ROSA, R. Avaliação do uso da terra e cobertura vegetal natural da bacia hidrográfica do rio Turvo e rio dos Bois - Goiás/ Brasil. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 16. (SBSR)**, 2013, Foz do Iguaçu. Anais... São José dos Campos: INPE, 2013. p. 7594-7601. DVD, Internet. ISBN 978-85-17-00066-9 (Internet), 978-85-17-00065-2 (DVD). Disponível em : <<http://urlib.net/3ERPFQRTRW34M/3E7GA6C>>.

- SILVA, R. A.; SILVA, V. P. R.; CAVALCANTI, E. P.; SANTOS, D. N. Estudo da variabilidade da radiação solar no Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n.5, p. 501-509, 2010.
- SNEYERS, R. **Sur l'analyse statistique des series d'observations**. Genève: **Organisation Météorologique Mondial**, 192 pp, OMM Note Technique, 143, 1975.
- STRUPCZEWSKI, W. G. et al. On seasonal approach to flood frequency modelling. Part I: Two-component distribution revisited. **Hydrological Processes**, v. 26, n. 5, p. 705–716, 2012.
- THOMAS, C. D. et al. Extinction risk from climate change. **Nature**, v. 427, n. 6970, p. 145–148, 2004.
- TRENBERTH, Kevin E.; DAI, A.; RASMUSSEN, R. M.; PARSONS, D. B. The changing character of precipitation. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 84, n. 9, p. 1205-1217, 2003. APA
- TUCCI, Carlos EM. **Regionalização de vazões**. Editora da Universidade/UFR
- VON STORCH, V.H. **Misuses of statistical analysis in climate research**. In HV von Storch and A Navarra (eds), *Analysis of Climate Variability: Applications of Statistical Techniques*, Springer -Verlag, Berlin, 1995.
- WILLIAMS, E., 1992: The Schumann resonance: a global tropical thermometer. **Science**, 256, 1184-1187.
- WILLIAMS, E., 1994: Global circuit response to seasonal variations in global surface air temperature. **Monthly Weather Review**, 1917-1929.
- WILLIAMS, E., 1999: Global circuit response to temperature on distinct time scales: a status report. In: *Atmospheric and ionospheric electromagnetic phenomena associated with earthquakes* [Hayakawa, M. (Ed.)]. Tokyo: TERRAPUB, pp. 939-949.
- WILLIAMS, E., 2005: Lightning and climate: a review. *Atmos. Res.*, 76, 272-287.

YUNG, Y. K.; YAU, K.; WONG, C. K.; CHAN, K. K.; YEUNG, I.; KUEH, C. S. W.;BROOM, M. J. M. **Marine Pollution Bulletin** , v. 39, n. 1/12, p. 315-325, 1999.

APÊNDICES

A- GEV PRECIPITAÇÃO

I - Estatísticas de valores extremos para dados pluviométricos para sub-bacia Alto Paranapanema.

Código	Lat	Lon	Média	Máxima	Forma	Escala	Locação	fgevmax	pretmax
2248030	-22.87	-48.65	3.88	131.30	0.27	24.80	73.83	0.97	37.16
2248032	-23.00	-48.70	4.06	141.50	0.02	21.64	75.97	0.96	23.20
2248051	-22.77	-48.83	3.99	143.80	-0.04	15.75	69.25	0.99	76.33
2249011	-22.32	-49.53	4.11	246.50	-0.31	16.88	70.93	0.99	103.69
2249022	-22.43	-49.92	3.64	133.00	0.26	22.71	75.97	0.98	59.15
2249023	-22.45	-49.32	3.62	160.00	-0.02	21.72	69.93	0.98	55.96
2249024	-22.53	-49.65	3.77	109.00	0.09	12.90	75.89	0.95	18.99
2249025	-22.58	-49.40	3.44	208.00	-0.29	11.72	71.90	0.99	162.16
2249028	-22.78	-49.93	3.67	167.40	-0.05	14.87	70.38	1.00	295.05
2249029	-22.88	-49.23	3.89	170.60	-0.06	20.64	75.99	0.98	57.56
2249032	-22.90	-49.62	3.94	230.70	-0.09	26.54	78.85	0.99	102.02
2249034	-22.98	-49.83	4.07	211.40	-0.25	15.31	76.54	0.99	106.15
2249058	-23.00	-49.83	3.98	196.20	-0.21	18.32	72.06	0.99	67.58
2249060	-22.58	-49.82	3.73	138.40	-0.02	20.31	72.20	0.98	53.48
2249065	-22.75	-49.73	3.64	155.30	0.11	17.83	75.86	0.97	33.60
2249071	-22.58	-49.55	3.83	172.30	-0.04	21.60	79.35	0.98	53.50
2249086	-22.95	-49.38	4.03	162.70	0.06	21.10	78.66	0.99	92.76
2249103	-22.74	-49.03	3.83	116.90	0.09	18.37	68.51	0.95	20.28
2249105	-22.72	-49.32	3.89	187.00	-0.13	19.23	72.76	0.99	85.20
2249107	-22.45	-49.77	3.98	156.20	-0.14	14.78	69.22	0.99	72.23
2250017	-22.63	-50.20	3.78	127.70	0.04	14.32	75.70	0.99	139.97
2250023	-22.88	-50.33	4.01	232.00	-0.39	16.32	73.09	0.98	55.10
2250024	-22.90	-50.02	3.63	135.00	0.14	16.71	73.47	1.00	185.06
2250028	-22.85	-50.87	3.59	202.50	-0.15	20.59	75.81	0.99	78.97
2250030	-22.96	-50.77	3.53	226.10	-0.21	18.24	65.20	0.99	144.35
2250031	-22.95	-50.65	3.96	197.20	-0.35	13.42	71.95	0.99	65.29
2250032	-22.97	-50.48	3.61	231.00	-0.13	23.09	67.69	0.99	158.72
2250033	-22.97	-50.27	3.81	216.50	-0.29	14.93	67.13	0.99	113.56
2250035	-22.98	-50.00	3.94	220.00	-0.16	18.40	72.52	0.99	176.98
2250037	-22.82	-50.30	3.69	191.00	-0.15	20.34	65.68	0.99	78.76
2250086	-22.60	-50.00	3.91	212.40	-0.23	16.03	75.16	0.99	111.65
2347049	-23.83	-47.65	3.72	151.40	-0.04	20.29	67.19	0.98	48.83
2347050	-23.87	-48.00	3.45	330.70	-0.47	15.18	57.70	0.99	122.10
2347149	-23.73	-47.93	3.62	285.00	-0.33	15.92	65.38	0.99	179.73
2348008	-23.10	-48.92	4.10	150.30	-0.12	15.63	74.94	0.98	45.53
2348014	-23.37	-48.18	3.65	203.60	-0.30	15.03	70.08	0.99	75.93
2348017	-23.48	-48.42	3.70	193.60	-0.15	21.59	69.28	0.98	63.65
2348026	-23.78	-48.35	3.89	165.00	0.17	26.69	78.32	0.99	116.93
2348028	-23.58	-48.05	3.70	246.50	-0.29	15.69	66.09	0.99	162.46
2348031	-23.97	-48.95	3.54	116.50	0.11	18.90	59.19	0.98	40.22
2348033	-23.56	-48.39	3.76	131.70	-0.10	12.06	66.29	0.99	76.77
2348037	-23.96	-48.28	3.63	409.40	-0.57	12.18	67.08	0.99	146.66
2348073	-23.08	-48.38	3.68	156.80	-0.11	20.17	57.50	0.98	53.26
2348078	-23.10	-48.62	3.66	124.80	0.36	28.76	68.81	0.97	29.05

fgevmax – probabilidade de um evento máximo ser igualado ou superado

pretmax – período de retorno de um evento extremos, em anos, ocorrer novamente

Código	Lat	Lon	Média	Máxima	Forma	Escala	Locação	fgevmax	pretmax
2348088	-23.88	-48.77	3.91	220.00	-0.14	24.99	66.25	0.99	85.90
2349002	-23.03	-49.17	4.02	230.00	-0.29	18.30	81.40	0.99	67.68
2349003	-23.03	-49.57	4.30	192.00	0.03	29.54	78.95	0.98	60.28
2349004	-23.05	-49.77	4.05	190.00	-0.28	12.54	77.58	0.99	86.43
2349005	-23.08	-49.74	4.15	185.00	-0.01	19.03	72.58	1.00	304.95
2349007	-23.19	-49.39	4.16	189.70	-0.18	17.09	78.67	0.99	72.63
2349011	-23.23	-49.47	4.07	123.60	0.01	14.46	73.58	0.97	34.89
2349016	-23.45	-49.42	4.00	190.00	-0.09	26.24	79.62	0.97	36.21
2349017	-23.53	-49.23	4.01	170.90	-0.07	24.61	73.01	0.97	33.34
2349020	-23.71	-49.47	3.81	118.20	-0.05	17.50	63.76	0.97	39.01
2349023	-23.72	-49.56	3.72	118.50	-0.05	9.81	63.90	0.99	139.25
2349030	-23.50	-49.87	3.85	151.00	-0.12	15.56	75.40	0.98	46.39
2349033	-23.77	-49.95	4.05	163.00	-0.14	17.41	76.08	0.98	44.42
2349036	-23.20	-49.75	3.85	192.60	0.11	31.63	74.60	0.99	121.86
2349059	-23.41	-49.98	3.92	167.20	-0.09	13.50	77.32	0.99	181.29
2349060	-23.55	-49.75	3.78	139.50	0.09	18.46	77.90	0.98	53.11
2349061	-23.75	-49.62	3.78	119.70	0.19	19.56	73.86	0.97	29.36
2349064	-23.91	-49.65	3.38	171.70	-0.13	20.24	63.26	0.98	57.69
2350002	-23.09	-50.29	3.77	241.10	-0.38	15.91	68.09	0.99	76.55
2350011	-23.04	-50.07	3.97	132.00	0.02	15.39	72.68	0.98	55.93
2350012	-23.30	-50.07	4.00	179.00	-0.28	11.73	72.86	0.99	93.90
2350026	-23.08	-50.75	3.71	210.20	-0.22	18.21	79.37	0.99	75.09
2350029	-23.27	-50.43	3.74	196.20	-0.10	20.78	72.50	0.99	106.54
2350033	-23.40	-50.35	3.75	229.80	-0.19	18.15	69.82	0.99	178.41
2350041	-23.92	-50.25	4.14	190.00	0.00	19.79	28.24	1.00	3160.15
2350042	-23.89	-50.18	3.71	209.00	-0.19	15.83	71.00	0.99	166.34
2350043	-23.95	-50.02	3.95	187.80	-0.07	16.55	72.06	1.00	285.65
2350046	-23.82	-50.13	4.02	211.50	-0.25	17.40	74.49	0.99	79.35
2350048	-23.63	-50.47	4.21	201.40	-0.12	25.76	77.96	0.98	43.85
2350049	-23.63	-50.31	3.44	187.50	-0.12	18.84	71.96	0.99	99.69
2350052	-23.55	-50.40	3.83	147.00	-0.09	16.83	71.95	0.98	43.13
2350053	-23.45	-50.23	3.64	124.30	0.43	23.02	74.11	1.00	494.03
2350054	-23.52	-50.03	3.88	152.40	-0.06	14.71	72.39	0.99	114.79
2350062	-23.85	-50.39	3.89	155.50	0.01	18.51	83.30	0.98	52.28
2350063	-23.82	-50.33	3.92	222.70	-0.29	18.17	72.67	0.99	68.76
2448008	-24.22	-48.77	3.82	155.00	-0.04	19.40	71.05	0.98	55.99
2449001	-24.05	-49.10	3.98	132.20	0.26	20.96	78.96	0.99	67.10
2449019	-24.23	-49.70	4.27	144.50	0.15	25.21	60.14	0.99	103.10
2449032	-24.50	-49.73	3.90	157.60	-0.31	11.30	57.51	0.99	72.06
2449036	-24.38	-49.58	3.83	160.80	0.06	17.93	69.16	1.00	434.35
2449040	-24.25	-49.72	4.20	219.00	-0.24	19.70	77.59	0.99	65.04
2449044	-24.10	-49.47	3.99	181.20	-0.22	22.52	74.45	0.96	25.76
2449045	-24.07	-49.65	4.09	203.40	-0.12	30.12	69.86	0.97	35.34
2450034	-24.22	-50.23	4.26	188.00	-0.20	18.95	71.88	0.98	54.03
2450036	-24.26	-50.08	4.38	335.20	-0.34	26.06	78.33	0.99	75.33
2450048	-24.03	-50.08	4.49	160.90	-0.01	21.91	54.60	0.99	116.05
D5-040	-23.00	-48.69	4.06	141.50	0.02	21.64	75.97	0.96	23.20
D7-064	-22.61	-50.18	3.78	127.70	0.04	14.32	75.70	0.99	139.97
E5-014	-23.10	-48.91	4.10	150.30	-0.12	15.63	74.94	0.98	45.53
E5-073	-23.11	-48.60	3.66	124.80	0.36	28.76	68.81	0.97	29.05
F6-003	-24.05	-49.08	3.98	132.20	0.26	20.96	78.96	0.99	67.10

fgevmax – probabilidade de um evento máximo ser igualado ou superado

pretmax – período de retorno de um evento extremos, em anos, ocorrer novamente

II - Estatísticas de valores extremos para dados pluviométricos para sub-bacia Baixo Iguaçu.

