UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO TECNOLÓGICO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

MARCOS VINÍCIUS ALPOIN PIOL

ANÁLISE REGIONAL DE CURVAS DE PERMANÊNCIA E DE CURVAS DE PROBABILIDADE DE VAZÕES MÍNIMAS – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE DIFERENTES MÉTODOS DE REGIONALIZAÇÃO

VITÓRIA
2017

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

CENTRO TECNOLÓGICO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

MARCOS VINÍCIUS ALPOIN PIOL

ANÁLISE REGIONAL DE CURVAS DE PERMANÊNCIA E DE CURVAS DE PROBABILIDADE DE VAZÕES MÍNIMAS – AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE DIFERENTES MÉTODOS DE REGIONALIZAÇÃO

Dissertação apresentada à banca examinadora do Programa de Pós Graduação *stricto sensu* em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Área de concentração: Recursos Hídricos

Orientador: Prof. Dr. José Antônio Tosta dos Reis

VITÓRIA
2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Tecnológica,
Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)
Sandra Mara Borges Campos – CRB-6 ES-000593/O

Piol, Marcos Vinícius Alpoin, 1990-
P662a Análise regional de curvas de permanência e de curvas de probabilidade de vazões mínimas : Avaliação do desempenho de diferentes métodos de regionalização / Marcos Vinícius Alpoin Piol. – 2017.
224 f. : il.

Orientador: José Antônio Tosta dos Reis.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

1. Itapemirim, Rio, (MG e ES). 2. Itabapoana, Rio, (RJ, MG e ES). 3. Regionalização hidrológica. 4. Curva de permanência de vazão. 5. Curva de probabilidade de vazão. 6. Vazão mínima. I. Reis, José Antônio Tosta dos. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro Tecnológico. III. Título.

CDU: 628

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

"Análise Regional de Curvas de Permanência e de Curvas de Probabilidade de Vazões Mínimas – Avaliação do Desempenho de Diferentes Métodos de Regionalização."

Marcos Vinícius Alpoin Piol

Banca Examinadora:

Prof. Dr. José Antônio Tosta dos Reis
Orientador - DEA/CT/UFES

Prof. Dr. Antonio Sergio Ferreira Mendonça
Examinador Interno - DEA/CT/UFES

Prof. Dr. Fernando das Graças B. da Silva
Examinador Externo – UNIFEI/MG

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
Vitória-ES, 25 de setembro 2017.

AGRADECIMENTOS

De fato, estabelecer neste momento quem ofereceu suporte e apoio para culminar neste grande passo não é das tarefas mais simples, diante da imensa quantidade de pessoas. Entretanto, esta nos faz refletir e com sentimento de nostalgia e apreço, agradeço...

Primeiramente à Deus por estar presente nesta vitória.

Especialmente aos meus pais, Goretti e Marcos, por todo o suporte, carinho, amor e compreensão. O que sou devo à educação depositada por vocês.

Aos meus irmãos, Lallinka e Rodrigo pelo infinito companheirismo.

Á Karina pela infindável vontade de ajudar nos momentos difíceis, de estar presente, de dar carinho, afago e amor.

À toda minha família, sempre unida e presente.

Aos meus amigos e companheiros pelos momentos de diversão e conversas.

Ao professor e amigo José Antônio Tosta dos Reis pela excelência e paciência em me orientar desde a Iniciação Científica até este momento.

Aos professores do Departamento de Engenharia Ambiental da UFES, especialmente o Prof. Antônio Sérgio Ferreira Mendonça pela supervisão e considerações na condução de minha dissertação.

Aos meus colegas de PPGEA, principalmente Luiza pelo companheirismo e ajuda mútua empregada.

À Eliane pela grande disponibilidade em ajudar na confecção dos componentes cartográficos de minha dissertação.

Aos amigos da Gerência de Controle e Qualidade Ambiental da Prefeitura Municipal de Aracruz pelo convívio e aprendizagem diários.

RESUMO

Em virtude da deficiência da rede de monitoramento hidrológico brasileira, diversas bacias hidrográficas convivem com a ausência de dados suficientes para implementação correta e eficiente dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. Surge, dessa forma, a necessidade da aplicação de ferramentas que permitam a estimativa de vazões naquelas regiões carentes de monitoramento e de registros confiáveis de vazão. O presente estudo teve como objetivo comparar metodologias de regionalização das curvas de permanência e de probabilidade de vazões mínimas para as bacias dos rios Itapemirim e Itabapoana, localizadas na porção sul do estado do Espírito Santo e abrangendo pequenas parcelas dos territórios dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. As metodologias consideradas foram, para regionalização da curva de permanência, o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial e, para regionalização da curva de probabilidade de vazões mínimas, o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros. Adicionalmente, indicadores regionais de vazão foram empregados para comparação dos valores de vazões de referência obtidas por meio dos métodos de regionalização analisados. O melhor método, tanto para regionalização da curva de permanência quanto para a regionalização da curva de probabilidade de vazões mínimas foi o Método dos Valores Característicos. Os indicadores regionais apresentaram-se como uma alternativa simples e consistente para obtenção de vazões de referência na área de estudo.

Palavras-chave: Regionalização de vazões, Curva de Permanência, Curva de Probabilidade de Vazões Mínimas, Rio Itapemirim, Rio Itabapoana.

ABSTRACT

Due to Brazilian hydrological monitoring network deficiency, several hydrographic basins do not present enough data for correct and efficient National Water Resources Policy instruments implementation. Thus, methods for estimating reference flows for streams sections lacking reliable records are necessary. The present study aims to compare permanence curves and minimum flows probability curves regionalization methodologies. The considered methodologies were Characteristic Values Method and Exponential Curve Method for permanence curves regionalization and Characteristic Values Method and Parameters Method for minimum flows probability regionalization in the portions of Itapemirim and Itabapoana basins located in the southern part of Espírito Santo State and covering small portions of the territories of the states of Minas Gerais and Rio de Janeiro. In addition, regional flow indicators were used to compare the reference flow values obtained through the analyzed regionalization methods. The method that presented best results, for both permanence curve and minimum flows probability curves regionalization, was the Characteristic Values. The regional flows indicators method showed to be a simple and consistent alternative for estimating reference flows in the study area.

Key words: Flows regionalization, Permanence Curve, Minimum Flows Probability Curve, Itapemirim River, Itabapoana River.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES vi
LISTA DE TABELAS xi
LISTA DE APÊNDICES xvii
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS xviii
1 INTRODUÇÃO 19
2 OBJETIVOS 22
2.1 GERAL 22
2.2 ESPECÍFICOS 22
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 23
3.1 REGIONALIZAÇÃO HIDROLÓGICA 23
3.2 VARIÁVEIS INDEPENDENTES 27
3.2.1 Características Físicas 27
3.2.2 Características Climáticas 29
3.3 FUNÇÕES REGIONALIZÁVEIS 30
3.3.1 Curvas de Probabilidades de Vazões Mínimas 30
3.3.2 Curvas de Permanência 30
3.4 REGIONALIZAÇÃO HIDROLÓGICA DE VARIÁVEIS E FUNÇÕES 31
3.4.1 Método dos Valores Característicos 31
3.4.2 Método da Curva Exponencial 33
3.4.3 Método dos Parâmetros 34
3.5 INDICADORES REGIONAIS 36
3.5.1 Indicadores obtidos a partir da Curva de Permanência 36
3.5.2 Indicadores de Vazões Mínimas 37
4 ÁREA DE ESTUDO 37
4.1 BACIA DO RIO ITABAPOANA 37

4.2 BACIA DO RIO ITAPEMIRIM 38
5 METODOLOGIA 41
5.1 ESTRUTURA GERAL DA METODOLOGIA 41
5.2 DADOS HIDROLÓGICOS 43
5.3 AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA EXTENSÃO DA SÉRIE HISTÓRICA 45
5.3 REGIONALIZAÇÃO HIDROLÓGICA 45
5.3.1 Variáveis Independentes 45
5.3.2 Seleção das funções regionais 48
5.3.3 Validação cruzada "*Jack-Knife*" 50
5.3.4 Regionalização Hidrológica de Variáveis e Funções 51
5.4 INDICADORES REGIONAIS 55
6 RESULTADOS 56
6.1 DADOS HIDROLÓGICOS 56
6.2 AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA EXTENSÃO DA SÉRIE HISTÓRICA 56
6.3 REGIONALIZAÇÃO HIDROLÓGICA 65
6.3.1 Seleção das Funções Regionais 65
6.3.2 Validação Cruzada "*Jack-Knife*" 74
6.3.3 Regionalização da Curva de Permanências de Vazões 83
6.3.4 Regionalização da Curva de Probabilidades de Vazões Mínimas 110
6.4 INDICADORES REGIONAIS 133
6.4.1 Confrontação dos resultados obtidos por meio dos Indicadores Regionais com os demais métodos de regionalização hidrológica da curva de permanência de vazões. 138
7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES 140
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 142