Código	Lat	Lon	Média	Máxima	Forma	Escala	Localção	fgevmax	pretmax
2551000	-25.45	-51.45	5.34	184.00	-0.17	17.04	79.11	0.99	68.12
2551008	-25.55	-51.48	5.25	232.40	-0.28	17.89	84.23	0.99	75.57
2551024	-25.65	-51.67	5.64	259.70	-0.25	20.60	80.85	0.99	100.69
2551025	-25.73	-51.52	5.28	236.80	0.00	32.27	4.69	1.00	1225.42
2551026	-25.57	-51.25	4.81	179.70	-0.02	21.18	78.09	0.99	94.71
2551027	-25.55	-51.55	5.17	198.80	-0.08	22.82	77.55	0.99	82.37
2551033	-25.25	-51.55	4.96	158.40	-0.02	19.39	79.47	0.98	51.37
2551034	-25.30	-51.43	5.03	200.50	-0.14	20.48	77.33	0.99	77.07
2551037	-25.80	-51.85	5.98	208.20	-0.07	23.76	92.44	0.99	65.56
2551047	-25.53	-51.82	5.13	231.70	-0.31	16.66	77.72	0.99	80.98
2552000	-25.45	-52.90	5.33	188.10	0.06	26.63	99.77	0.98	40.96
2552001	-25.77	-52.93	5.72	152.30	0.20	19.66	103.99	0.97	30.20
2552007	-25.40	-52.42	5.47	202.90	-0.02	22.52	101.23	0.99	76.58
2552010	-25.30	-52.53	5.44	212.50	-0.15	26.11	90.52	0.97	34.90
2552022	-25.80	-52.02	5.77	191.90	0.25	25.44	100.52	1.00	13315.25
2552023	-25.70	-52.20	5.63	189.00	-0.14	20.71	89.42	0.98	63.72
2552025	-25.55	-52.11	6.52	175.50	0.16	28.64	91.19	0.98	51.46
2552026	-25.20	-51.99	5.24	157.70	0.30	26.92	99.55	0.97	32.67
2552029	-25.85	-52.73	5.81	152.30	0.10	22.00	107.75	0.97	29.15
2552030	-25.85	-52.52	5.44	189.20	0.05	24.36	93.49	0.99	79.07
2552031	-25.82	-52.42	5.05	200.70	-0.27	18.72	86.60	0.97	38.14
2552033	-25.73	-52.50	5.42	165.00	-0.09	25.00	89.82	0.98	51.49
2552034	-25.72	-52.38	5.36	157.00	-0.08	23.68	89.59	0.98	46.93
2552036	-25.49	-52.53	5.44	169.80	0.02	24.80	92.50	0.96	25.54
2552037	-25.52	-52.40	5.48	502.60	-0.46	21.26	87.66	0.99	152.23
2552038	-25.42	-52.84	5.40	227.90	-0.07	20.79	85.24	1.00	273.22
2552039	-25.39	-52.77	5.37	196.40	-0.13	22.09	91.52	0.98	41.01
2552040	-25.38	-52.20	5.45	242.40	-0.22	27.32	95.62	0.97	35.56
2552041	-25.37	-52.12	5.57	201.00	-0.12	21.02	85.27	0.99	70.37
2552042	-25.94	-52.83	5.33	186.40	0.02	26.59	90.80	0.98	41.31
2552043	-25.93	-52.71	5.03	207.50	-0.21	24.66	90.44	0.96	27.97
2552044	-25.98	-52.57	5.49	162.70	0.01	24.64	88.30	0.98	57.61
2552045	-25.72	-52.92	5.68	150.00	-0.04	20.57	95.08	0.97	37.25
2552046	-25.39	-52.96	6.46	201.00	-0.45	18.94	90.67	0.99	96.87
2552047	-25.21	-52.65	5.30	204.50	-0.07	25.17	92.56	0.98	49.56
2553004	-25.57	-53.13	5.16	206.70	-0.17	22.92	87.83	0.98	41.88
2553005	-25.83	-53.75	5.69	225.10	-0.07	24.72	93.66	0.99	94.20
2553007	-25.78	-53.31	5.13	173.70	-0.02	21.26	93.47	0.97	37.65
2553012	-25.92	-53.48	5.61	235.00	-0.08	24.20	95.42	0.99	117.31
2553014	-25.58	-53.98	4.81	157.60	0.14	18.71	89.03	0.99	172.90
2553016	-25.17	-53.37	5.56	190.10	0.13	27.76	108.09	0.98	41.29
2553020	-25.31	-53.87	5.12	191.00	0.19	31.13	100.15	0.98	58.09
2553024	-25.48	-53.62	5.30	212.50	-0.07	24.25	91.08	0.99	76.62
2553026	-25.39	-53.39	5.59	175.60	0.38	28.59	106.87	1.00	689.51
2553028	-25.40	-53.57	5.41	170.20	0.15	25.09	96.71	0.98	46.30
2553029	-25.35	-53.55	6.09	273.70	0.03	33.30	107.62	1.00	209.53
2553030	-25.42	-53.18	5.37	179.20	0.03	22.73	93.56	0.98	52.81
2553033	-25.15	-53.62	5.21	198.50	0.01	23.94	89.79	0.99	110.01
2553035	-25.13	-53.32	5.10	169.90	-0.14	21.34	94.42	0.98	48.93
2553036	-25.95	-53.83	5.41	250.70	-0.20	21.98	98.80	0.99	80.16

fgevmax – probabilidade de um evento máximo ser igualado ou superado

pretmax – período de retorno de um evento extremos, em anos, ocorrer novamente

Código	Lat	Lon	Média	Máxima	Forma	Escala	Localização	fgevmax	pretmax
2553037	-25.95	-53.62	5.40	197.80	0.09	29.76	102.04	0.98	43.55
2553038	-25.77	-53.66	5.33	177.70	0.00	24.24	111.91	0.94	15.80
2553039	-25.67	-53.68	5.05	229.00	-0.11	23.17	93.47	0.99	88.65
2553041	-25.22	-53.05	5.40	175.50	0.05	29.33	88.55	0.96	25.57
2553044	-25.93	-53.17	5.81	289.00	-0.16	30.24	99.61	0.99	78.74
2553046	-25.89	-53.08	5.44	176.70	0.02	27.37	94.04	0.96	22.98
2553047	-25.68	-53.47	4.99	147.50	0.17	21.94	84.36	0.98	49.93
2553051	-25.54	-53.51	4.60	187.60	-0.15	20.27	81.97	0.98	48.32
2553052	-25.68	-53.02	5.25	157.70	-0.05	19.17	85.02	0.97	28.96
2554002	-25.68	-54.43	4.79	164.20	0.03	24.44	84.85	0.97	31.13
2554018	-25.41	-54.04	5.06	160.70	-0.05	20.09	85.27	0.97	32.59
2651035	-26.37	-51.87	5.56	166.00	0.09	20.18	96.95	0.98	57.55
2651043	-26.48	-51.98	5.74	154.60	0.13	21.85	96.33	0.96	27.68
2652007	-26.03	-52.63	4.45	182.70	0.28	39.57	78.78	0.99	121.91
2652009	-26.05	-52.80	5.66	177.90	-0.03	22.64	93.10	0.97	34.59
2652010	-26.48	-52.00	5.62	166.70	-0.15	19.46	82.40	0.97	29.24
2652011	-26.35	-52.57	5.52	160.80	0.04	17.54	88.79	0.99	86.49
2652012	-26.27	-52.80	5.65	426.00	-0.39	21.28	87.65	0.99	159.74
2652013	-26.23	-52.68	5.51	274.70	-0.17	24.05	91.58	0.99	136.21
2652015	-26.28	-52.30	5.46	184.00	0.02	24.39	93.27	0.98	48.17
2652022	-26.12	-52.43	5.85	176.40	0.11	31.43	108.31	0.98	56.67
2652023	-26.38	-52.00	4.91	171.00	-0.04	17.93	77.85	0.99	111.97
2652025	-26.32	-52.72	5.72	650.90	-0.59	15.48	87.76	1.00	198.91
2652032	-26.08	-52.52	5.47	400.90	-0.37	24.25	88.08	0.99	117.10
2652033	-26.23	-52.60	5.64	164.10	0.22	25.89	98.75	0.98	39.26
2653014	-26.12	-53.65	5.57	207.00	-0.14	22.92	88.81	0.98	50.69
2653015	-26.08	-53.20	5.63	202.70	0.02	28.44	97.33	0.98	47.62
2653016	-26.06	-53.36	5.68	175.70	0.03	27.25	96.57	0.98	39.57
2653017	-26.11	-53.46	5.34	172.40	-0.14	26.47	87.60	0.99	96.91
2653019	-26.23	-53.20	5.74	176.20	-0.03	23.90	95.78	0.97	30.17
2653020	-26.18	-53.38	5.70	154.80	0.26	27.04	99.25	1.00	284.57
2653021	-26.22	-53.48	6.01	172.10	-0.01	18.26	90.33	0.99	79.49
2653022	-26.38	-53.05	5.77	170.90	0.13	20.84	90.26	0.94	15.72
2653024	-26.15	-53.02	5.47	170.90	-0.03	23.02	90.43	0.97	30.25

III - Estatísticas de valores extremos para dados pluviométricos para sub-bacia Rio Ivaí.

Código	Lat	Lon	Média	Máxima	Forma	Escala	Localização	fgevmax	pretmax
2252025	-22.95	-52.80	3.94	201.90	-0.10	24.97	80.48	0.98	54.85
2253010	-22.98	-53.40	3.77	189.20	-0.11	21.25	82.34	0.98	56.82
2253011	-22.97	-53.28	3.76	170.70	-0.18	17.90	78.89	0.97	38.79
2351004	-23.70	-51.77	4.49	181.80	-0.13	22.57	84.49	0.97	31.23
2351020	-23.94	-51.59	4.81	187.70	-0.04	20.30	87.86	0.99	93.86
2351023	-23.86	-51.86	3.74	146.50	0.15	21.22	83.33	0.98	50.32
2351024	-23.82	-51.67	4.33	148.60	0.07	19.40	79.14	0.98	59.26
2351025	-23.76	-51.51	4.32	154.10	0.10	20.34	83.41	0.99	73.11
2351026	-23.76	-51.41	4.50	154.90	0.01	23.46	75.60	0.97	32.01
2351027	-23.83	-51.27	4.69	148.60	-0.08	14.85	77.03	0.98	59.04
2351028	-23.65	-51.98	4.27	181.20	-0.16	17.94	77.35	0.98	60.77
2351029	-23.61	-51.86	4.45	185.70	-0.29	14.56	74.09	0.98	55.83
2351043	-23.66	-51.60	4.45	187.80	-0.21	19.15	81.05	0.98	40.64