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Localização das Bacias Hidrográficas dos rios Itapemirim e Itabapoana...40
Figura 2. Fluxograma das atividades desenvolvidas no presente trabalho. 42
Figura 3. Localização das estações fluviométricas utilizadas no presente trabalho, instaladas e em operação, nas bacias hidrográficas dos rios Itapemirim e Itabapoana. 44
Figura 4. Fluxograma ilustrando o processo de escolha das combinações de variáveis independentes a serem utilizadas na apropriação das funções regionais. 50
Figura 5. Confrontação entre os valores de vazões médias de longo período (Qm) obtidas a partir da série “total” e da série “comum”. 61
Figura 6. Confrontação entre os valores de vazões Q_{50} obtidas a partir da série “total” e da série “comum”..... 61
Figura 7. Confrontação entre os valores de vazões Q_{90} obtidas a partir da série “total” e da série “comum”. 62
Figura 8. Confrontação entre os valores de vazões Q_{95} obtidas a partir da série “total” e da série “comum”. 63
Figura 9. Confrontação entre os valores de vazões $Q_{1,10}$ obtidas a partir da série “total” e da série “comum”. 63
Figura 10. Confrontação entre os valores de vazões $Q_{1,100}$ obtidas a partir da série “total” e da série “comum”. 64
Figura 11. Confrontação entre os valores de vazões $Q_{7,10}$ obtidas a partir da série “total” e da série “comum”. 64
Figura 12. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Coutinho. 108
Figura 13. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Usina São Miguel.....109
Figura 14. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Usina Fortaleza.....109

Figura 15. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se os Métodos dos Valores Característicos e dos Parâmetros para a estação Coutinho. 131
Figura 16. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se os Métodos dos Valores Característicos e dos Parâmetros para a estação Usina São Miguel 130
Figura 17. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se os Métodos dos Valores Característicos e dos Parâmetros para a estação Castelo. 132
Figura 18. Comparação entre os valores das vazões Q_{50} Real e da obtida por meio dos Indicadores Regionais. 135
Figura 19. Comparação entre os valores das vazões Q_{90} Real e da obtida por meio dos Indicadores Regionais. 135
Figura 20. Comparação entre os valores das vazões Q_{95} Real e da obtida por meio dos Indicadores Regionais. 136
Figura 21. Comparação entre os valores das vazões $Q_{7,10}$ Real e da obtida por meio dos Indicadores Regionais. 136
Figura 22. Comparação entre os valores das vazões média real e da obtida por meio dos Indicadores Regionais. 137
Figura 23. Comparação entre os valores das vazões Q_{50} Real, da obtida por meio dos Indicadores Regionais, do Método da Curva Exponencial e do Método dos Valores Característicos. 138
Figura 24. Comparação entre os valores das vazões Q_{90} Real, da obtida por meio dos Indicadores Regionais, do Método da Curva Exponencial e do Método dos Valores Característicos. 139
Figura 25. Comparação entre os valores das vazões Q_{95} Real, da obtida por meio dos Indicadores Regionais, do Método da Curva Exponencial e do Método dos Valores Característicos. 139
Figura 26. Curva de Permanência da estação fluviométrica Usina Fortaleza (57350000). 155
Figura 27. Curva de Permanência da estação fluviométrica Iúna (57360000). 155
Figura 28. Curva de Permanência da estação fluviométrica Terra Corrida (57370000). 155

Figura 29. Curva de Permanência da estação fluviométrica Itaici (57400000).....156
Figura 30. Curva de Permanência da estação fluviométrica Ibitirama (57420000). 156
Figura 31. Curva de Permanência da estação fluviométrica Rive (57450000).....156
Figura 32. Curva de Permanência da estação fluviométrica Castelo (57490000)...157
Figura 33. Curva de Permanência da estação fluviométrica Usina São Miguel (57550000).....157
Figura 34. Curva de Permanência da estação fluviométrica Coutinho (57555000).157
Figura 35. Curva de Permanência da estação fluviométrica Caiana (57700000)....158
Figura 36. Curva de Permanência da estação fluviométrica Dores do Rio Preto (57720000).....158
Figura 37. Curva de Permanência da estação fluviométrica Guaçuí (57740000). ..158
Figura 38. Curva de Permanência da estação fluviométrica São José do Calçado (57770000).....159
Figura 39. Curva de Permanência da estação fluviométrica Ponte do Itabapoana (57830000).....159
Figura 40. Curva de Permanência da estação fluviométrica Mimoso do Sul (57880000).....159
Figura 41. Curva de Permanência da estação fluviométrica Santa Cruz (57930000). 160
Figura 42. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Iúna.....210
Figura 43. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Terra Corrida. 210
Figura 44. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Ibitirama.....211
Figura 45. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Rive. 211

Figura 46. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Castelo. 212
Figura 47. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Itaici. 212
Figura 48. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Caiana. 213
Figura 49. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Santa Cruz. 213
Figura 50. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Dores do Rio Preto. 214
Figura 51. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Guaçuí. 214
Figura 52. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação São José do Calçado. 215
Figura 53. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Ponte do Itabapoana. 215
Figura 54. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Mimoso do Sul. 216
Figura 55. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Iúna. 218
Figura 56. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Terra Corrida. 218

Figura 57. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Ibitirama..... 217
Figura 58. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Rive.....219
Figura 59. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Usina Fortaleza..... 219
Figura 60. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Itaici. 220
Figura 61. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Santa Cruz. 221
Figura 62. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Caiana. 221
Figura 63. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Dores do Rio Preto ...222
Figura 64. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Guaçuí. 222
Figura 65. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação São José do Calçado. 223
Figura 66. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Ponte do Itabapoana.223

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estações Fluviométricas instaladas e em operação na bacia do rio Itapemirim selecionadas para condução do presente trabalho. 43
Tabela 2. Estações Fluviométricas instaladas e em operação na bacia do rio Itabapoana selecionadas para condução do presente trabalho. 43
Tabela 3. Estações fluviométricas da bacia do rio Itapemirim e respectivos valores das variáveis independentes utilizadas para condução da regionalização hidrológica. ...47
Tabela 4. Estações fluviométricas da bacia do rio Itabapoana e respectivos valores das variáveis independentes utilizadas para condução da regionalização hidrológica. 47
Tabela 5. Ano de início de operação e extensão da série histórica referentes as estações fluviométricas utilizadas no presente trabalho 57
Tabela 6. Comparação entre as vazões de referência apropriadas utilizando-se todos os dados disponíveis e utilizando-se um período comum de dados fluviométricos...59
Tabela 7. Possíveis combinações entre as variáveis independentes utilizadas no presente trabalho e o valor do Fator Inflacionário de Variância (FIV) para cada uma delas.....66
Tabela 8. Valores da estatística "*Cp*" *de Mallows* para as vazões de referência da curva de permanência..... 70
Tabela 9. Valores da estatística "Cp" de Mallows para as vazões de referência da curva de probabilidade de vazões mínimas. 71
Tabela 10. Resultados para a aplicação da validação cruzada "Jack-Knife" para a regionalização da vazão de referência Q_{50}, utilizando-se Área como variável independente.....75
Tabela 11. Resultados para a aplicação da validação cruzada "Jack-Knife" para a regionalização da vazão de referência Q_{50}, utilizando-se Perímetro como variável independente.....76
Tabela 12. Resultados para a aplicação da validação cruzada "Jack-Knife" para a regionalização da vazão de referência Q_{50}, utilizando-se Perímetro e Declividade como variáveis independentes. 77

Tabela 13. Resultados para a aplicação da validação cruzada “Jack-Knife” para a regionalização da vazão de referência Q_{50}, utilizando-se Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes. 78
Tabela 14. Resultados para a aplicação da validação cruzada “Jack-Knife” para a regionalização da vazão de referência Q_{90}, utilizando-se Área como variável independente.....79
Tabela 15. Resultados para a aplicação da validação cruzada “Jack-Knife” para a regionalização da vazão de referência Q_{90}, utilizando-se Perímetro como variável independente.....80
Tabela 16. Resultados para a aplicação da validação cruzada “Jack-Knife” para a regionalização da vazão de referência Q_{90}, utilizando-se Perímetro e Declividade como variáveis independentes. 81
Tabela 17. Resultados para a aplicação da validação cruzada “Jack-Knife” para a regionalização da vazão de referência Q_{90}, utilizando-se Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes. 82
Tabela 18. Funções Regionais obtidas a partir do Método dos Valores Característicos, utilizando-se a Área como variável independente. 84
Tabela 19. Funções Regionais obtidas a partir do Método dos Valores Característicos, utilizando-se o Perímetro como variável independente. 84
Tabela 20. Funções Regionais obtidas a partir do Método dos Valores Característicos, utilizando-se o Perímetro e Declividade como variáveis independentes. 85
Tabela 21. Funções Regionais obtidas a partir do Método dos Valores Característicos, utilizando-se o Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes. 85
Tabela 22. Valores do erro padrão de estimativa (m^3/s) para variáveis independentes e combinações de variáveis utilizadas no presente trabalho, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o desvio padrão das vazões reais (m^3/s). 86
Tabela 23. Desvios (%), em relação às vazões reais, de vazões com diferentes permanências e estimadas por funções regionais estabelecidas pelo Método dos Valores Característicos. 88
Tabela 24. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro e a Declividade como variáveis independentes. 91

Tabela 25. Funções regionais apropriadas para condução da regionalização hidrológica de curvas de permanência por meio da aplicação do Método da Curva Exponencial. 95
Tabela 26. Parâmetros a e b associados às estações fluviométricas das bacias hidrográficas dos rios Itapemirim e Itabapoana. 96
Tabela 27. Valores do erro padrão de estimativa (m^3/s) para variáveis independentes e combinações de variáveis utilizadas no presente trabalho, utilizando-se o Método da Curva Exponencial e o desvio padrão das vazões reais (m^3/s). 97
Tabela 28. Desvios (%), em relação às vazões reais, de vazões com diferentes permanências e estimadas por funções regionais estabelecidas pelo Método da Curva Exponencial. 98
Tabela 29. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método da Curva Exponencial, utilizando o Perímetro, a Declividade e a Precipitação como variáveis independentes. 102
Tabela 30. Comparação dos desvios percentuais associados às funções regionais estabelecidas a partir dos métodos dos Valores Característicos e da Curva Exponencial. 107
Tabela 31. Funções Regionais para a curva de probabilidade de vazões mínimas produzidas a partir do Método dos Valores Característicos e utilizando a Área como variável independente. 110
Tabela 32. Funções Regionais para a curva de probabilidade de vazões mínimas produzidas a partir do Método dos Valores Característicos e utilizando o Perímetro como variável independente. 111
Tabela 33. Funções Regionais para a curva de probabilidade de vazões mínimas produzidas a partir do Método dos Valores Característicos e utilizando o Perímetro e a Declividade como variáveis independentes. 111
Tabela 34. Funções Regionais para a curva de probabilidade de vazões mínimas produzidas a partir do Método dos Valores Característicos e utilizando o Perímetro, a Declividade e a Precipitação como variáveis independentes. 111
Tabela 35. Funções Regionais para a curva de probabilidade de vazões mínimas produzidas a partir do Método dos Valores Característicos e utilizando a Área, o Perímetro e a Declividade como variáveis independentes. 112

Tabela 36. Valores do erro padrão de estimativa (m³/s) para variáveis independentes e combinações de variáveis utilizadas no presente trabalho, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o desvio padrão das vazões reais (m³/s). 112
Tabela 37. Desvios (%), em relação às vazões reais, de vazões com diferentes períodos de retorno e estimadas por funções regionais estabelecidas pelo Método dos Valores Característicos. 114
Tabela 38. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método dos Valores Característicos, utilizando a Área, o Perímetro e a Declividade como variáveis independentes. 118
Tabela 39. Funções Regionais para os coeficientes Média, Variância e Assimetria da distribuição de probabilidade Log Pearson III, consideradas as diferentes combinações de variáveis independentes.....122
Tabela 40. Valores do erro padrão de estimativa (m³/s) para variáveis independentes e combinações de variáveis utilizadas no presente trabalho, utilizando-se o Método dos Parâmetros e o desvio padrão das vazões reais (m³/s). 123
Tabela 41. Desvios (%), em relação às vazões reais, de vazões com diferentes períodos de retorno e estimadas por funções regionais estabelecidas pelo Método dos Parâmetros.....124
Tabela 42. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método dos Parâmetros, utilizando a Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes. 127
Tabela 43. Comparação dos desvios percentuais associados às funções regionais estabelecidas a partir dos métodos dos Valores Característicos e dos Parâmetros. 130
Tabela 44. Indicadores regionais de vazão utilizados para apropriação de vazões de referência para a região de estudo.....133
Tabela 45. Desvios percentuais entre as vazões reais e as vazões estimadas aplicando os Indicadores Regionais de vazões.....134
Tabela 46. Vazões (m³/s) extraídas da curva de permanência para as estações fluviométricas da bacia do rio Itapemirim. 154
Tabela 47. Vazões (m³/s) extraídas da curva de permanência para as estações fluviométricas da bacia do rio Itabapoana. 154

Tabela 48. Vazões (m³/s) da curva de probabilidades de vazões mínimas das estações da bacia do rio Itapemirim. 162
Tabela 49. Vazões (m³/s) da curva de probabilidades de vazões mínimas das estações da bacia do rio Itapemirim. 162
Tabela 50. Percentuais de registros de vazões médias diárias disponíveis anualmente para as estações fluviométricas utilizadas no presente estudo. 164
Tabela 51. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões. 168
Tabela 52. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões. 172
Tabela 53. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões. ...176
Tabela 54. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método da Curva Exponencial, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões. 180
Tabela 55. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método da Curva Exponencial, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões. 184
Tabela 56. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método da Curva Exponencial, utilizando o Perímetro e Declividade como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões. 188
Tabela 57. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas. 193
Tabela 58. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas. 195
Tabela 59. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro e Declividade como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas. 197

Tabela 60. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro, Declividade e Precipitação como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas. 199
Tabela 61. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas. 201
Tabela 62. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas. 203
Tabela 63. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando o Perímetro e Declividade como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas. 205
Tabela 64. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando a Área, Perímetro e Declividade como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas. 207

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE 1 – CURVAS DE PERMANÊNCIAS DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS DAS BACIAS DOS RIOS ITAPEMIRIM E ITABAPOANA 153

APÊNDICE 2 – CURVAS DE PROBABILIDADES DE VAZÕES MÍNIMAS DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS DAS BACIAS DOS RIOS ITAPEMIRIM E ITABAPOANA 161

APÊNDICE 3 – PERCENTUAIS DE REGISTROS DE VAZÕES MÉDIAS DIÁRIAS DISPONÍVEIS ANUALMENTE PARA AS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NO PRESENTE ESTUDO..... 163

APÊNDICE 4 – DESVIO (%) ENTRE AS VAZÕES OBTIDAS UTILIZANDO OS MÉTODOS DE REGIONALIZAÇÃO DA CURVA DE PERMANÊNCIA E A VAZÃO REAL 167

APÊNDICE 5 – DESVIO (%) ENTRE AS VAZÕES OBTIDAS UTILIZANDO OS MÉTODOS DE REGIONALIZAÇÃO DA CURVA DE PROBABILIDADE DE VAZÕES MÍNIMAS E A VAZÃO REAL.....192

APÊNDICE 6 – COMPARAÇÕES GRÁFICAS ENTRE AS MELHORES COMBINAÇÕES DE VARIÁVEIS INDEPENDENTES DOS MÉTODOS DOS VALORES CARACTERÍSTICOS E DA CURVA EXPONENCIAL E A VAZÃO REAL PARA A REGIONALIZAÇÃO DA CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES 209

APÊNDICE 7 – COMPARAÇÕES GRÁFICAS ENTRE AS MELHORES COMBINAÇÕES DE VARIÁVEIS INDEPENDENTES DOS MÉTODOS DOS VALORES CARACTERÍSTICOS E DOS PARÂMETROS E A VAZÃO REAL PARA A REGIONALIZAÇÃO DA CURVA DE PROBABILIDADE DE VAZÕES MÍNIMAS....217

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANA - Agência Nacional de Águas

CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais

ELETROBRÁS - Centrais Elétricas Brasileira S.A.