fgevmax – probabilidade de um evento máximo ser igualado ou superado

pretmax – período de retorno de um evento extremos, em anos, ocorrer novamente

Código	Lat	Lon	Média	Máxima	Forma	Escala	Localção	fgevmax	pretmax
2351044	-23.48	-51.91	4.29	141.60	-0.01	16.27	66.57	0.99	93.89
2351066	-23.90	-51.95	4.27	147.60	0.14	16.12	69.75	0.98	42.46
2352000	-23.32	-52.67	3.83	150.00	-0.20	16.08	70.92	0.97	30.93
2352002	-23.82	-52.18	3.95	153.00	-0.24	12.22	74.25	0.98	48.75
2352010	-23.68	-52.12	4.33	150.90	0.16	23.33	77.35	0.99	82.63
2352014	-23.85	-52.03	4.17	137.00	-0.09	15.25	68.87	0.98	42.36
2352029	-23.91	-52.34	4.34	131.90	0.16	16.09	85.20	0.98	47.97
2352030	-23.99	-52.20	4.56	145.90	-0.02	22.07	85.00	0.98	41.09
2352031	-23.80	-52.63	4.04	201.10	-0.08	22.00	75.36	0.99	116.72
2352033	-23.80	-52.33	4.66	198.30	0.04	24.18	85.67	0.99	172.46
2352034	-23.78	-52.25	4.45	195.50	-0.33	15.01	78.40	0.98	47.12
2352035	-23.67	-52.38	4.30	161.50	-0.11	18.91	84.21	0.97	29.81
2352037	-23.32	-52.30	4.24	144.60	0.03	19.76	78.08	0.97	34.11
2352038	-23.40	-52.20	4.34	203.00	0.01	24.55	76.47	1.00	206.04
2352039	-23.22	-52.35	4.08	131.10	0.03	16.58	76.37	0.97	33.07
2352042	-23.67	-52.98	3.87	154.50	-0.04	18.48	77.84	0.98	47.16
2352043	-23.57	-52.85	4.31	133.10	0.13	19.00	76.42	0.98	44.95
2352044	-23.48	-52.70	4.64	167.20	-0.21	12.80	80.83	0.99	68.27
2352045	-23.47	-52.55	4.25	142.00	0.09	19.50	85.21	0.97	29.33
2352046	-23.38	-52.93	4.12	169.80	-0.10	15.88	73.06	0.99	116.29
2352047	-23.33	-52.77	3.98	223.00	-0.18	23.16	75.03	0.99	69.36
2352048	-23.15	-52.95	4.01	142.00	-0.12	14.37	77.21	0.97	38.34
2352050	-23.02	-52.92	3.81	148.40	-0.09	17.31	78.49	0.97	32.32
2352051	-23.09	-52.79	4.09	168.20	0.11	20.97	85.61	0.99	175.81
2352052	-23.08	-52.67	3.80	125.50	0.32	20.07	85.26	0.96	25.90
2352053	-23.53	-52.38	4.23	135.50	-0.13	13.42	71.34	0.98	42.74
2352055	-23.53	-52.05	3.95	500.00	-0.53	16.00	73.17	0.99	167.55
2352060	-23.08	-52.96	3.90	147.80	0.09	20.75	79.95	0.98	49.85
2352061	-23.62	-52.20	4.42	137.10	0.21	20.72	83.13	0.98	42.26
2352063	-23.42	-52.30	4.08	443.80	-0.46	19.63	76.91	0.99	135.76
2353001	-23.01	-53.19	3.51	150.00	0.24	24.12	82.52	0.99	111.40
2353004	-23.78	-53.08	4.08	167.30	-0.07	20.86	78.53	0.98	42.72
2353010	-23.08	-53.48	3.54	111.60	-0.04	12.41	67.97	0.96	27.32
2353017	-23.44	-53.02	3.89	122.60	-0.09	14.89	67.92	0.96	23.97
2353022	-23.62	-53.37	4.13	183.50	-0.12	18.82	70.05	0.99	97.45
2353023	-23.61	-53.20	4.13	153.00	-0.03	16.23	77.57	0.97	37.58
2353027	-23.53	-53.46	4.20	145.00	0.05	16.53	80.63	0.99	74.18
2353028	-23.55	-53.32	4.04	143.60	0.03	16.57	72.48	0.99	102.36
2353029	-23.49	-53.08	4.18	221.80	-0.15	20.65	73.66	0.98	45.63
2353031	-23.38	-53.62	4.22	148.00	0.09	19.64	84.26	0.98	59.75
2353033	-23.37	-53.28	3.90	144.00	0.03	13.10	72.93	1.00	389.24
2353034	-23.32	-53.07	3.92	201.50	-0.05	17.15	75.07	0.98	53.29
2353038	-23.13	-53.28	3.72	135.90	0.04	19.03	75.42	0.97	30.20
2353041	-23.18	-53.07	3.75	128.70	-0.23	15.98	70.23	0.99	81.18
2353044	-23.19	-53.20	3.56	114.20	0.14	17.19	74.29	0.94	17.22
2450049	-24.96	-50.89	4.49	167.00	0.07	20.68	85.36	0.99	96.50
2450050	-24.67	-50.94	4.55	160.70	0.09	20.13	80.29	0.99	137.01
2450052	-24.42	-50.97	4.45	198.00	-0.09	20.74	77.80	0.99	102.90
2451002	-24.05	-51.62	4.46	126.60	0.12	15.90	84.33	0.96	24.60
2451003	-24.83	-51.15	4.73	142.90	0.26	18.51	81.47	0.99	118.32
2451006	-24.10	-51.48	4.09	143.50	0.23	19.15	81.03	1.00	428.34
2451013	-24.75	-51.77	5.03	157.30	0.03	22.77	77.82	0.98	41.56
2451014	-24.25	-51.65	4.67	164.00	-0.21	19.94	76.58	0.96	23.14

fgevmax – probabilidade de um evento máximo ser igualado ou superado

pretmax – período de retorno de um evento extremos, em anos, ocorrer novamente

Código	Lat	Lon	Média	Máxima	Forma	Escala	Locação	fgevmax	pretmax
2451015	-24.52	-51.67	5.37	181.60	-0.25	17.08	89.19	0.97	31.35
2451017	-24.35	-51.42	4.05	189.70	-0.07	21.86	72.79	0.99	90.61
2451020	-24.02	-51.95	4.51	132.30	0.02	18.35	76.50	0.96	23.13
2451022	-24.25	-51.53	4.75	156.60	0.12	23.69	85.09	0.98	41.68
2451023	-24.18	-51.43	4.97	157.20	0.11	21.46	75.50	0.93	14.99
2451026	-24.62	-51.83	5.00	147.80	0.13	22.71	88.07	0.96	25.99
2451027	-24.91	-51.66	4.80	256.30	-0.27	21.14	76.32	0.99	85.37
2451028	-24.93	-51.63	5.03	129.40	0.24	20.90	79.25	0.97	35.79
2451029	-24.92	-51.37	4.76	136.80	-0.13	15.05	75.97	0.96	26.34
2451032	-24.76	-51.62	4.83	214.70	0.10	31.81	100.67	0.99	80.42
2451034	-24.83	-51.28	4.40	153.70	0.02	17.24	82.39	0.99	76.31
2451035	-24.86	-51.01	4.72	153.60	0.08	19.22	80.09	0.98	48.87
2451036	-24.64	-51.76	5.25	146.10	-0.01	15.84	81.52	0.98	54.49
2451038	-24.62	-51.27	4.58	154.60	0.01	18.66	72.85	0.99	90.27
2451039	-24.68	-51.03	5.02	177.00	-0.25	15.48	80.98	0.98	46.06
2451043	-24.57	-51.15	4.73	132.20	0.13	17.03	81.61	0.98	42.57
2451044	-24.42	-51.93	4.58	146.00	0.12	22.76	83.09	0.97	28.91
2451045	-24.35	-51.69	4.69	155.30	0.09	21.10	83.07	0.98	43.25
2451047	-24.32	-51.30	4.54	250.00	-0.24	22.47	75.16	0.99	81.53
2451049	-24.11	-51.73	4.40	121.90	0.12	19.64	75.31	0.96	25.40
2451051	-24.57	-51.33	4.48	178.50	-0.03	21.80	75.40	0.99	87.87
2452007	-24.05	-52.37	4.48	130.00	0.01	16.56	76.72	0.99	180.46
2452008	-24.42	-52.10	4.77	200.70	-0.18	18.55	80.92	0.99	72.78
2452041	-24.50	-52.24	5.28	159.50	0.16	14.80	87.02	1.00	3529.07
2452042	-24.50	-52.05	4.91	134.40	0.35	23.53	88.50	0.98	62.78
2452044	-24.42	-52.20	5.08	140.00	0.20	17.54	86.90	0.99	98.58
2452045	-24.24	-52.40	5.08	178.70	0.09	23.02	96.33	0.99	71.48
2452046	-24.28	-52.27	5.01	180.20	-0.07	22.25	90.46	0.98	52.76
2452047	-24.29	-52.08	4.54	120.00	-0.01	13.19	70.92	1.00	358.13
2550000	-25.20	-50.93	4.81	251.30	-0.21	23.59	82.97	0.99	81.03
2550006	-25.02	-50.85	4.35	300.00	-0.40	16.93	75.34	0.99	97.92
2550053	-25.47	-50.98	4.95	188.70	-0.18	21.89	83.95	0.98	48.37
2550055	-25.15	-50.98	4.57	175.20	-0.20	16.10	77.34	0.98	52.45
2550056	-25.02	-50.85	5.07	151.30	-0.09	15.68	79.37	0.98	47.68
2550057	-25.20	-50.80	3.72	145.20	-0.01	18.53	62.79	0.99	76.27
2551035	-25.27	-51.25	5.12	185.10	-0.08	22.93	83.22	0.98	46.55
2551038	-25.38	-51.08	4.62	135.90	-0.08	15.44	74.71	0.97	32.54
2551039	-25.28	-51.10	5.03	139.40	-0.12	14.74	79.17	0.97	28.79
2551040	-25.04	-51.54	4.75	137.90	-0.02	17.83	59.35	0.99	67.50
2551043	-25.15	-51.07	4.63	164.90	-0.02	18.47	76.37	0.99	95.13

IV - Estatísticas de valores extremos para dados pluviométricos para sub-bacia Rio Mogi Guaçu.

Código	Lat	Lon	Média	Máxima	Forma	Escala	Locação	fgevmax	pretmax
2047025	-20.73	-47.88	4.22	120.50	0.19	15.49	75.06	0.99	71.46
2047027	-20.80	-47.77	4.27	154.00	-0.23	15.80	71.67	0.97	31.65
2047032	-21.00	-47.66	4.27	140.50	-0.09	16.79	77.30	0.97	38.27
2048011	-20.45	-48.45	3.63	136.50	-0.16	15.22	64.11	0.98	53.97
2048019	-20.68	-48.42	3.68	160.60	-0.31	11.54	68.32	0.98	57.37
2048020	-20.78	-48.33	3.84	118.30	0.16	14.61	77.72	0.98	40.64
2048021	-20.73	-48.55	3.83	137.40	0.00	13.90	80.10	0.98	63.65

fgevmax – probabilidade de um evento máximo ser igualado ou superado

pretmax – período de retorno de um evento extremos, em anos, ocorrer novamente

2048023	-20.73	-48.05	3.89	121.90	0.26	18.29	74.58	0.99	75.33
2048027	-20.82	-48.48	3.75	112.00	0.27	16.68	74.35	0.97	32.17
2048033	-21.00	-48.02	4.63	207.20	-0.27	16.54	81.04	0.98	62.63
2048065	-20.98	-48.33	3.57	183.20	-0.09	18.43	65.71	0.99	151.01
2048077	-20.25	-48.65	3.74	136.40	0.10	18.00	80.80	0.98	39.69
2048087	-20.58	-48.37	3.52	162.70	0.05	17.70	74.37	0.99	89.19
2048089	-20.62	-48.00	3.94	135.40	0.25	20.79	76.38	0.99	130.45
2048090	-20.62	-48.47	3.93	153.00	-0.11	13.88	66.37	0.99	116.65
2048091	-20.33	-48.59	3.97	133.30	0.01	19.76	70.98	0.97	38.83
2048092	-20.44	-48.74	3.79	135.70	0.06	16.65	71.35	0.99	81.70
2048094	-20.46	-48.14	3.91	144.20	0.13	23.73	78.52	0.97	30.92
2048101	-20.92	-48.08	3.44	120.80	0.09	13.95	71.96	0.98	64.25
2146001	-21.42	-46.96	4.04	165.00	0.13	23.53	71.18	1.00	249.42
2146002	-21.47	-46.75	4.15	111.30	-0.04	12.52	65.54	0.97	31.03
2146007	-21.53	-46.63	4.23	113.20	0.07	14.08	67.65	0.97	39.18
2146010	-21.70	-46.82	4.44	159.10	-0.21	14.75	68.09	0.98	53.39
2146011	-21.83	-46.90	3.77	144.70	-0.03	15.83	59.72	0.99	149.23
2146013	-21.99	-46.80	4.16	97.20	0.15	11.70	67.88	0.96	24.18
2146014	-21.95	-46.80	4.22	221.00	-0.25	12.96	67.27	1.00	248.90
2146081	-21.31	-46.87	4.16	128.80	-0.05	12.46	66.35	0.99	92.49
2147001	-21.02	-47.40	4.42	196.60	-0.09	17.87	73.90	1.00	205.15
2147004	-21.10	-47.75	4.07	126.30	0.02	19.06	74.88	0.97	37.64
2147006	-21.22	-47.87	4.25	188.00	0.02	31.57	83.55	0.97	30.45
2147007	-21.22	-47.60	4.24	172.90	-0.13	18.41	72.12	0.98	62.31
2147011	-21.32	-47.48	3.99	135.60	0.14	20.93	70.31	0.98	61.64
2147012	-21.33	-47.78	4.14	144.70	-0.04	14.41	73.07	0.99	97.47
2147013	-21.30	-47.93	3.97	353.00	-0.29	23.84	68.64	0.99	176.80
2147014	-21.37	-47.72	4.07	177.00	-0.19	14.06	70.90	0.99	105.34
2147016	-21.45	-47.90	3.72	132.50	-0.13	14.72	67.69	0.97	33.21
2147019	-21.43	-47.58	4.24	168.50	-0.17	14.27	71.60	0.99	93.73
2147022	-21.52	-47.36	4.01	116.00	0.21	19.34	74.87	0.98	62.97
2147027	-21.58	-47.70	4.00	215.70	-0.05	25.02	79.78	0.99	128.62
2147031	-21.78	-47.78	4.03	135.20	0.15	21.32	77.40	0.97	32.12
2147034	-21.85	-47.48	3.92	132.40	0.19	18.34	74.39	0.99	121.62
2147035	-21.85	-47.30	4.00	224.60	-0.22	19.89	67.96	0.99	94.60
2147043	-21.97	-47.70	4.28	186.20	-0.33	11.01	70.49	0.99	93.73
2147058	-21.75	-47.05	3.79	144.00	-0.05	17.19	67.73	0.98	56.06
2147059	-21.87	-47.80	4.03	164.40	-0.07	18.05	71.33	0.99	80.57
2147068	-21.55	-47.38	4.22	141.30	-0.04	24.15	77.91	0.98	50.25
2147069	-21.28	-47.17	4.30	160.00	-0.13	21.88	50.71	0.98	62.26
2147071	-21.22	-47.30	4.51	202.30	-0.21	20.79	78.51	0.98	48.47
2147073	-21.93	-47.13	4.16	396.80	-0.56	10.10	73.54	1.00	187.41
2147077	-21.08	-47.65	5.68	328.50	-0.30	20.59	86.26	0.99	151.59
2147092	-21.02	-47.77	4.24	190.30	-0.10	20.60	72.71	0.99	95.81
2147113	-21.90	-47.03	4.00	119.50	-0.05	11.96	68.36	0.98	48.47
2147117	-22.00	-47.42	3.90	130.00	0.15	19.49	75.85	0.97	36.14
2147123	-21.43	-47.33	3.91	123.20	-0.11	14.04	69.37	0.98	59.08
2147154	-21.70	-47.47	4.16	170.40	-0.14	17.37	70.61	0.99	67.62
2147165	-21.64	-47.09	4.09	274.10	-0.40	20.58	67.79	0.98	57.97
2148001	-21.05	-48.27	3.84	133.00	-0.04	16.51	70.69	0.98	52.13
2148007	-21.18	-48.12	4.14	182.30	0.01	24.56	72.86	0.99	97.75
2148016	-21.27	-48.50	3.90	238.40	-0.22	25.06	75.12	0.98	56.40
2148020	-21.37	-48.07	3.86	122.60	0.13	18.65	69.32	0.97	35.27
2148021	-21.35	-48.20	3.84	145.60	0.15	21.30	82.72	0.98	48.34