GPRH/UFV - Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos/Universidade Federal de Viçosa

IEMA - Instituto Estadual de Meio Ambiental e Recursos Hídricos

SisCAH - Sistema Computacional para Análise Hidrológica

1 INTRODUÇÃO

A água constitui recurso natural indispensável para praticamente todos os setores da atividade humana. O planejamento e a gestão dos recursos hídricos surgiram com o intuito de diminuírem os conflitos pelo uso da água, ocasionados pelo rápido crescimento populacional e crescente expectativa de melhor qualidade de vida (MATONDO, 2002).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) foi instituída pela Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, com o intuito de sistematizar os instrumentos de proteção dos recursos hídricos por meio do princípio da gestão por bacia hidrográfica e, desta forma, contribuir para a proteção dos recursos naturais. Para que possa ser efetivamente implementada, a PNRH estabeleceu diferentes instrumentos - Planos de recursos hídricos, enquadramento dos corpos d'água em classes segundo usos preponderantes, outorga dos direitos de uso de recursos hídricos, cobrança pelo uso dos recursos hídricos e sistema de informações sobre recursos hídricos.

Em virtude da deficiência da rede de monitoramento hidrológico brasileira, diversas bacias hidrográficas convivem com a insuficiência de dados – em qualidade e quantidade – para a implementação adequada e eficiente dos referidos instrumentos. Surge, dessa forma, a necessidade de desenvolvimento e aplicação de ferramentas que permitam estimativa de vazões naquelas regiões com monitoramento fluviométrico deficiente ou que não disponham de registros confiáveis de vazão. Neste contexto, a regionalização hidrológica apresenta-se como relevante ferramenta de apoio.

A regionalização hidrológica, conforme definida por Tucci (2002), é um conjunto de procedimentos estatísticos que permitem aproveitar ao máximo as informações hidrológicas existentes num local, por meio da concentração de informações disseminadas regionalmente em mapas, curvas ou funções, com a finalidade de estimar variáveis ou parâmetros hidrológicos em lugares sem dados ou com dados insuficientes, permitindo, assim, conhecer a distribuição espacial das variáveis ou parâmetros hidrológicos, além de melhorar suas estimativas temporais.

A regionalização hidrológica pode ser realizada para variáveis e funções hidrológicas, bem como para parâmetros de uma função ou modelo matemático. Variáveis hidrológicas descrevem variações temporais e/ou espaciais dos fenômenos do ciclo de água (NAGHETTINI e PINTO, 2007). A função hidrológica, por sua vez, representa uma relação entre uma variável hidrológica e uma ou mais variáveis explicativas ou estatísticas, como a curva de permanência de vazões ou a curva de probabilidade de vazões mínimas (TUCCI, 2002).

Segundo Baena (2004), a melhor função regional é aquela que apresentar maiores valores do coeficiente de determinação ajustado, menores valores de erro padrão fatorial e menor número de variáveis independentes.

Um dos métodos mais difundidos para regionalização de vazões é o Método Tradicional, detalhadamente descrito por Eletrobrás (1985), que consiste na identificação de regiões hidrologicamente homogêneas a partir do ajuste de equações de regressão entre as diferentes variáveis a serem regionalizadas e as características físicas e climáticas das bacias de drenagem.

Além do Método Tradicional, diversas outras metodologias são utilizadas para a regionalização hidrológica. Tucci (2014) descreve diferentes métodos que permitem a regionalização das curvas de probabilidade de vazões (máximas ou mínimas) ou da curva de permanência, com particular destaque o método da curva adimensional, o método dos parâmetros e o método da curva exponencial. Nestes métodos, a regionalização também é levada a termo com auxílio de análise de regressão.

Chaves *et al*. (2002) desenvolveram metodologia utilizando técnicas de interpolação e extrapolação de vazões mínimas, pela qual foi possível a estimativa de vazões em função da posição relativa da seção de interesse em relação aos postos fluviométricos mais próximos.

Baena (2004) utilizou sistema de informação geográfica como ferramenta principal para a regionalização de vazões na bacia do Paraíba do Sul. Castellarin *et al.* (2004), por sua vez, utilizaram técnicas de interpolação para a determinação de vazões mínimas na região central da Itália. Tucci (2002) indicou a utilização de indicadores - valores médios regionais de variáveis hidrológicas - para situações em que se busca

uma primeira estimativa dos usos e controles dos recursos hídricos em locais sem dados.

O presente trabalho tem como principal perspectiva comparar as respostas de diferentes metodologias aplicáveis a regionalização hidrológica de curvas de permanência, de curva de probabilidades de vazões mínimas ou de vazões mínimas de referência.

2 OBJETIVOS

2.1 GERAL

Avaliar a resposta de diferentes métodos de regionalização hidrológica aplicáveis à apropriação de variáveis e funções hidrológicas para as bacias hidrográficas dos rios Itapemirim e Itabapoana.

2.2 ESPECÍFICOS

- Avaliar a influência da extensão da série histórica na apropriação de vazões de referência;
- Comparar as repostas produzidas por diferentes métodos aplicáveis a regionalização de curvas de permanência;
- Comparar as respostas produzidas por diferentes métodos aplicáveis a regionalização de curvas de probabilidades de vazões mínimas;
- Estimar indicadores regionais de vazão e avaliar suas respostas quando da apropriação de vazões de referência.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 REGIONALIZAÇÃO HIDROLÓGICA

De acordo com Ibiapina *et al.* (1999), para o aproveitamento adequado dos recursos hídricos disponíveis no Brasil é fundamental que se conheça o comportamento dos rios e seus regimes de variação de vazões, assim como os regimes pluviométricos das diversas bacias hidrográficas, o que exige um trabalho permanente de coleta e interpretação de dados, uma vez que a confiabilidade da análise hidrológica, torna-se maior à medida que as séries históricas ficam mais extensas.

Para a estimativa das vazões é necessário o conhecimento dos registros históricos; no entanto, muitas vezes, essas informações não estão disponíveis no local de interesse ou não representam corretamente as condições da bacia hidrográfica (PANDEY; NGUYEN, 1999). Nessas situações é necessário o uso de ferramentas que auxiliem na obtenção de informações acerca do comportamento hidrológico da bacia. Neste contexto, surge a regionalização hidrológica.

Para Eslamian e Biabanak (2008), a regionalização hidrológica é uma técnica utilizada para suprir a carência de informações hidrológicas em locais com pouca ou nenhuma disponibilidade de dados. Segundo Fill (1987), a regionalização hidrológica constitui, essencialmente, um processo de transferência de informações de um local para outro. A referida técnica relaciona os processos hidrológicos com características físicas e climáticas de uma bacia.

A regionalização de parâmetros ou variáveis hidrológicas tem a finalidade de extrair o máximo de informação dos dados pontuais disponíveis, extrapolando-os espacialmente dentro de um contexto temporal (ELETROBRAS, 1985).

Segundo Tucci (2014), a regionalização hidrológica pode ser elaborada para:

a) *Variáveis*: quando uma variável pode ser determinada numa região com base em relações estabelecidas por meio dos dados pontuais existentes;

b) *Funções*: quando uma função hidrológica pode ser determinada numa região com base em dados hidrológicos existentes;

c) *Parâmetros*: os parâmetros de uma função ou de um modelo matemático podem ser determinados pela sua relação com características físicas das bacias.

d) *Indicadores Regionais*: valores médios de variáveis ou proporções que permitam uma rápida estimativa de uma variável ou entendimento do seu comportamento.

A transferência de dados hidrológicos, parâmetros ou relações obtidas de uma bacia para outra, ou para bacias sem coletas de dados, tem importância prática evidente. Normalmente, projetos relacionados à hidrologia estão situados em locais onde não há dados disponíveis, ou sua escala ou localização dificultam a obtenção dos mesmos. Assim, faz-se necessária a transferência de dados a partir de informações existentes (MIMIKOU, 1990).

De acordo com Tucci (2002), a regionalização envolve as seguintes etapas:

i. Definição dos limites da área a ser estudada;
ii. Definição das variáveis dependentes e explicativas da regionalização;
iii. Seleção dos dados das variáveis;
iv. Determinação das funções regionais: relações regionais e definição das regiões homogêneas.

A regionalização de vazões foi realizada em diversos trabalhos em diferentes regiões no Brasil. Obregon *et al.* (1999) realizaram regionalização de vazões da curva de permanência e da curva de regularização nas bacias afluentes à Lagoa Mirim (RS) utilizando série de vazões estendidas por meio de modelos hidrológicos precipitação-vazão. Os resultados obtidos mostraram que as funções regionais apresentaram melhor correlação utilizando-se as séries de vazões estendidas. Córdoba *et al.* (2000) aplicaram métodos de regionalização de vazões da curva de permanência para identificar a existência de homogeneidade na Bacia do Rio Itajaí, permitindo a determinação de vazões mínimas nos cursos d'água da bacia, independentemente de sua magnitude.