fgevmax – probabilidade de um evento máximo ser igualado ou superado

pretmax – período de retorno de um evento extremos, em anos, ocorrer novamente

Código	Lat	Lon	Média	Máxima	Forma	Escala	Locação	fgevmax	pretmax
2148034	-21.67	-48.05	4.40	150.00	-0.07	15.88	71.60	0.99	72.08
2148050	-21.05	-48.16	3.78	127.00	0.05	18.10	75.94	0.99	66.21
2148051	-21.01	-48.22	4.10	157.00	-0.03	20.89	77.97	0.97	35.83
2148078	-21.68	-48.08	3.94	156.60	-0.25	12.00	67.93	0.99	65.63
2148079	-21.67	-48.23	4.10	126.50	0.00	15.64	-3.61	1.00	3863.05
2148122	-21.12	-48.42	3.81	134.60	-0.01	19.51	63.45	0.97	36.30
2148123	-21.10	-48.07	4.04	162.00	0.02	21.81	77.27	0.98	57.88
2148160	-21.33	-48.32	3.83	127.60	0.07	18.46	75.96	0.96	22.88
2246003	-22.06	-46.97	3.70	203.00	-0.24	14.51	66.40	0.99	134.30
2246009	-22.37	-46.93	3.81	156.10	0.10	22.40	66.98	0.99	161.42
2246013	-22.45	-46.82	3.98	127.50	-0.07	19.19	70.90	0.97	30.33
2246016	-22.52	-46.65	4.34	177.90	-0.31	14.27	72.85	0.98	45.90
2246017	-22.60	-46.53	4.27	230.00	-0.54	13.63	67.14	0.99	120.40
2246019	-22.60	-46.70	4.30	226.40	-0.03	27.36	65.31	1.00	229.83
2246047	-22.02	-46.30	4.28	131.50	-0.18	12.07	59.42	0.98	57.07
2246052	-22.29	-46.62	4.51	313.00	-0.46	14.91	65.11	0.99	112.68
2246056	-22.32	-46.33	3.95	126.00	0.16	16.17	64.05	1.00	332.53
2246085	-22.15	-46.72	4.68	130.00	0.00	14.05	78.99	0.97	38.62
2246104	-22.43	-46.97	4.21	168.30	-0.15	18.03	74.16	0.98	47.02
2246115	-22.33	-46.98	4.13	164.60	-0.01	19.29	51.92	1.00	315.81
2246131	-22.11	-46.89	3.93	132.60	-0.11	16.07	71.72	0.96	24.66
2247005	-22.17	-47.28	3.78	138.90	0.02	20.48	70.26	0.97	32.91
2247011	-22.25	-47.38	4.06	247.90	-0.18	17.54	71.30	1.00	302.09
2247054	-22.30	-47.13	3.69	171.20	-0.20	17.10	61.54	0.98	62.28
B5-050	-20.62	-48.00	3.94	135.40	0.25	20.79	76.38	0.99	130.45
C3-031	-21.95	-46.81	4.22	221.00	-0.25	12.96	67.27	1.00	248.90
C4-001	-21.38	-47.30	4.68	127.00	0.04	17.86	73.48	0.98	59.65
C4-019	-22.00	-47.68	4.03	135.20	0.15	21.32	77.40	0.97	32.12
C4-107	-21.71	-47.47	4.16	170.40	-0.14	17.37	70.61	0.99	67.62
C5-028	-21.25	-48.47	3.83	127.60	0.07	18.46	75.96	0.96	22.88
D3-030	-22.60	-46.52	4.27	230.00	-0.54	13.63	67.14	0.99	120.40

V - Estatísticas de valores extremos para dados pluviométricos para sub-bacia Rio dos Bois.

Código	Lat	Lon	Média	Máxima	Forma	Escala	Locação	fgevmax	pretmax
1649001	-16.91	-49.45	4.30	155.50	-0.03	15.74	72.82	0.99	130.59
1649010	-16.80	-49.93	3.51	142.50	0.21	28.71	64.71	0.98	53.83
1649012	-16.66	-49.49	3.76	467.70	0.10	20.96	78.81	0.99	126.22
1650003	-16.61	-50.13	4.05	150.10	0.00	22.22	28.21	1.00	229.08
1749000	-17.34	-49.93	3.58	157.00	-0.12	16.24	70.41	0.98	63.05
1749001	-17.11	-49.69	4.17	202.10	-0.18	17.08	72.64	0.99	121.42
1749002	-17.81	-49.62	4.22	150.60	0.06	23.81	79.04	0.96	27.40
1750000	-17.73	-50.18	4.04	140.00	0.39	27.21	86.40	0.98	43.41
1750001	-17.08	-50.29	3.53	128.30	0.27	28.44	73.68	0.96	22.31
1750004	-17.33	-50.68	3.80	208.30	0.04	23.22	77.99	1.00	621.45
1750008	-17.47	-50.77	3.87	150.00	0.02	21.52	70.57	0.98	46.28
1750013	-16.95	-50.45	4.07	140.70	0.28	29.82	76.89	0.96	26.21
1751004	-17.33	-51.26	4.01	130.40	0.09	20.47	75.34	0.97	37.66
1850001	-18.11	-50.03	4.03	145.20	-0.09	15.42	72.89	0.98	49.10

fgevmax – probabilidade de um evento máximo ser igualado ou superado

pretmax – período de retorno de um evento extremos, em anos, ocorrer novamente

VI - Estatísticas de valores extremos para dados pluviométricos para sub-bacia Rio Tibagi.

Código	Lat	Lon	Média	Máxima	Forma	Escala	Localção	fgevmax	pretmax
2251039	-22.85	-51.03	3.67	226.00	-0.31	18.02	70.02	0.99	69.64
2350006	-23.50	-50.65	3.80	130.40	0.21	17.80	76.47	0.99	131.61
2350021	-23.35	-50.63	4.04	190.70	-0.07	24.33	77.14	0.98	57.41
2350023	-23.21	-50.80	3.81	206.30	-0.13	20.56	72.47	0.99	109.95
2350032	-23.39	-50.92	4.45	179.10	-0.11	21.36	76.82	0.98	48.54
2350037	-23.78	-50.81	4.68	220.00	-0.23	18.87	72.70	0.99	89.43
2350061	-23.90	-50.57	4.28	172.20	-0.04	25.30	78.26	0.97	32.75
2351003	-23.30	-51.15	4.29	200.50	-0.22	20.01	78.33	0.98	49.52
2351035	-23.52	-51.23	4.45	301.20	-0.40	16.30	78.30	0.99	105.17
2351037	-23.65	-51.35	4.31	171.10	-0.22	16.83	83.46	0.97	32.44
2351040	-23.75	-51.03	4.51	140.40	-0.04	20.47	75.12	0.95	20.32
2351041	-23.98	-51.08	5.00	170.70	0.04	20.56	79.39	0.99	135.53
2449011	-24.53	-49.93	4.26	150.80	0.00	15.65	51.91	1.00	509.17
2449026	-24.94	-49.82	3.88	200.20	-0.15	23.67	62.59	0.99	64.60
2449030	-24.63	-49.68	4.06	146.70	-0.14	17.81	65.17	0.99	77.40
2450002	-24.51	-50.40	4.34	163.60	-0.14	15.31	73.39	0.99	72.38
2450008	-24.21	-50.92	4.30	123.80	-0.04	16.28	70.52	0.99	78.10
2450013	-24.77	-50.07	3.97	141.50	-0.04	17.07	75.83	0.96	26.56
2450021	-24.98	-50.27	4.09	281.90	-0.43	13.81	72.46	0.99	109.06
2450024	-24.95	-50.00	4.25	158.20	-0.09	20.43	73.01	0.97	35.98
2450025	-24.68	-50.30	3.97	300.40	-0.25	20.83	71.53	1.00	194.84
2450026	-24.63	-50.13	4.37	147.80	-0.05	15.54	77.43	0.98	59.05
2450031	-24.37	-50.10	4.54	117.70	0.04	14.97	69.76	0.97	30.77
2450040	-24.49	-50.82	5.94	160.60	-0.13	18.50	60.92	0.98	60.00
2450054	-24.87	-50.65	3.66	179.00	0.18	22.44	74.79	0.98	47.06
2450062	-24.02	-50.70	3.91	224.40	-0.23	20.53	73.56	0.99	74.91
2549065	-25.43	-49.82	4.28	109.90	0.45	20.95	72.77	0.97	34.77
2550003	-25.13	-50.15	4.33	204.20	-0.26	17.26	73.44	0.99	68.34
2550015	-25.32	-50.00	3.80	777.20	-0.60	20.88	69.15	0.99	161.54
2550016	-25.07	-50.38	4.14	173.00	-0.23	14.47	69.15	0.99	71.38
2550041	-25.48	-50.30	5.12	160.60	-0.07	16.22	78.38	0.99	77.61
2550042	-25.50	-50.08	4.29	153.00	-0.11	12.56	69.89	0.99	75.75
2550043	-25.33	-50.77	4.53	150.20	0.03	16.68	76.45	0.98	41.52
2550045	-25.37	-50.47	4.36	165.40	0.04	20.23	81.34	0.98	56.00
2550048	-25.24	-50.60	4.37	163.50	-0.14	15.41	75.40	0.99	73.78
2550052	-25.03	-50.78	4.29	172.30	-0.18	17.01	80.02	0.98	45.87

fgevmax – probabilidade de um evento máximo ser igualado ou superado

pretmax – período de retorno de um evento extremos, em anos, ocorrer novamente

B - GEV VAZÃO

VII - Estatísticas de valores extremos para dados fluviométricos para sub-bacia Alto Paranapanema.

Código	Lat	Lon	Média	Máxima	Forma	Escala	Localização	fgevmax	pretmax
00000002	-23.21	-49.23	262.87	2294	-0.18	316.86	828.3	0.97	34.06
00000013	-22.90	-50.50	569.29	5927	-0.24	679.93	1858.45	0.98	41.17
00000014	-22.94	-50.25	546.96	5809	-0.25	663.45	1820.95	0.98	40.49
00000018	-23.13	-49.73	399.32	5048	-0.25	542.44	1493.09	0.98	47.95
00000039	-22.90	-50.00	536.39	5859	-0.25	668.59	1818.67	0.98	40.36
00000045	-23.07	-49.84	403.66	5053	-0.26	545.12	1484.79	0.98	47.19
00000048	-23.15	-49.38	269.04	2280	-0.21	297.54	810.99	0.97	37.34
5E-013	-23.47	-48.42	7.67	178.5	0.35	45.11	100.13	0.93	15.29
5E-014	-23.97	-48.28	9.71	68.5	0.33	13.53	43.92	0.98	61.58
5E-015	-23.96	-48.99	6.83	25.5	0.3	3.08	17.43	0.99	176.88
64065000	-23.63	-48.11	20.81	285.6	-0.38	30.81	58.45	0.97	33.89
64231000	-24.03	-49.47	27.79	1095	-0.46	72.31	135.3	0.99	72.04
64315000	-22.88	-49.24	44.32	358.1	-0.05	60.71	148.13	0.98	57.28
64327000	-22.75	-49.73	10.35	102.8	0.07	22.26	47.57	0.96	26.19
64345000	-22.80	-50.30	13.45	75.2	0.1	11.87	37.92	0.98	45.62
64370000	-23.08	-50.28	77.02	1718	0.02	309.11	761.44	0.96	25.92
64380000	-23.85	-50.39	29.2	746	0.22	196.71	355.29	0.93	14.11
7D-006	-22.82	-50.31	13.45	75.2	0.1	11.87	37.92	0.98	45.62

VIII - Estatísticas de valores extremos para dados fluviométricos para sub-bacia Baixo Iguazu