Chaves *et al.* (2002) utilizaram método de regionalização hidrológica que utiliza técnicas de inter e extrapolação automáticas em sistemas de informação geográfica para regionalização de vazões mínimas. O método proposto foi superior ao método tradicional (baseado em análises de regressão). Curado (2003), por sua vez, trabalhou com indicadores de vazões mínimas de referência em sub-bacias do Rio Miranda e

concluiu que os resultados encontrados representam adequadamente a variabilidade temporal das vazões e mostram a importância destes para determinar vazões mínimas em locais sem registros fluviométrticos.

Baena *et al.* (2004) se basearam em modelo digital de elevação para a regionalização de vazões máxima, mínima, média de longo período e da curva de permanência na bacia do Paraíba do Sul. O modelo digital de elevação mostrou-se hidrologicamente consistente, possibilitando, assim, a determinação automática das características físicas da bacia. Já Reis *et al.* (2008) realizaram estudo utilizando indicadores regionais para avaliação do regime de vazões dos cursos d'água na bacia hidrográfica do Rio Itabapoana. Os indicadores obtidos apresentaram-se consistentes, produzindo erros percentuais entre valores reais e estimados de vazões similares a aqueles reportados na literatura técnica corrente. Os trabalhos de Euclydes *et al.* (2001a, 2001b, 2003) demonstram que, por meio da técnica da regionalização hidrológica, é possível estimar variáveis e funções hidrológicas (vazão média de longo período, vazão máxima, vazão mínima, curvas de permanência e curvas de regularização) visando a estimativa das potencialidades e disponibilidades dos recursos hídricos em qualquer curso d'água da Bacia do Rio das Velhas, da Bacia do Alto São Francisco a montante da Barragem de Três Marias e da Bacia do Rio Paranaíba, todas bacias definidas no estado de Minas Gerais.

Na literatura internacional diversos trabalhos apresentam, aplicam e discutem as diferentes técnicas de regionalização hidrológicas. Tavakkoli e Hosseini (2014), por exemplo, utilizaram a análise de cluster para determinação de regiões homogêneas e, posteriormente, aplicaram o método de regressão múltipla para regionalização de vazões máximas na província de Khorasan Razavi, norte do Irã. A área de estudo, definida por meio da aplicação da análise de cluster, apresentou duas regiões homogêneas. O método de regionalização utilizando regressão múltipla apresentou alto coeficiente de correlação, principalmente quando da divisão da área de estudo em duas regiões homogêneas.

Laaha e Bloschl (2006) realizaram estudo envolvendo dados hidrológicos de 325 sub-bacias na Áustria, objetivando comparar o desempenho de quatro métodos de regionalização da vazão com permanência de 95% (vazão de referência Q_{95}). Dos

métodos empregados, aquele que apresentou melhor desempenho foi o baseado em um agrupamento de bacias conforme a sazonalidade de vazões mínimas. Segundo os referidos autores, tal comportamento foi provavelmente decorrente das diferenças marcantes na região de estudo ao longo do ano.

Isik e Singh (2009) apresentaram abordagem que combina três métodos de regionalização com o intuito de estabelecer regiões homogêneas e estimar vazões em locais sem registros hidrológicos. Primeiramente, objetivando a definição do número de regiões homogêneas, utilizou-se algoritmo de agrupamento hierárquico aglomerativo. Na sequência, utilizaram o método da partição "*k-means*" para a delimitação das regiões homogêneas. Por fim, um método para regionalização da curva de permanência foi utilizado para a obtenção do potencial hídrico em bacias sem dados hidrológicos. Os dados hidrológicos utilizados neste estudo foram obtidos a partir de 1410 estações fluviométricas instaladas e operadas na Turquia. Foram definidas seis regiões homogêneas e o coeficiente de correlação das vazões encontradas por meio do método de regionalização da curva de permanência apresentou variação entre 72 a 100%, valores considerados muito bons.

Mamun *et al.* (2010), por sua vez, estudaram a regionalização hidrológica de curvas de probabilidades de vazões mínimas utilizando regressão múltipla, estabelecendo sete regiões homogêneas na Malásia. As equações de regressão encontradas apresentaram elevado coeficiente de correlação, usualmente superior a 90%.

Sarhadi e Modarres (2011) apresentaram comparação de três métodos voltados para a regionalização de cheias. O primeiro método foi baseado nas frequências relativas de ocorrências de cheias, o segundo baseia-se nas estatísticas direcionais e, por fim, um método que teve como base uma abordagem gráfica utilizando o modelo *Peak Over Threshold – Discrete Seasonal* (POT-DS). Tais métodos foram aplicados na bacia de Halil Rud, sudeste do Irã. Para a avaliação do melhor método foi utilizado o procedimento de validação cruzada "*Jack-Knife*". Os resultados mostraram que o método baseado no modelo POT-DS apresenta melhor eficácia que os demais na predição de cheias em locais sem dados.

Booker e Snelder (2012) analisaram curvas de permanência de 379 estações fluviométricas localizadas em toda Nova Zelândia, com o objetivo de investigar como

a parametrização (processo de cálculo dos parâmetros estatísticos) e a generalização (forma como os parâmetros são relacionados com as características da bacia hidrográfica) influenciam a predição empírica de curvas de permanência em locais sem dados hidrológicos. Um procedimento de validação cruzada "*Jack-Knife*" foi utilizado para avaliação de cada método. Como resultado, a combinação de técnicas de parametrização e generalização apresentou melhor eficácia do que quando empregadas isoladamente.

3.2 VARIÁVEIS INDEPENDENTES

Nos estudos de regionalização devem ser consideradas as características físicas e climáticas das bacias hidrográficas que mais interferem na distribuição espacial da vazão e que sejam facilmente mensuráveis. A determinação dessas variáveis para cada local de interesse limita consideravelmente a obtenção e a aplicação dos resultados de um estudo convencional de regionalização de vazões, pois se trata de um processo mecânico e trabalhoso (BAENA, 2002).

Em estudos de regionalização hidrográfica é importante que se conheça as características físicas e climáticas que influenciam e explicam o comportamento e a distribuição das vazões a serem regionalizadas, priorizando aquelas que sejam de fácil determinação.

3.2.1 Características Físicas

Segundo Villela e Mattos (1975), o conhecimento das características físicas é de grande utilidade, uma vez que ao se estabelecer relações entre elas e os dados hidrológicos pode-se determinar indiretamente variáveis hidrológicas em seções ou locais de interesse onde não existem registros disponíveis.

De acordo com Tucci (2002), deve-se considerar que as características físicas devem ser representativas dos fenômenos que se deseja representar. É essencial a utilização de características que sejam de fácil obtenção e extração. Do contrário, as equações de regionalização fornecidas dificilmente serão aplicadas no futuro.

Usualmente são empregadas, em trabalhos de regionalização hidrológica, características físicas como a área da bacia, o comprimento do curso d'água principal

e a densidade de drenagem (TUCCI *et al.*, 1983). Ressalta-se que outras características físicas podem ser utilizadas para conformação de relação com variáveis hidrológicas, desde que sejam representativas dos fenômenos que se deseja simular.

Baena (2002), em estudo na bacia do rio Paraíba do Sul, verificou que a área de drenagem e o comprimento do rio principal foram as variáveis que melhor representaram a vazão mínima. Para a vazão média de longo período a área de drenagem foi a variável mais representativa acompanhada do comprimento do rio principal e/ou da precipitação total anual. A área e a densidade de drenagem foram as variáveis mais expressivas para a representação da vazão em todos os níveis de permanência regionalizados. Também área de drenagem foi a variável que melhor explicou o comportamento das diferentes vazões regularizadas, sendo acompanhada do comprimento do rio principal.

Marcuzzo e Pickbrenner (2015) utilizaram como variáveis explicativas a área de drenagem e a área de drenagem mais a precipitação média anual a montante das estações fluviométricas para estudo da vazão de 80, 85, 90 e 95% de permanência nas Bacias da Lagoa dos Patos, do Lago Guaíba, do Litoral Médio e dos rios Camaquã, Caí, Gravataí, Jacuí, Sinos e Tramandaí. Segundo os referidos autores, as equações que empregaram apenas a área de drenagem como variável explicativa apresentaram os melhores resultados para a sub-bacia. Virães *et al.* (2014) desenvolveram estudo metodologicamente similar, utilizando apenas a Q_{95} como variável dependente; este estudo envolveu as bacias dos rios Itapicuru, Vaza Barris, Real, Inhambupe, Pojuca, Sergipe, Japaratuba, Subaúma e Jacuípe, todas localizadas nos estados de Sergipe e Bahia.

Kim (2008), em estudo de aplicação de diferentes metodologias de regionalização hidrológica na bacia do Rio Nilo, na Etiópia, fez um apanhado de diferentes trabalhos que incorporaram variadas características físicas de bacias hidrográficas. A área de drenagem (Lall e Olds, 1987; Yokoo *et al.*, 2001; Mwakalia, 2003; Hundecha e Bárdossy, 2004; Bárdossy, 2007) e a declividade média da bacia (Hughes, 1989; Xu, 2003; Kokkonen *et al.*, 2003; Mwakalia, 2003; Heuvelmans *et al.*, 2006),

apresentaram-se como as características mais relevantes para avaliar o comportamento hidrológico por meio de funções regionais.

3.2.2 Características Climáticas

De acordo com Lemos (2006), a precipitação influencia diretamente o comportamento da vazão de um curso d'água, sendo uma das principais variáveis explicativas nos estudos de regionalização hidrológica. Baena (2002) também ressalta a importância da precipitação em estudos de regionalização em virtude da forte influência que exerce sobre o comportamento da vazão de um curso d'água. Barbosa *et al.* (2005) afirmam que a precipitação média, o total anual ou o total do semestre mais chuvoso são normalmente empregados como variáveis independentes em regionalização hidrológica.

Silva *et al.* (2002), estudando a regionalização de vazões máximas, médias de longo período e mínimas para a bacia do rio Paraguaçu, utilizaram para a regionalização de vazões máximas as seguintes precipitações: máxima diária anual; do semestre mais chuvoso; do trimestre mais chuvoso e do mês mais chuvoso; para vazão média de longo período: a precipitação total anual; a do semestre mais seco e do trimestre mais seco. A precipitação total anual foi a variável climática mais expressiva para a representação das vazões mínimas, média de longo período e das vazões correspondentes aos diferentes níveis de permanência.

Já Agra *et al.* (2003) utilizaram a precipitação como variável independente para avaliar diferentes metodologias de regionalização de vazões na bacia do Rio Carreiro, localizada no estado do Rio Grande do Sul.

Fioreze *et al.* (2008) avaliaram o desempenho de equações de regionalização das vazões média de longo período, mínima, máxima, com 95% de permanência, mínima com sete dias de duração e dez anos de tempo de retorno e médias mensais ajustadas para a região da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, em Goiás, utilizando a precipitação, dentre outras, como variável independente. Os referidos autores concluíram que as funções regionais que possuem a precipitação média da bacia hidrográfica como variável independente não permitiram a obtenção de resultados

satisfatórios, indicando que tais funções não são robustas a ponto de serem utilizadas indiscriminadamente.

3.3 FUNÇÕES REGIONALIZÁVEIS

A regionalização hidrológica pode ser realizada para variáveis e funções hidrológicas. A vazão instantânea de uma seção de um rio, a vazão média de longo período ou a precipitação num ponto da bacia durante 24 horas, constituem exemplos de variáveis hidrológicas. A função hidrológica, por sua vez, representa uma relação entre uma variável hidrológica e uma ou mais variáveis explicativas ou estatística (probabilidade), como a curva de permanência e curva de probabilidades de vazões mínimas e máximas (TUCCI, 2002).

Neste trabalho, as funções hidrológicas objeto de análise regional serão as curvas de probabilidades de vazões mínimas e as curvas de permanência de vazões. Estas funções serão sumariamente definidas nas seções subsequentes.

3.3.1 Curvas de Probabilidades de Vazões Mínimas

A curva de probabilidade de vazões mínimas relaciona a vazão mínima extrema e a probabilidade de ocorrerem valores menores ou iguais a essa vazão. De acordo com Tucci (2002), a análise de probabilidade de vazões mínimas é estabelecida para os menores valores médios de um período de “d” dias. Segundo o referido autor, o conhecimento de vazões mínimas é importante para projetos de abastecimento de água, irrigação, geração de energia elétrica, outorga de uso da água, entre outros.

3.3.2 Curvas de Permanência

Uma curva de permanência de vazões, também conhecida como curva de duração, relaciona a vazão e a porcentagem do tempo em que ela é superada ou igualada sobre todo o período histórico utilizado para sua construção. Representa o complemento da função distribuição cumulativa de probabilidade de vazões ou a probabilidade de excedência das vazões (QUIMPO; MCNALLY, 1983; VOGUEL; FENNESSEY, 1994).

Além dos resultados diretos que fornecem para o estudo do aproveitamento das disponibilidades do curso d’água, constituem um instrumento valioso de comparação

entre bacias hidrográficas, representando os efeitos do relevo, da vegetação e uso do solo e da precipitação na distribuição das vazões (EUCLYDES *et al*., 2001b).

As curvas de permanência sintetizam, de maneira simples, o regime hidrológico de uma bacia hidrográfica. Sua forma e declividade expressam a variabilidade das vazões e são determinadas por características físicas, climáticas, morfológicas e de cobertura vegetal da bacia em questão.

Adicionalmente, curvas de permanência são relevantes no que tange ao processo de outorga de recursos hídricos. No Estado do Espírito Santo, por exemplo, o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA) instituiu a Instrução Normativa nº 13, de 09 de dezembro de 2009, por meio da qual determina a utilização da vazão de 90% de permanência (Q_{90}) como vazão de referência para outorga do uso de água em corpos d'água no domínio estadual.

3.4 REGIONALIZAÇÃO HIDROLÓGICA DE VARIÁVEIS E FUNÇÕES

A regionalização de variáveis e/ou funções hidrológicas pode ser conduzida por diferentes métodos, conforme ilustram os trabalhos de Eletrobrás (1985), Tucci (2002), Chaves (2002) e Baena (2004), Laaha e Bloschl (2006), Isik e Singh (2009) e Sarhadi e Modarres (2001). Dentre os métodos disponíveis, função da facilidade de uso e qualidade das respostas, o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial têm sido recorrentemente empregados para a regionalização hidrológica das curvas de permanência. Já para a regionalização hidrológica das curvas de probabilidade de vazões mínimas o Método dos Parâmetros têm sido aplicado por diferentes autores. Os referidos métodos estão apresentados nas seções subsequentes.

3.4.1 Método dos Valores Característicos

Segundo Tucci (2002), no Método dos Valores Característicos, inicialmente determinam-se as vazões características associadas às curvas de probabilidades das vazões máximas ou mínimas, assim como vazões características extraídas da curva de permanência. Na sequência, os referidos valores de vazão são relacionados com variáveis explicativas através de análises de regressão. A análise de regressão pode ser simples (uso de somente uma variável explicativa) ou multivariada (que se

caracteriza pelo uso de mais de uma variável explicativa concomitantemente). Desta forma, o Método dos Valores Característicos pode ser utilizado tanto para regionalizar variáveis hidrológicas quanto para funções hidrológicas.

Dificuldades na aplicação do Método dos Valores Característicos ocorrem quando as séries dos dados utilizados não são homogêneas, com postos com séries curtas, estabelecendo valores de vazão para tempos de retorno altos com grande erro, deteriorando a análise de regressão (TUCCI, 2002).

O Método dos Valores Característicos já foi aplicado por diversos autores em diferentes regiões brasileiras. Baena (2002) utilizou o método para regionalização das vazões máxima, mínima e média de longo período e regionalização da curva de permanência de vazões para a bacia do Rio Paraíba do Sul, a montante da cidade de Volta Redonda, e estabeleceu que a área de drenagem e o comprimento do curso d água principal caracterizaram-se como as variáveis mais expressivas para a representação das diversas variáveis e funções regionalizadas, à exceção da regionalização da curva de permanência, na qual a densidade de drenagem substituiu o comprimento do rio principal.

Coser (2003) estabeleceu a regionalização da vazão $Q_{7,10}$ considerando dois métodos: Valores Característicos e da Eletrobrás. Para a região onde se encontra a bacia do rio Santa Maria da Vitória, observou-se que tanto o Método dos Valores Característicos quanto o da Eletrobrás foram considerados satisfatórios, sendo que, em ambos os métodos, a variável que melhor representou a variação da $Q_{7,10}$ foi a área de drenagem

Silva *et al.* (2003) aplicaram o Método dos Valores Característicos para a regionalização das vazões médias, máximas, mínimas e da curva de permanência na bacia do rio Grande, situada no Estado do Paraná, tendo observado que a área de drenagem foi a variável que melhor explicou o comportamento das vazões. Já Rameh *et al.* (2003) realizaram estudo de regionalização de vazões pelo referido método em sub-bacias do rio São Francisco.