Código	Lat	Lon	Média	Máxima	Forma	Escala	Localização	fgevmax	pretmax
00000027	-25.70	-52.00	118.98	2971	-0.38	229.03	628.58	0.98	64.53
00000052	-25.54	-53.50	1556.86	19719	-0.2	2346.69	6474.51	0.99	109.56
00000053	-25.54	-53.01	1214.94	15713	-0.18	1815.27	4562.47	0.99	90.23
00000059	-25.63	-52.61	1161.18	14199	-0.17	1733.59	4369	0.99	108.8
00000060	-25.65	-51.96	113.09	2368	-0.33	229.63	618.04	0.98	66.3
65809000	-25.40	-51.44	9.18	364	-0.15	54.78	99.06	0.97	37.96
65855000	-25.48	-52.22	41	6985	-0.72	122.78	304.33	0.99	169.05
65925000	-26.28	-52.30	58.61	988.5	0.29	225.85	477.33	0.97	39.75
65945000	-26.05	-52.80	15.2	367.7	-0.26	56.22	91.62	0.98	57.62
65948000	-26.15	-53.02	86.81	2730.7	-0.47	339.05	228.1	0.96	24.37

IX - Estatísticas de valores extremos para dados fluviométricos para sub-bacia Rio Ivaí

Código	Lat	Lon	Média	Máxima	Forma	Escala	Localização	fgevmax	pretmax
64619950	-25.23	-50.95	28.56	729.4	0.04	113.43	228.63	0.99	134.85
64620000	-25.21	-50.94	18.65	573	0.07	139.2	119.3	0.98	41.49
64652000	-24.10	-51.48	54.34	1545	-0.02	233.71	692.45	0.98	58.57
64655000	-24.04	-51.62	287.98	4393	0.3	1050.64	2585.49	0.99	106.07
64659000	-24.02	-51.95	76.81	7204	-0.6	306.88	930.43	0.99	74.71
64673000	-23.83	-52.18	33.91	375	-0.21	67.92	147.41	0.99	77.62
64682000	-23.43	-52.62	15.39	95.1	-0.02	15	39.87	0.97	34.85
64693000	-23.20	-53.30	679.71	4968	0.25	662.22	3179.24	0.99	84.43

fgevmax – probabilidade de um evento máximo ser igualado ou superado

pretmax – período de retorno de um evento extremos, em anos, ocorrer novamente

X - Estatísticas de valores extremos para dados fluviométricos para sub-bacia Rio Mogi Guaçu

Código	Lat	Lon	Média	Máxima	Forma	Escala	Localização	fgevmax	pretmax
00000004	-21.63	-47.01	83.69	724	0	108.97	42.25	1	490.05
00000005	-21.77	-46.61	562.77	3125	0.24	567.84	1889.24	0.96	22.55
00000010	-21.60	-46.60	52.67	411	0.1	77.48	219.56	0.99	78.11
00000022	-21.60	-46.95	82.42	714	-0.01	110.32	276.6	0.98	53.88
5B-001	-20.45	-48.45	484.41	1934.5	0.14	263.17	1261.54	0.99	111.89
5B-011	-20.91	-48.09	202.38	1611.9	0.03	230.49	715.09	0.98	62.96
5C-024	-21.29	-48.26	5.04	110.2	-0.3	11.59	24.15	0.98	51.44
61834000	-21.10	-47.76	176.92	1499.5	-0.06	204.57	569.42	0.98	56.01
61895000	-21.98	-46.81	12.28	173.6	-0.11	20.98	63.24	0.99	80.04
61910000	-21.70	-47.81	177.31	873.5	0.4	121.17	618.79	0.99	93.38

XI - Estatísticas de valores extremos para dados fluviométricos para sub-bacia Rio dos Bois

Código	Lat	Lon	Média	Máxima	Forma	Escala	Localização	fgevmax	pretmax
60715000	-17.11	-49.69	52.98	344.4	0.04	52	193.72	0.98	43.48
60750000	-17.08	-50.29	30.45	328.8	-0.08	53.26	112.4	0.99	74.84
60765000	-17.73	-50.18	86.5	408	0.21	67.73	270.48	0.96	24.04
60772000	-17.98	-50.25	185.68	918.1	0.11	152.8	544.45	1	222.64
60774000	-17.33	-51.26	21.32	370	-0.38	25.21	76.38	0.99	85.94
60798000	-17.97	-50.34	214.54	1115.1	0.08	205.34	598.73	0.98	47.13
60810000	-18.10	-50.03	21.41	410.9	-0.2	45.57	77.55	0.99	90.43

XII - Estatísticas de valores extremos para dados fluviométricos para sub-bacia Rio Tibagi

Código	Lat	Lon	Média	Máxima	Forma	Escala	Localização	fgevmax	pretmax
00000042	-24.01	-50.70	313.58	2991	0.1	591.73	1323.53	0.98	49.17
64442800	-25.20	-50.52	26.25	164	0.3	26.24	94.35	1	208.74
64447000	-24.97	-50.39	120.04	881	0.01	190.93	360.15	0.97	33.36
64453000	-24.83	-50.28	25.44	187.1	0.1	41.48	84.17	0.95	18.22
64465000	-24.53	-50.41	184.07	1424	0.11	313.24	654.05	0.94	17.97
64477600	-24.75	-50.09	35.31	472	0.07	102.15	172.32	0.96	26.84
64501000	-23.65	-50.88	442.7	6728	0.03	1273.25	2063.61	0.98	50.54
64507000	-23.25	-50.98	480.32	7334.7	0.13	1472.4	2530.94	0.99	70.88

fgevmax – probabilidade de um evento máximo ser igualado ou superado

pretmax – período de retorno de um evento extremos, em anos, ocorrer novamente

C - TENDÊNCIAS PRECIPITAÇÃO
XIII - Sub-bacia Alto Paranapanema

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	Max	alfa	beta
2248030	PN	5.19	0.06	0.71	66.90	131.30	3.81	0.05
2248032	NN	6.55	-0.25	0.10	59.76	141.50	4.18	-0.09
2248051	NN	1.03	-0.06	0.68	65.01	143.80	3.93	0.05
2249011	NS	0.70	-0.28	0.04	64.44	246.50	4.86	-0.52
2249022	NN	0.57	-0.04	0.75	66.72	133.00	3.67	-0.02
2249023	NN	0.13	-0.07	0.59	63.71	160.00	3.70	-0.06
2249024	PN	0.72	0.11	0.53	62.35	109.00	3.44	0.23
2249025	PN	0.00	0.06	0.63	68.78	208.00	3.31	0.09
2249028	NN	0.00	-0.05	0.73	75.56	167.40	3.64	0.02
2249029	NN	0.82	-0.09	0.57	64.17	170.60	3.72	0.12
2249032	NN	1.35	-0.17	0.23	72.44	230.70	3.82	0.08
2249034	NN	0.57	-0.03	0.81	68.36	211.40	3.91	0.11
2249058	PN	0.71	0.04	0.79	70.97	196.20	3.83	0.11
2249060	NN	0.12	-0.10	0.43	67.85	138.40	3.65	0.05
2249065	NN	0.47	-0.21	0.13	65.14	155.30	3.47	0.12
2249071	PN	0.19	0.15	0.24	70.78	172.30	3.36	0.32
2249086	NN	0.04	-0.20	0.14	72.67	162.70	4.08	-0.03
2249103	NN	2.89	-0.02	0.91	55.46	116.90	3.88	-0.03
2249105	NN	7.72	-0.08	0.60	71.10	187.00	3.82	0.05
2249107	NS	5.67	-0.30	0.03	61.54	156.20	3.99	-0.01
2250017	NN	1.04	-0.13	0.38	68.72	127.70	3.76	0.02
2250023	PN	0.01	0.02	0.89	61.35	232.00	3.95	0.04
2250024	NN	4.56	-0.23	0.14	64.19	135.00	3.78	-0.11
2250028	NN	1.66	-0.12	0.37	76.21	202.50	3.61	-0.02
2250030	NN	1.51	-0.01	0.95	64.82	226.10	3.42	0.08
2250031	PN	2.71	0.09	0.50	76.25	197.20	3.53	0.30
2250032	NN	1.11	-0.12	0.37	83.10	231.00	3.67	-0.04
2250033	NN	1.11	-0.09	0.50	59.78	216.50	3.75	0.04
2250035	NN	1.41	-0.01	0.95	71.39	220.00	3.95	-0.01
2250037	NN	7.89	-0.01	0.96	77.80	191.00	3.74	-0.04
2250086	NN	0.35	-0.12	0.36	59.03	212.40	4.00	-0.07
2347049	NN	0.00	-0.19	0.13	41.28	151.40	3.80	-0.06
2347050	NN	2.30	-0.29	0.07	36.80	330.70	3.88	-0.30
2347149	NN	0.05	-0.16	0.21	63.52	285.00	3.78	-0.11
2348008	NN	0.10	-0.14	0.32	64.91	150.30	4.22	-0.08
2348014	NN	7.34	-0.26	0.06	50.65	203.60	3.82	-0.13
2348017	NN	0.57	-0.17	0.20	63.00	193.60	3.75	-0.03
2348026	PN	3.61	0.06	0.65	48.80	165.00	3.69	0.14
2348028	NN	0.00	-0.17	0.20	56.82	246.50	3.78	-0.06
2348031	NN	4.20	-0.24	0.10	81.40	116.50	3.66	-0.08
2348033	NN	2.35	-0.13	0.39	64.36	131.70	3.77	-0.01
2348037	PN	2.79	0.02	0.93	56.06	409.40	3.44	0.13
2348073	NN	2.24	-0.10	0.57	67.00	156.80	4.06	-0.27
2348078	NN	0.95	-0.05	0.76	46.89	124.80	3.50	0.12
2348088	PN	1.48	0.09	0.51	57.45	220.00	3.77	0.09

PN – Positiva não significativa; NN – Negativa não significativa; PS- Positiva significativa; NS – Negativa não significativa; tau e pvalue são valores advindos do teste de Mann-Kendall; alfa é uma constante, que representa a interceptação da reta com o eixo vertical; beta é outra constante, que representa o declive(coeficiente angular)da reta.

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	Max	alfa	beta
2349002	NN	0.32	-0.05	0.74	64.46	230.00	4.04	-0.02
2349003	NN	0.00	-0.05	0.68	68.98	192.00	4.33	-0.01
2349004	PN	0.00	0.05	0.71	72.57	190.00	3.94	0.07
2349005	NN	0.69	-0.06	0.65	65.81	185.00	4.52	-0.26
2349011	NN	0.28	-0.07	0.62	60.76	123.60	3.97	0.07
2349016	PN	0.35	0.20	0.19	72.56	190.00	3.52	0.33
2349017	PN	3.36	0.07	0.62	60.95	170.90	3.66	0.25
2349020	NN	0.11	-0.16	0.22	59.57	118.20	3.87	-0.04
2349023	NN	0.21	-0.02	0.90	71.30	118.50	3.46	0.18
2349030	NN	0.82	-0.10	0.49	54.04	151.00	3.84	0.00
2349033	NN	0.13	-0.13	0.34	58.03	163.00	3.93	0.09
2349036	NS	2.15	-0.35	0.01	81.58	192.60	3.95	-0.07
2349059	NN	1.11	-0.11	0.39	80.06	167.20	3.91	0.01
2349060	NN	1.12	-0.08	0.57	70.27	139.50	3.85	-0.05
2349061	NN	1.11	-0.02	0.89	68.34	119.70	3.64	0.10
2349064	NN	1.11	-0.19	0.14	61.91	171.70	3.38	0.00
2350002	NN	0.62	-0.12	0.37	68.94	241.10	3.69	0.06
2350011	NN	1.13	-0.10	0.44	71.43	132.00	3.89	0.06
2350012	NN	1.67	-0.08	0.56	56.90	179.00	4.03	-0.03
2350026	NN	1.53	-0.03	0.83	74.39	210.20	3.61	0.07
2350029	PN	3.50	0.15	0.29	73.44	196.20	3.55	0.14
2350033	NN	1.11	-0.02	0.91	70.27	229.80	3.73	0.01
2350041	NN	1.94	-0.04	0.78	61.53	190.00	4.00	0.10
2350042	NN	2.78	-0.16	0.24	70.37	209.00	3.93	-0.16
2350043	NN	1.11	-0.13	0.34	73.67	187.80	3.94	0.00
2350046	NN	1.11	-0.16	0.23	62.17	211.50	4.10	-0.05
2350048	PN	1.68	0.15	0.24	77.15	201.40	3.60	0.43
2350049	PN	1.89	0.08	0.54	81.88	187.50	3.33	0.08
2350052	NN	1.11	-0.07	0.59	71.78	147.00	3.90	-0.05
2350053	NN	1.11	-0.22	0.09	72.73	124.30	3.89	-0.17
2350054	NS	1.11	-0.30	0.02	62.28	152.40	4.07	-0.14
2350062	NN	0.00	-0.06	0.66	64.04	155.50	3.85	0.03
2350063	NN	2.69	-0.04	0.80	59.08	222.70	3.79	0.09
2448008	NN	1.26	-0.13	0.46	52.18	155.00	3.70	0.09
2449001	PN	0.00	0.11	0.40	57.13	132.20	3.65	0.23
2449019	NS	1.79	-0.39	0.01	80.85	144.50	5.27	-0.70
2449032	PN	1.11	0.08	0.56	57.20	157.60	3.79	0.08
2449036	NN	1.11	-0.20	0.12	72.90	160.80	3.91	-0.05
2449040	NN	1.66	-0.13	0.35	67.24	219.00	4.16	0.03
2449044	PN	1.40	0.13	0.32	74.98	181.20	3.68	0.21
2449045	NN	2.23	-0.20	0.16	71.99	203.40	3.94	0.11
2450034	NN	1.38	-0.23	0.09	59.07	188.00	4.47	-0.15
2450036	NN	3.60	-0.19	0.17	69.98	335.20	4.72	-0.24
2450048	NN	2.77	-0.01	0.94	85.11	160.90	5.53	-0.74
D5-040	NN	6.55	-0.25	0.10	59.76	141.50	4.18	-0.09
D7-064	NN	1.04	-0.13	0.38	68.72	127.70	3.76	0.02
E5-014	NN	0.10	-0.14	0.32	64.91	150.30	4.22	-0.08
E5-073	NN	0.95	-0.05	0.76	46.89	124.80	3.50	0.12
F6-003	PN	0.00	0.11	0.40	57.13	132.20	3.65	0.23

PN – Positiva não significativa; NN – Negativa não significativa; PS- Positiva significativa; NS – Negativa não significativa; tau e pvalue são valores advindos do teste de Mann-Kendall; alfa é uma constante, que representa a interceptação da reta com o eixo vertical; beta é outra constante, que representa o declive(coeficiente angular)da reta.

XIV - Sub-bacia Baixo Iguaçu

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	Max	alfa	beta
2551000	PN	2.76	0.23	0.10	71.72	184.00	4.74	0.424
2551008	NN	3.64	-0.03	0.83	69.14	232.40	5.14	0.078
2551024	PN	0.00	0.17	0.18	66.53	259.70	5.01	0.436
2551025	PN	7.18	0.06	0.71	74.07	236.80	4.40	0.658
2551026	NN	1.94	-0.06	0.65	66.40	179.70	4.57	0.174
2551027	PN	5.08	0.01	0.98	77.51	198.80	4.95	0.160
2551033	PN	2.23	0.01	0.95	73.77	158.40	4.81	0.103
2551034	NN	2.24	-0.14	0.32	74.61	200.50	4.94	0.063
2551037	NN	3.05	-0.16	0.27	73.68	208.20	6.16	-0.130
2551047	NN	8.58	-0.12	0.41	69.19	231.70	5.07	0.042
2552000	NN	0.37	-0.14	0.30	77.33	188.10	5.48	-0.107
2552001	NN	0.28	-0.18	0.18	63.66	152.30	5.59	0.089
2552007	NN	5.75	-0.02	0.90	83.13	202.90	5.31	0.114
2552010	NN	1.11	-0.11	0.42	69.46	212.50	5.28	0.115
2552022	NN	1.11	-0.12	0.35	67.86	191.90	5.78	-0.007
2552023	NN	1.39	-0.23	0.08	79.39	189.00	5.88	-0.174
2552025	NN	2.23	-0.04	0.77	93.89	175.50	6.25	0.193
2552026	NN	1.11	0.00	0.99	67.13	157.70	4.99	0.174
2552029	NN	2.77	-0.12	0.40	74.28	152.30	5.54	0.194
2552030	NN	0.00	-0.14	0.29	62.32	189.20	5.55	-0.077
2552031	NS	3.04	-0.30	0.04	75.89	200.70	5.36	-0.224
2552033	NS	1.95	-0.36	0.01	68.72	165.00	5.52	-0.068
2552034	NN	1.11	-0.21	0.10	76.61	157.00	5.46	-0.068
2552036	NN	1.40	-0.04	0.78	70.32	169.80	5.22	0.157
2552037	NN	2.22	-0.26	0.07	71.25	502.60	5.79	-0.217
2552038	NN	1.11	-0.16	0.23	61.80	227.90	5.33	0.047
2552039	NN	1.11	-0.16	0.21	75.18	196.40	5.38	-0.013
2552040	PN	2.38	0.02	0.89	66.60	242.40	5.05	0.283
2552041	NN	0.00	-0.24	0.06	80.15	201.00	5.97	-0.274
2552042	NN	2.23	-0.15	0.28	73.78	186.40	5.33	-0.000
2552043	NN	1.68	-0.25	0.07	75.70	207.50	5.24	-0.145
2552044	NN	3.88	-0.21	0.17	71.90	162.70	5.52	-0.018
2552045	NS	1.11	-0.31	0.02	79.96	150.00	6.17	-0.344
2552046	NN	1.56	-0.17	0.20	73.99	201.00	6.84	-0.268
2552047	NN	1.12	-0.17	0.20	67.80	204.50	5.27	0.020
2553004	NN	2.22	-0.10	0.48	64.27	206.70	5.11	0.037
2553005	PN	5.91	0.12	0.38	75.17	225.10	5.47	0.166
2553007	NN	4.36	-0.19	0.24	84.14	173.70	5.22	-0.064
2553012	NN	1.39	-0.19	0.16	65.59	235.00	5.73	-0.081
2553014	NN	1.81	-0.26	0.06	72.23	157.60	4.94	-0.088
2553016	NN	3.07	-0.15	0.29	87.36	190.10	5.75	-0.135
2553020	NN	1.40	-0.23	0.08	77.61	191.00	5.25	-0.089
2553024	NN	1.38	-0.01	0.93	65.24	212.50	4.85	0.315
2553026	NN	1.40	-0.19	0.16	80.04	175.60	5.43	0.110
2553028	NN	1.11	-0.20	0.13	78.55	170.20	5.54	-0.089
2553029	PN	1.94	0.04	0.80	79.24	273.70	5.43	0.459

PN – Positiva não significativa; NN – Negativa não significativa; PS- Positiva significativa; NS – Negativa não significativa; tau e pvalue são valores advindos do teste de Mann-Kendall; alfa é uma constante, que representa a interceptação da reta com o eixo vertical; beta é outra constante, que representa o declive(coeficiente angular)da reta.

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	Max	alfa	beta
2553033	NS	1.95	-0.30	0.03	68.83	198.50	5.45	-0.169
2553035	NN	1.93	-0.03	0.86	73.94	169.90	5.05	0.039
2553036	PN	2.76	0.01	0.98	67.80	250.70	5.28	0.090
2553037	NN	1.68	-0.07	0.62	70.07	197.80	5.16	0.169
2553038	NN	1.11	-0.15	0.25	63.98	177.70	5.35	-0.016
2553041	NN	1.11	-0.03	0.86	69.74	175.50	5.19	0.147
2553044	NN	1.67	-0.16	0.24	71.70	289.00	6.26	-0.317
2553046	NN	1.57	-0.10	0.46	71.57	176.70	5.32	0.082
2553047	NS	2.36	-0.38	0.01	77.97	147.50	5.29	-0.216
2553051	NN	4.18	-0.07	0.65	65.89	187.60	4.45	0.112
2553052	NN	4.48	-0.19	0.18	69.19	157.70	5.36	-0.077
2554002	NN	2.79	-0.17	0.24	58.59	164.20	4.80	-0.008
2554018	NN	1.11	-0.12	0.35	70.06	160.70	5.09	-0.027
2651035	NN	6.11	-0.01	0.98	71.32	166.00	5.42	0.103
2651043	PN	3.68	0.05	0.72	60.34	154.60	5.40	0.246
2652007	PN	5.12	0.00	1.00	60.27	182.70	4.19	0.191
2652009	PN	0.00	0.02	0.87	74.63	177.90	5.50	0.112
2652010	PN	1.39	0.05	0.72	68.69	166.70	5.34	0.196
2652011	NN	1.11	-0.01	0.97	67.80	160.80	5.34	0.127
2652012	NN	6.46	-0.02	0.90	85.65	426.00	5.66	-0.005
2652013	NN	1.95	-0.24	0.07	73.52	274.70	5.87	-0.256
2652015	NN	3.03	-0.06	0.68	75.65	184.00	5.45	0.007
2652022	NN	6.63	-0.28	0.06	86.84	176.40	6.54	-0.514
2652023	NN	3.89	-0.10	0.48	67.19	171.00	4.93	-0.014
2652025	NN	1.39	-0.04	0.78	59.62	650.90	5.76	-0.024
2652032	NN	1.95	-0.24	0.07	70.39	400.90	5.92	-0.317
2652033	NN	1.11	-0.14	0.27	65.42	164.10	5.78	-0.099
2653014	PN	1.11	0.00	0.99	64.50	207.00	5.23	0.234
2653015	NN	2.81	-0.22	0.10	66.61	202.70	6.06	-0.305
2653016	NN	1.55	-0.21	0.13	67.44	175.70	6.04	-0.251
2653017	PN	1.40	0.02	0.87	72.79	172.40	5.06	0.195
2653019	PN	1.11	0.09	0.52	81.41	176.20	5.18	0.392
2653020	NN	1.95	-0.01	0.93	72.59	154.80	5.41	0.201
2653021	PN	1.11	0.13	0.34	68.52	172.10	5.33	0.477
2653022	PN	1.11	0.00	1.00	62.62	170.90	5.59	0.128
2653024	NN	0.27	-0.10	0.45	85.96	170.90	5.63	-0.108

XV - Sub-bacia Rio Ivaí

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	Max	alfa	beta
2252025	NN	4.22	-0.04	0.78	80.02	201.90	3.75	0.132
2253010	NN	1.40	-0.13	0.34	69.84	189.20	3.73	0.029
2253011	PN	2.29	0.10	0.46	81.61	170.70	3.37	0.273
2351004	NN	1.11	-0.01	0.97	82.21	181.80	4.25	0.165
2351020	NN	3.00	-0.15	0.32	72.49	187.70	4.80	0.001
2351023	NN	1.68	-0.14	0.31	88.13	146.50	3.70	0.029
2351024	NN	6.67	-0.07	0.62	73.80	148.60	4.18	0.113
2351025	NS	1.39	-0.38	0.00	77.76	154.10	4.75	-0.301
2351026	NN	1.40	-0.03	0.84	72.42	154.90	4.37	0.090
2351027	NN	2.52	-0.11	0.45	61.57	148.60	4.66	0.024

PN – Positiva não significativa; NN – Negativa não significativa; PS- Positiva significativa; NS – Negativa não significativa; tau e pvalue são valores advindos do teste de Mann-Kendall; alfa é uma constante, que representa a interceptação da reta com o eixo vertical; beta é outra constante, que representa o declive(coeficiente angular)da reta.

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	Max	alfa	beta
2351029	NN	1.68	-0.23	0.09	67.18	185.70	4.55	-0.076
2351043	NN	3.18	-0.25	0.07	63.28	187.80	4.69	-0.170
2351044	NN	2.24	-0.02	0.87	90.70	141.60	4.25	0.029
2351066	PN	5.68	0.01	0.96	74.19	147.60	4.08	0.136
2352000	PN	2.84	0.18	0.22	65.09	150.00	3.35	0.341
2352002	NS	0.25	-0.31	0.02	75.67	153.00	4.44	-0.341
2352010	NN	7.78	-0.02	0.92	60.85	150.90	4.32	0.006
2352029	NN	1.11	-0.11	0.39	70.30	131.90	4.35	-0.007
2352030	NS	3.15	-0.37	0.01	73.12	145.90	5.12	-0.395
2352031	NN	1.11	-0.09	0.52	69.45	201.10	3.96	0.053
2352033	NN	1.40	-0.10	0.44	82.86	198.30	4.65	0.011
2352034	NN	1.25	-0.02	0.87	76.73	195.50	4.33	0.080
2352035	PN	1.44	0.08	0.54	72.28	161.50	3.95	0.242
2352037	NS	1.68	-0.27	0.04	82.47	144.60	4.42	-0.120
2352038	NN	1.11	-0.13	0.32	72.24	203.00	4.41	-0.050
2352039	NN	1.67	-0.09	0.49	66.53	131.10	3.96	0.084
2352042	PN	1.68	0.01	0.95	66.19	154.50	3.63	0.172
2352043	PN	5.71	0.15	0.32	79.61	133.10	4.00	0.224
2352044	NN	1.95	0.00	1.00	62.30	167.20	4.40	0.167
2352045	NN	2.85	-0.08	0.60	71.91	142.00	4.22	0.017
2352046	PN	1.11	0.05	0.69	61.10	169.80	3.84	0.193
2352047	PN	4.69	0.13	0.39	65.55	223.00	3.86	0.088
2352048	PN	1.11	0.05	0.73	81.16	142.00	3.59	0.290
2352050	NN	1.11	-0.18	0.16	73.89	148.40	3.91	-0.072
2352051	PN	1.56	0.07	0.61	74.33	168.20	3.80	0.204
2352052	NN	1.11	-0.03	0.83	72.48	125.50	3.66	0.097
2352053	PN	1.11	0.04	0.78	63.07	135.50	3.99	0.172
2352055	NS	1.95	-0.36	0.01	64.06	500.00	4.25	-0.206
2352060	PN	1.40	0.01	0.93	74.86	147.80	3.61	0.199
2352061	NN	1.40	-0.06	0.67	78.90	137.10	4.32	0.065
2352063	PN	1.95	0.02	0.87	73.47	443.80	3.82	0.185
2353001	PN	4.69	0.14	0.37	69.06	150.00	3.15	0.264
2353004	NN	4.67	-0.15	0.29	89.49	167.30	4.03	0.034
2353010	PN	1.11	0.10	0.45	75.14	111.60	3.11	0.302
2353017	NN	2.22	-0.08	0.54	66.63	122.60	3.81	0.060
2353022	NN	1.39	-0.21	0.12	84.70	183.50	4.18	-0.036
2353023	PN	4.37	0.12	0.38	73.80	153.00	3.69	0.315
2353027	NN	1.96	-0.14	0.31	70.57	145.00	4.13	0.050
2353028	PN	1.11	0.06	0.67	69.62	143.60	3.67	0.259
2353029	NN	3.08	-0.02	0.90	75.34	221.80	3.75	0.309
2353031	PN	1.66	0.02	0.90	64.53	148.00	4.05	0.117
2353033	NN	1.39	-0.03	0.84	81.45	144.00	3.82	0.053
2353034	NN	2.47	-0.13	0.35	63.83	201.50	3.79	0.094
2353038	NS	1.67	-0.30	0.03	62.03	135.90	4.15	-0.302
2353041	NN	1.11	-0.03	0.83	77.28	128.70	3.67	0.060
2353044	NN	1.30	-0.03	0.86	69.17	114.20	3.46	0.070
2450049	NN	1.11	-0.14	0.27	69.29	167.00	4.49	0.003
2450050	NN	5.27	-0.12	0.40	73.84	160.70	4.64	-0.070
2450052	PN	1.38	0.02	0.87	77.75	198.00	4.04	0.287
2451002	NN	0.30	-0.17	0.21	68.99	126.60	4.59	-0.090
2451003	NN	0.99	-0.19	0.17	66.18	142.90	4.80	-0.053

PN – Positiva não significativa; NN – Negativa não significativa; PS- Positiva significativa; NS – Negativa não significativa; tau e pvalue são valores advindos do teste de Mann-Kendall; alfa é uma constante, que representa a interceptação da reta com o eixo vertical; beta é outra constante, que representa o declive(coeficiente angular)da reta.