Marques (2006) adotou o Método dos Valores Característicos para regionalizar vazões mínimas de referência ($Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95}) na bacia do Rio Doce e, como principal resultado, foram estabelecidas seis regiões hidrologicamente homogêneas e obtidas

equações de regressão que estimaram vazões mínimas com erro relativo médio de 27%.

Oliveira (2008) realizou estudo de regionalização de vazões utilizando o Método dos Valores Característicos para a bacia hidrográfica do Rio Grande e constatou que, com base nos resultados obtidos, o uso da variável vazão equivalente ou da área de drenagem produziu os melhores ajustes estatísticos; no entanto, o uso da área de drenagem teve tendência a superestimar as vazões em relação ao uso da vazão equivalente e, no estudo das vazões naturais (vazão sem a interferência humana sobre os recursos hídricos em determinado local), o uso da área de drenagem produziu resultados mais consistentes.

Oliveira (2013) aplicou o método dos valores característicos para a regionalização de vazões nas bacias do Alto Rio Grande e Vertentes do Rio Grande, no Rio Grande do Sul. Os resultados sinalizaram que a metodologia utilizada mostrou-se adequada, visto que os modelos apresentaram estatísticas de precisão satisfatórias, indicando bons ajustes das funções regionais.

Rifai *et al.* (2000) estabeleceram equações de regressão para a vazão média e vazões mínimas no estado do Texas, Estados Unidos da América, baseado em características físicas e climáticas de 63 bacias hidrográficas. As variáveis independentes incluídas foram área de drenagem, declividade e precipitação. Como resultado as equações de regressão para a vazão média obtiveram coeficiente de determinação ajustado superiores que as equações de regressão estabelecidas para as vazões mínimas $Q_{7,10}$ e $Q_{7,2}$. Já Waltemeyer (2002) regionalizou, por meio do Método dos Valores Característicos, vazões mínimas em regiões montanhosas no Novo México utilizando dados de 40 bacias hidrográficas e as variáveis independentes área de drenagem, declividade da bacia e precipitação. As equações de regressão obtidas apresentaram erro padrão médio de 94% e coeficiente de determinação de 0,66.

3.4.2 Método da Curva Exponencial

O Método da Curva Exponencial, usualmente empregado para a regionalização da curva de permanência, considera o comportamento exponencial da curva no intervalo compreendido entre as vazões Q_{50} e Q_{95}. Para efetuar a regionalização, considera-se

que o trecho estabelecido entre as referidas vazões pode ser descrito por uma função potencial (equação (1)).

$$Q_n = e^{(a.P_n+b)} \quad (1)$$

Na equação (1), Q_n corresponde à vazão com permanência P_n. Para a determinação dos coeficientes *a* e *b* são utilizadas as equações (2) e (3).

$$a = \frac{\ln\left(\frac{Q_{50}}{Q_{95}}\right)}{(0,95-0,50)} \quad (2)$$

$$b = \ln(Q_{50}) - 0,5.a \quad (3)$$

Agra *et al.* (2003), utilizaram o método da curva exponencial para a regionalização de curvas de permanência na Bacia do Rio Carreiro, Rio Grande do Sul. A curva de permanência gerada apresentou valores de vazão de permanência da ordem de 23% abaixo dos valores da curva de permanência obtidas por meio da série histórica de registros fluviométricos.

Cortês (2004) utilizou o método da curva exponencial para a regionalização hidrológica de vazão na bacia do Rio dos Bois, no Estado de Goiás. As equações regionalizadas contendo todas as variáveis independentes apresentaram coeficientes de determinação acima de 0,95 e erros relativos médios entre os valores observados e estimados relativamente baixos, validando assim o uso dessas equações. Reis *et al.* (2006), utilizaram o referido método para a regionalização de curvas de permanência de vazão para rios do Estado do Espírito Santo. O trabalho permitiu identificar 3 (três) regiões hidrologicamente homogêneas e apresentar expressões regionais aplicáveis à apropriação da curva de permanência de seções de cursos d'água que não possuem monitoramento sistemático.

3.4.3 Método dos Parâmetros

O pressuposto para aplicação desse método é que uma mesma função de distribuição de probabilidades seja válida para descrever o comportamento das vazões extremas (máximas ou mínimas) em todas as estações fluviométricas localizadas em uma região considerada homogênea, do ponto de vista da variável a ser regionalizada. (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Segundo Naghettini e Pinto (2007), a variabilidade espacial, ao longo da região em estudo, pode ser sintetizada por meio de um estudo de regressão entre os diferentes parâmetros que definem a distribuição de probabilidades em cada estação e as grandezas fisiográficas e/ou climatológicas locais. Sendo assim, pode-se definir os parâmetros da distribuição de probabilidades ajustada, em qualquer ponto da região hidrologicamente homogênea, a partir das características fisiográficas e/ou climatológicas locais.

Vogel e Wilson (1996) realizaram uma análise das distribuições de probabilidade Generalizadas de Valores Extremos, Log Normal III parâmetros e a Log Pearson III, para vazões mínimas em escala nacional, na Nova Zelândia e nos Estados Unidos da América. A Log Pearson III foi considerada pelos autores como sendo a distribuição que melhor se ajustou às séries históricas de vazões mínimas.

Mamun *et al.* (2010), em um estudo de regionalização de vazões mínimas para a Malásia, testaram os três tipos de distribuições Generalizadas de Valores Extremos, a Log Normal e a Log Pearson III. A distribuição que melhor se ajustou foi a Generalizada de Valores Extremos III com parâmetro de forma positiva, também denominada distribuição de probabilidade Weibull.

Wolff (2013) estabeleceu metodologia de regionalização hidrológica para o Estado de São Paulo baseando-se na regionalização dos parâmetros da função de distribuição cumulativa de probabilidade Log Normal III; como resultado, constituiu função regional que apresentou melhor desempenho que aquele obtido pelo método de regionalização proposto por Liazi *et al.* (1988).

Rianna (2010), por sua vez, regionalizou parâmetros de diversas distribuições de probabilidade para conformação de curvas de probabilidades de vazões mínimas em bacias hidrográficas localizadas na região central da Itália. O método de regionalização hidrológica proposto apresentou bons resultados para a predição de vazões, mesmo considerando a pequena quantidade de estações utilizadas pelo autor.

3.5 INDICADORES REGIONAIS

Os indicadores regionais surgem como uma alternativa para a regionalização de variáveis hidrológicas. Um indicador regional é um valor médio de uma variável hidrológica (ou uma proporção entre variáveis hidrológicas) característico de uma região com comportamento homogêneo (REIS *et al*., 2008).

Trabalhos como Tucci (2002), Tucci *et al.* (2003) e Reis *et al.* (2008) ilustram o emprego de indicadores regionais para apropriação de vazões médias, mínimas e máximas em diferentes bacias hidrográficas.

Função do escopo da presente proposta de pesquisa, os itens subsequentes apresentarão os indicadores regionais usualmente utilizados para estimativas de vazões mínimas e vazões com diferentes permanências nos cursos d'água.

3.5.1 Indicadores obtidos a partir da Curva de Permanência

Diversas relações podem ser obtidas utilizando-se as vazões originadas da curva de permanência; dentre elas, destacam-se as relações estabelecidas pelas equações (4), (5) e (6).

$$rcp_{50} = \frac{Q_{50}}{Q_m} \tag{4}$$

$$rcp_{90} = \frac{Q_{90}}{Q_m} \tag{5}$$

$$rcp_{95} = \frac{Q_{95}}{Q_m} \tag{6}$$

Nas equações (4), (5) e (6), Q_{90} representa a vazão com permanência de 90%, Q_{95} a vazão com permanência de 95%, características do comportamento de estiagem de uma bacia Q_{95}característica do comportamento de estiagem de uma bacia, Q_{50} a vazão com permanência de 50%, característica de condições médias de escoamento do curso d'água e Q_m é a vazão média de longo período da estação fluviométrica em questão.

3.5.2 Indicadores de Vazões Mínimas

Usualmente dois indicadores são utilizados para apropriação das vazões mínimas. O $r_{7,10}$, que propõe relação entre a vazão média e uma vazão mínima característica ($Q_{7,10}$), e o r_m, que estabelece relação entre duas vazões mínimas características ($Q_{7,10}$ e Q_{95}). Os referidos indicadores são estabelecidos pelas equações (7) e (8), respectivamente.

$$r_{7,10} = \frac{Q_{7,10}}{Q_m} \quad (7)$$

$$r_m = \frac{Q_{95}}{Q_{7,10}} \quad (8)$$

O indicador $r_{7,10}$ estabelece uma proporção entre a vazão média e uma vazão mínima característica, permitindo avaliar a vazão mínima a partir da média histórica de vazões na seção fluviométrica considerada. O indicador r_m, por sua vez, permite identificar a relação entre as duas vazões usualmente empregadas para caracterizar o regime de recessão de um curso d'água ($Q_{7,10}$ e Q_{95}) (REIS, 2008).