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	Max	alfa	beta
2451013	NN	1.11	-0.02	0.91	79.96	157.30	4.74	0.198
2451014	NN	0.29	-0.12	0.36	60.23	164.00	4.58	0.062
2451015	PN	2.63	0.06	0.65	79.82	181.60	4.84	0.379
2451017	NN	0.52	-0.11	0.39	62.16	189.70	4.06	-0.001
2451020	NN	0.00	-0.03	0.84	76.10	132.30	4.49	0.017
2451022	NN	1.11	-0.14	0.28	85.75	156.60	4.70	0.030
2451023	PN	1.11	0.08	0.57	81.87	157.20	4.63	0.239
2451026	NN	1.11	-0.14	0.27	74.41	147.80	4.88	0.079
2451028	NN	1.11	-0.13	0.32	67.14	129.40	5.05	-0.015
2451029	PN	1.93	0.05	0.74	63.79	136.80	4.40	0.253
2451032	PN	2.40	0.03	0.83	67.71	214.70	4.32	0.362
2451034	NN	1.40	-0.14	0.30	69.83	153.70	4.38	0.010
2451035	NN	1.11	-0.20	0.13	77.45	153.60	4.79	-0.052
2451036	NN	1.68	-0.06	0.68	69.36	146.10	5.11	0.097
2451038	NN	1.11	-0.12	0.37	66.30	154.60	4.48	0.073
2451039	NN	1.11	-0.05	0.69	67.78	177.00	4.77	0.177
2451043	NN	1.11	-0.04	0.78	74.85	132.20	4.47	0.182
2451044	NN	1.95	-0.08	0.54	69.94	146.00	4.40	0.124
2451045	PN	1.11	0.10	0.43	71.65	155.30	4.16	0.370
2451046	NN	1.53	-0.02	0.87	78.10	187.90	4.50	0.181
2451047	NN	1.95	-0.25	0.06	71.34	250.00	4.63	-0.061
2451049	PN	2.79	0.04	0.77	79.52	121.90	4.10	0.218
2451051	PN	1.93	0.05	0.74	72.59	178.50	3.79	0.484
2452007	NN	2.35	-0.16	0.24	70.24	130.00	4.40	0.059
2452008	NN	4.37	-0.16	0.27	71.20	200.70	4.76	0.011
2452041	PN	1.11	0.01	0.94	84.52	159.50	4.86	0.293
2452042	NN	2.79	-0.04	0.80	72.38	134.40	4.50	0.292
2452044	NN	1.68	-0.16	0.24	72.52	140.00	5.01	0.048
2452045	NN	2.77	-0.11	0.44	75.69	178.70	5.11	-0.022
2452046	NN	1.59	-0.11	0.44	80.54	180.20	4.87	0.102
2452047	NN	3.81	-0.22	0.15	76.40	120.00	4.61	-0.048
2550000	PN	2.55	0.20	0.15	71.36	251.30	4.35	0.324
2550006	PN	0.00	0.08	0.56	59.36	300.00	3.93	0.285
2550053	NN	1.68	-0.10	0.49	71.77	188.70	4.94	0.007
2550055	PN	1.11	0.07	0.59	70.01	175.20	4.25	0.223
2550056	PN	1.11	0.05	0.71	70.64	151.30	4.66	0.287
2550057	PS	1.39	0.30	0.03	71.80	145.20	2.66	0.741
2551035	NN	2.67	-0.17	0.20	67.14	185.10	5.38	-0.180
2551038	PN	1.11	0.05	0.72	64.28	135.90	4.29	0.225
2551039	NN	3.27	-0.06	0.64	67.27	139.40	4.93	0.069
2551040	PN	5.55	0.02	0.91	70.72	137.90	4.55	0.143
2551043	PN	2.49	0.05	0.71	69.87	164.90	4.29	0.243

PN – Positiva não significativa; NN – Negativa não significativa; PS- Positiva significativa; NS – Negativa não significativa; tau e pvalue são valores advindos do teste de Mann-Kendall; alfa é uma constante, que representa a interceptação da reta com o eixo vertical; beta é outra constante, que representa o declive(coeficiente angular)da reta.

XVI - Sub-bacia Rio Mogi Guaçu

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	Max	alfa	beta
2047025	PN	0.08	0.03	0.86	62.22	120.50	4.11	0.077
2047027	PN	2.85	0.13	0.36	66.27	154.00	3.97	0.211
2047032	NN	5.51	-0.07	0.67	67.05	140.50	3.96	0.226
2048011	NN	2.53	-0.27	0.07	68.49	136.50	3.72	-0.061
2048019	NS	0.34	-0.32	0.02	69.76	160.60	3.94	-0.183
2048020	NN	5.15	-0.02	0.92	67.55	118.30	3.73	0.086
2048021	NN	0.00	-0.08	0.56	53.36	137.40	3.87	-0.023
2048023	PN	0.06	0.08	0.54	56.58	121.90	3.80	0.061
2048027	NN	0.59	-0.08	0.59	58.64	112.00	3.88	-0.090
2048033	PN	6.41	0.12	0.50	70.29	207.20	3.78	0.631
2048065	NN	9.60	-0.11	0.54	67.00	183.20	3.70	-0.099
2048077	NN	2.23	-0.22	0.23	65.05	136.40	4.01	-0.187
2048087	NN	3.81	-0.16	0.29	66.42	162.70	3.73	-0.149
2048089	NN	8.81	-0.05	0.72	55.05	135.40	4.08	-0.105
2048090	NN	5.69	-0.30	0.07	64.56	153.00	3.85	0.063
2048091	NN	6.72	-0.17	0.26	62.78	133.30	3.99	-0.016
2048092	NN	8.29	-0.30	0.06	77.27	135.70	3.76	0.024
2048094	NN	10.25	-0.15	0.35	71.95	144.20	4.04	-0.099
2048101	NN	0.56	-0.12	0.34	65.83	120.80	3.58	-0.096
2146001	PN	3.39	0.25	0.11	67.55	165.00	3.39	0.463
2146002	PN	0.00	0.10	0.45	60.23	111.30	3.93	0.151
2146007	NN	0.93	-0.02	0.93	65.22	113.20	4.23	0.004
2146010	PN	1.77	0.03	0.86	60.05	159.10	4.31	0.087
2146011	NN	8.88	-0.09	0.53	60.54	144.70	3.75	0.016
2146013	PN	3.96	0.18	0.34	58.30	97.20	3.87	0.207
2146014	NN	0.51	-0.07	0.61	58.80	221.00	4.05	0.120
2146081	NN	12.47	-0.16	0.35	60.19	128.80	4.26	-0.079
2147001	PN	5.27	0.06	0.71	66.23	196.60	4.30	0.089
2147004	PN	0.13	0.13	0.40	61.65	126.30	4.09	-0.014
2147006	PN	7.68	0.19	0.26	63.13	188.00	3.50	0.561
2147007	NN	3.27	-0.03	0.89	66.26	172.90	3.76	0.342
2147011	PN	4.80	0.10	0.50	56.58	135.60	3.67	0.230
2147012	PN	0.84	0.07	0.62	54.40	144.70	3.91	0.163
2147013	PS	3.91	0.38	0.01	71.54	353.00	3.28	0.500
2147014	PN	0.17	0.16	0.29	68.76	177.00	3.66	0.284
2147016	PN	0.00	0.13	0.32	72.00	132.50	3.55	0.118
2147019	NN	1.59	-0.03	0.88	66.66	168.50	4.16	0.055
2147022	PN	2.64	0.06	0.69	58.07	116.00	3.71	0.210
2147027	NN	1.69	-0.23	0.16	67.74	215.70	3.92	0.054
2147031	NN	1.10	-0.13	0.39	63.57	135.20	4.05	-0.017
2147034	NN	5.09	-0.05	0.75	57.53	132.40	3.64	0.201
2147035	PN	8.59	0.01	1.00	64.02	224.60	3.13	0.658
2147043	PN	0.00	0.01	0.97	61.22	186.20	4.15	0.090
2147058	NN	8.51	-0.11	0.54	51.76	144.00	3.72	0.054
2147059	NN	0.32	-0.09	0.53	64.98	164.40	3.94	0.060
2147068	NN	0.15	-0.15	0.28	78.46	141.30	4.20	0.017
2147069	NN	2.86	-0.06	0.68	73.22	160.00	3.75	0.390
2147071	NN	6.58	-0.20	0.26	60.99	202.30	4.68	-0.129
2147073	NN	0.64	-0.03	0.84	62.13	396.80	4.04	0.088

PN – Positiva não significativa; NN – Negativa não significativa; PS- Positiva significativa; NS – Negativa não significativa; tau e pvalue são valores advindos do teste de Mann-Kendall; alfa é uma constante, que representa a interceptação da reta com o eixo vertical; beta é outra constante, que representa o declive(coeficiente angular)da reta.

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	Max	alfa	beta
2147092	NN	0.05	-0.25	0.06	65.72	190.30	4.49	-0.173
2147113	PN	1.23	0.02	0.90	66.18	119.50	4.02	-0.014
2147123	NN	0.21	-0.12	0.37	64.14	123.20	3.98	-0.048
2147154	PN	9.48	0.02	0.89	56.86	170.40	4.06	0.071
2147165	PN	4.25	0.10	0.53	68.19	274.10	3.32	0.551
2147166	NN	8.73	-0.13	0.46	64.71	105.30	4.42	-0.131
2148001	PN	0.00	0.03	0.84	54.93	133.00	3.70	0.101
2148007	NS	0.25	-0.33	0.01	62.25	182.30	4.72	-0.401
2148016	PN	0.29	0.11	0.42	65.18	238.40	3.76	0.097
2148020	PN	9.44	0.16	0.31	56.66	122.60	3.48	0.291
2148021	PN	2.33	0.03	0.87	61.02	145.60	3.57	0.187
2148034	PN	0.00	0.04	0.79	70.44	150.00	4.35	0.035
2148050	NN	6.32	-0.05	0.84	64.37	127.00	3.43	0.264
2148051	PN	8.24	0.25	0.14	57.63	157.00	3.33	0.578
2148078	NN	0.00	-0.13	0.32	76.11	156.60	4.07	-0.088
2148079	PN	8.14	0.22	0.12	72.35	126.50	3.36	0.538
2148122	PN	7.07	0.13	0.41	65.12	134.60	3.74	0.056
2148123	PN	0.33	0.06	0.65	61.05	162.00	3.74	0.207
2148160	PN	0.01	0.10	0.45	60.11	127.60	3.65	0.125
2246003	PN	1.69	0.01	0.98	60.66	203.00	3.51	0.134
2246009	PN	1.97	0.12	0.40	54.43	156.10	3.60	0.151
2246013	PN	1.83	0.08	0.56	58.04	127.50	3.74	0.170
2246016	PN	0.13	0.09	0.51	71.10	177.90	4.17	0.117
2246017	NN	0.17	-0.09	0.57	61.90	230.00	4.32	-0.030
2246019	PN	0.78	0.07	0.59	72.01	226.40	4.01	0.202
2246047	PN	3.02	0.12	0.37	55.29	131.50	4.08	0.138
2246052	NN	2.98	-0.09	0.49	57.31	313.00	4.61	-0.076
2246056	PN	6.17	0.04	0.83	62.96	126.00	3.79	0.118
2246085	PN	0.00	0.07	0.61	64.04	130.00	4.50	0.128
2246104	NS	0.19	-0.38	0.00	59.17	168.30	4.56	-0.243
2246115	PN	1.10	0.11	0.45	74.87	164.60	4.22	-0.064
2246131	NN	2.83	-0.03	0.86	64.64	132.60	3.62	0.216
2247005	NN	0.00	-0.05	0.73	58.58	138.90	3.80	-0.019
2247011	PN	0.28	0.14	0.28	59.04	247.90	3.79	0.183
2247054	PN	2.52	0.25	0.08	67.99	171.20	3.03	0.467
B5-050XX	NN	8.81	-0.05	0.72	55.05	135.40	4.08	-0.105
C3-031XX	NN	0.51	-0.07	0.61	58.80	221.00	4.05	0.120
C4-001XX	NN	0.18	-0.04	0.79	70.20	127.00	4.51	0.121
C4-019XX	NN	1.10	-0.13	0.39	63.57	135.20	4.05	-0.017
C4-107XX	PN	9.48	0.02	0.89	56.86	170.40	4.06	0.071
C5-028XX	PN	0.02	0.09	0.49	60.08	127.60	3.65	0.125
D3-030XX	NN	0.17	-0.09	0.57	61.90	230.00	4.32	-0.030

PN – Positiva não significativa; NN – Negativa não significativa; PS- Positiva significativa; NS – Negativa não significativa; tau e pvalue são valores advindos do teste de Mann-Kendall; alfa é uma constante, que representa a interceptação da reta com o eixo vertical; beta é outra constante, que representa o declive(coeficiente angular)da reta.

XVII - Sub-bacia Rio dos Bois

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	Max	alfa	beta
1649001	NN	0.99	-0.10	0.48	51.79	155.50	4.29	0.004
1649010	NN	8.41	-0.06	0.73	68.59	142.50	3.10	0.306
1649012	NS	0.80	-0.56	0.00	64.40	467.70	4.86	-0.766
1650003	NN	0.38	-0.13	0.32	64.91	150.10	4.11	-0.046
1749000	NN	1.57	-0.08	0.60	75.87	157.00	3.44	0.100
1749001	NN	2.42	-0.10	0.51	62.28	202.10	4.25	-0.060
1749002	NN	1.39	-0.16	0.29	72.32	150.60	4.01	0.152
1750000	PN	1.15	0.05	0.76	74.70	140.00	4.03	0.005
1750001	NN	5.10	-0.13	0.58	62.12	128.30	3.69	-0.116
1750004	NS	0.99	-0.31	0.02	73.31	208.30	4.19	-0.268
1750008	PN	8.35	0.20	0.19	64.08	150.00	3.60	0.206
1750013	PN	3.77	0.01	0.98	69.14	140.70	3.80	0.197
1751004	NN	6.34	-0.05	0.75	56.06	130.40	4.00	0.005
1850001	NN	3.95	-0.10	0.51	63.63	145.20	4.01	0.016
1850003	PN	0.34	0.11	0.42	63.95	117.20	3.39	0.240

XVIII - Sub-bacia Rio Tibagi

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	Max	alfa	beta
2251039	NN	1.11	-0.01	0.94	64.01	226.00	3.62	0.039
2350006	NN	1.66	-0.03	0.86	75.85	130.40	3.64	0.111
2350021	NN	1.37	-0.13	0.32	63.57	190.70	4.00	0.029
2350023	PN	1.92	0.18	0.20	62.55	206.30	3.35	0.324
2350032	PN	1.40	0.13	0.32	83.01	179.10	4.02	0.299
2350037	NN	1.68	-0.20	0.14	74.43	220.00	4.85	-0.120
2350061	PN	1.96	0.02	0.87	75.17	172.20	4.06	0.154
2351003	NN	9.73	-0.10	0.49	54.93	200.50	4.24	0.033
2351035	NN	1.11	-0.17	0.19	70.11	301.20	4.50	-0.037
2351037	NN	1.26	-0.05	0.71	82.41	171.10	4.15	0.113
2351040	NS	2.66	-0.31	0.03	76.12	140.40	4.97	-0.326
2351041	NN	1.67	-0.12	0.36	75.79	170.70	4.93	0.054
2449011	PN	1.40	0.17	0.20	73.22	150.80	3.83	0.301
2449026	PN	1.11	0.25	0.06	61.65	200.20	3.21	0.464
2449030	PN	4.32	0.05	0.73	73.69	146.70	3.77	0.212
2450002	NN	0.00	-0.02	0.91	59.15	163.60	4.18	0.106
2450008	NN	3.32	-0.12	0.44	70.83	123.80	3.95	0.250
2450013	PN	0.27	0.08	0.57	68.59	141.50	3.68	0.204
2450021	PN	1.11	0.16	0.21	72.78	281.90	3.46	0.438
2450024	NN	1.11	-0.08	0.57	51.15	158.20	4.16	0.061
2450025	PN	1.66	0.09	0.52	71.93	300.40	3.67	0.208
2450026	NN	1.11	-0.01	0.94	73.67	147.80	4.20	0.118
2450031	PN	3.30	0.05	0.74	82.96	117.70	4.31	0.159
2450040	NS	1.40	-0.37	0.00	84.29	160.60	6.54	-0.414

PN – Positiva não significativa; NN – Negativa não significativa; PS- Positiva significativa; NS – Negativa não significativa; tau e pvalue são valores advindos do teste de Mann-Kendall; alfa é uma constante, que representa a interceptação da reta com o eixo vertical; beta é outra constante, que representa o declive(coeficiente angular)da reta.

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	Max	alfa	beta
2450054	NN	2.56	-0.08	0.56	86.17	179.00	3.68	-0.013
2450062	NN	13.32	-0.21	0.16	60.34	224.40	3.93	-0.021
2549065	PN	2.66	0.14	0.31	63.35	109.90	3.89	0.274
2550003	PN	0.28	0.09	0.48	60.18	204.20	4.04	0.198
2550015	NS	3.78	-0.32	0.04	75.13	777.20	3.69	0.075
2550016	PN	4.51	0.09	0.53	51.92	173.00	3.81	0.232
2550041	NN	1.11	-0.21	0.10	69.67	160.60	5.54	-0.297
2550043	NN	1.39	-0.14	0.30	65.61	150.20	4.58	-0.035
2550045	NN	1.11	0.00	1.00	61.85	165.40	4.16	0.140
2550048	NN	1.11	-0.04	0.78	65.83	163.50	4.23	0.102
2550052	NN	1.11	-0.17	0.20	72.56	172.30	4.34	-0.035

PN – Positiva não significativa; NN – Negativa não significativa; PS- Positiva significativa; NS – Negativa não significativa; tau e pvalue são valores advindos do teste de Mann-Kendall; alfa é uma constante, que representa a interceptação da reta com o eixo vertical; beta é outra constante, que representa o declive(coeficiente angular)da reta.

D - TENDÊNCIAS VAZÃO

XIX - Sub-bacia Alto Paranapanema

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	Max	alfa	beta
00000002	NN	0.0	0.0	1.0	262.87	2294.00	250.49	8.533
00000013	NN	0.0	-0.1	0.7	52.67	411.00	53.24	-0.389
00000014	NN	0.0	-0.1	0.7	206.80	1248.00	212.98	-4.259
00000018	NN	0.0	0.0	0.9	546.96	5809.00	549.31	-1.622
00000039	NN	0.0	-0.1	0.7	880.66	7497.00	927.32	-32.158
00000048	NN	0.0	0.0	1.0	1008.36	7803.00	1046.83	-26.519
5E-013XX	NN	1.3	-0.2	0.2	269.04	2280.00	256.73	8.485
64065000	NN	10.4	-0.2	0.2	13.66	182.90	14.47	-0.556
64315000	NN	0.8	-0.1	0.4	27.53	493.00	24.38	2.222
64327000	NN	0.4	0.0	1.0	28.27	360.40	29.73	-1.021
5E-014XX	PN	0.7	0.1	0.6	6.91	62.50	7.30	-0.268
5E-015XX	PN	10.3	0.2	0.2	12.47	78.90	13.69	-0.926
64345000	PN	7.2	0.2	0.1	25.44	187.10	22.88	1.969
64370000	PN	6.9	0.1	0.4	35.31	472.00	32.03	2.517
64380000	PN	10.6	0.2	0.2	442.70	6728.00	305.48	107.201
7D-006XX	PN	7.2	0.2	0.1	20.38	134.20	19.45	0.720
64231000	PS	13.1	0.3	0.0	15.20	367.70	15.12	0.063

XX - Sub-bacia Baixo Iguaçu

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	max	alfa	beta
65809000	NN	14.27	-0.04	0.78	10.82	57.50	10.99	-0.127
65855000	NN	10.18	0.00	1.00	0.90	5.60	1.08	-0.138
00000027	PN	0.00	0.05	0.73	7.69	22.80	8.13	-0.317
00000052	PN	0.00	0.02	0.92	176.92	1499.50	165.69	7.740
00000053	PN	0.00	0.02	0.87	12.28	173.60	11.60	0.495
00000059	PN	0.00	0.02	0.87	5.88	187.80	6.88	-0.703
00000060	PN	0.00	0.04	0.79	24.53	126.70	23.60	0.642
65925000	PN	10.57	0.18	0.20	450.94	7735.90	444.18	5.217
65945000	PN	10.01	0.07	0.65	508.69	5664.00	509.29	-0.466
65948000	PN	10.64	0.25	0.13	12.60	107.20	13.41	-0.625

XXI - Sub-bacia Rio Ivaí

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	max	alfa	beta
64693000	PN	10.80	0.04	0.82	117.71	2794.50	116.46	0.966
64682000	NS	10.12	-0.29	0.04	74.47	1287.40	81.42	-4.882
64673000	PN	10.59	0.06	0.69	105.54	9455.00	109.51	-3.101
64659000	PN	10.59	0.03	0.83	51.29	1032.00	52.93	-1.265
64655000	PN	10.24	0.04	0.79	679.71	4968.00	663.56	12.530
64652000	PN	10.58	0.02	0.91	15.39	95.10	17.75	-1.815
64619950	PN	10.37	0.10	0.50	33.91	375.00	32.43	1.144
64620000	NS	10.01	-0.28	0.04	35.70	373.50	40.23	-3.273

XXII - Sub-bacia Rio Mogi Guaçu

PN – Positiva não significativa; NN – Negativa não significativa; PS- Positiva significativa; NS – Negativa não significativa; tau e pvalue são valores advindos do teste de Mann-Kendall; alfa é uma constante, que representa a interceptação da reta com o eixo vertical; beta é outra constante, que representa o declive(coeficiente angular)da reta.

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	max	alfa	beta
00000004	NN	0.00	-0.01	0.95	83.69	724.00	83.79	-0.067
00000010	NN	0.00	-0.03	0.81	482.47	3456.00	495.79	-9.184
00000022	NN	0.00	-0.01	0.95	399.32	5048.00	383.96	10.591
61895000	NN	5.54	-0.03	0.87	202.38	1611.90	186.71	11.599
00000005	PN	0.00	0.06	0.66	13.25	136.00	13.36	-0.077
5C-024XX	PN	3.11	0.10	0.50	13.39	269.90	16.17	-2.061
61834000	PN	0.00	0.13	0.32	13.45	75.20	12.16	0.961
61910000	PN	2.77	0.07	0.59	7.68	35.20	6.60	0.743
5B-011XX	PS	6.68	0.29	0.03	17.72	206.40	18.48	-0.585

XXIII - Sub-bacia Rio dos Bois

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	max	alfa	beta
60715000	NN	3.08	-0.09	0.51	208.88	801.00	218.65	-6.737
60750000	NN	4.33	-0.03	0.87	1161,19	1068.62	63.792	
60765000	NN	6.21	-0.08	0.59	113.09	2368.00	104.32	6.048
60772000	NN	8.16	-0.12	0.48	1334.35	1276.73	39.707	
60774000	NN	6.96	-0.06	0.71	886.18	5196.00	893.51	-5.054
60798000	PN	9.08	0.19	0.21	2.48	29.40	2.68	-0.143
60810000	PN	4.99	0.05	0.73	3.59	50.30	4.02	-0.302

XXIV - Sub-bacia Rio Tibagi

Estações	Tendência	Falhas	tau	pvalue	Média	max	alfa	beta
00000042	PN	0.00	0.06	0.63	17.49	155.50	20.95	-2.690
64442800	PN	10.01	0.11	0.43	321.69	1265.00	314.60	5.543
64447000	PN	10.76	0.07	0.62	356.10	1501.00	336.28	15.097
64453000	PN	10.01	0.15	0.28	28.56	729.40	26.68	1.447
64465000	PN	11.12	0.12	0.40	18.65	573.00	30.46	-9.074
64477600	PN	10.01	0.20	0.16	54.34	1545.00	49.85	3.482
64507000	PN	11.12	0.11	0.47	287.98	4393.00	272.22	12.151
64501000	PS	11.40	0.38	0.01	86.81	2730.70	-64.82	117.421

PN – Positiva não significativa; NN – Negativa não significativa; PS- Positiva significativa; NS – Negativa não significativa; tau e pvalue são valores advindos do teste de Mann-Kendall; alfa é uma constante, que representa a interceptação da reta com o eixo vertical; beta é outra constante, que representa o declive(coeficiente angular)da reta.