4 ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi conduzido para as bacias hidrográficas dos rios Itabapoana e Itapemirim, ambas localizadas na porção sul do Estado do Espírito Santo. As referidas bacias também abrangem pequenas porções dos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro. Silva (2014), em estudo de regionalização na mesma área de estudo do presente trabalho, sugeriu que as bacias hidrográficas dos rios Itapemirim e Itabapoana, constituem uma região hidrologicamente homogênea. Abaixo são apresentadas informações relativas às referidas bacias.

4.1 BACIA DO RIO ITABAPOANA

A bacia do rio Itabapoana possui área de drenagem de 4.875 km² e abrange, total ou parcialmente, dezoito municípios nos estados do Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Nasce na Serra do Caparaó, em Alto Caparaó (MG), inicialmente com o nome de rio Preto. Após confluência com o rio Verde, passa a ser denominado rio Itabapoana, desaguando no Oceano Atlântico.

Os principais afluentes do rio Itabapoana são os rios Muribeca, São Pedro, Muqui do Sul, Preto, Calçado, Ribeirão, Barra Alegre e Boa Vista, e os córregos São Pedro e São Bento.

A região é caracterizada por pluviosidade relativamente baixa, apresentando pluviosidade entre 1.020 e 1.140 mm na baixada litorânea. Nas regiões de cabeceiras a pluviosidade média é pouco mais alta, variando entre 1.470 e 1.600 mm (IEMA, 2008).

As águas do rio Itabapoana são utilizadas para abastecimento público, processos industriais, dessedentação de animais e irrigação. A base econômica da região é representada pelos serviços urbanos e pelas atividades do setor primário (ainda utilizando técnicas tradicionais), como a pecuária leiteira, a cafeicultura, o plantio de cana-de-açúcar e a fruticultura tropical. O Rio Itabapoana também possui cinco hidrelétricas e várias cachoeiras e planícies em seu percurso. Apesar da cobertura florestal escassa, a Bacia está na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica (CEMIG, acesso em 8 dez. 2015).

4.2 BACIA DO RIO ITAPEMIRIM

A bacia do rio Itapemirim está quase totalmente localizada no Estado do Espírito Santo e apresenta pequena parte do Estado de Minas Gerais, com uma área de drenagem de 6.014 km². Os municípios capixabas localizados, total ou parcialmente, na Bacia do Itapemirim são, Ibatiba, Irupi, Iúna, Ibitirama, Muniz Freire, Alegre, Conceição do Castelo, Venda Nova do Imigrante, Castelo, Vargem Alta, Cachoeiro de Itapemirim, Jerônimo Monteiro, Muqui, Atílio Vivácqua, Presidente Kennedy, Itapemirim e Marataízes. Lajinha é o único município do Estado de Minas Gerais parcialmente abrangido pela bacia.

O Rio Itapemirim possui nascentes na Serra do Caparaó e é formado pelos rios Braço Norte Esquerdo e Braço Norte Direito que se unem no município de Alegre. A jusante, as águas do Itapemirim recebem contribuição do rio Castelo, no distrito de Coutinho, município de Cachoeiro de Itapemirim. O último grande afluente, antes da desembocadura com o Oceano Atlântico, é o Rio Muqui, que se junta ao Itapemirim no município de Itapemirim.

As precipitações na bacia são variáveis ao longo de seu curso, sendo menores na faixa litorânea, entre 1.020 e 1.240 mm anuais, ocasionando déficit hídrico na região. Na região da serra do Caparaó, cujo ponto culminante atinge altitude de 2.891,98 m (Pico da Bandeira), a precipitação aumenta até 1.570 mm anuais (IEMA, 2008).

Por estar localizada em uma zona de transição entre as regiões sudeste e nordeste, próxima ao oceano, e por possuir consideráveis variações no relevo, a bacia possui grande diversidade climática. Apesar disso, a temperatura e a chuva possuem comportamentos, ao longo do ano, semelhantes em toda a extensão da bacia, sendo os verões chuvosos e os invernos secos (KLIGERMAN, 2001).

A Figura 1 ilustra as bacias hidrográficas dos rios Itapemirim e Itabapoana, área de estudo abrangida pelo presente trabalho.

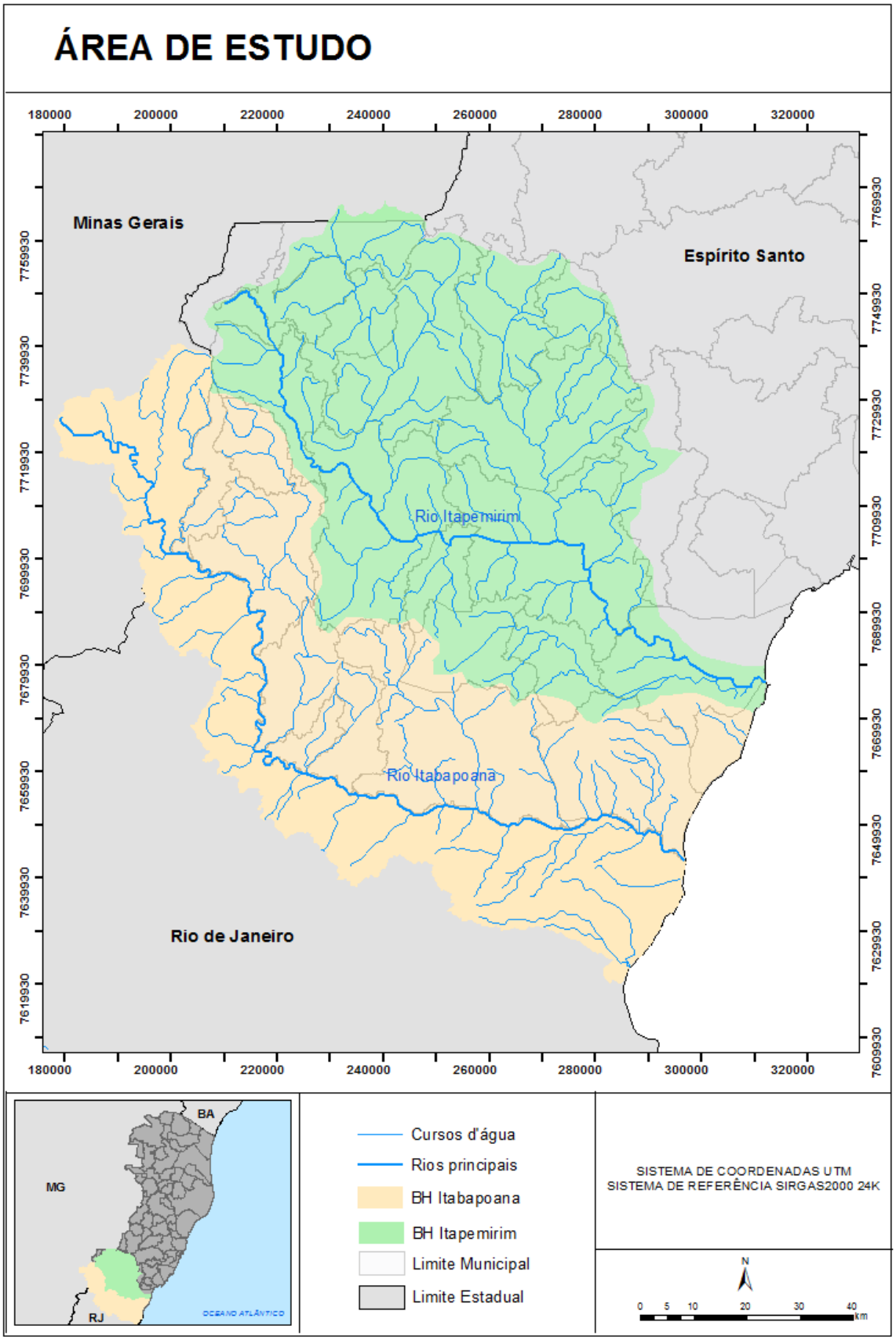

Figura 1. Localização das Bacias Hidrográficas dos rios Itapemirim e Itabapoana.

5 METODOLOGIA

5.1 ESTRUTURA GERAL DA METODOLOGIA

As diferentes etapas que foram necessárias para a execução do presente trabalho estão reunidas no Fluxograma apresentado na Figura 2. Todas as etapas citadas encontram-se detalhadas nos itens subsequentes à apresentação deste.

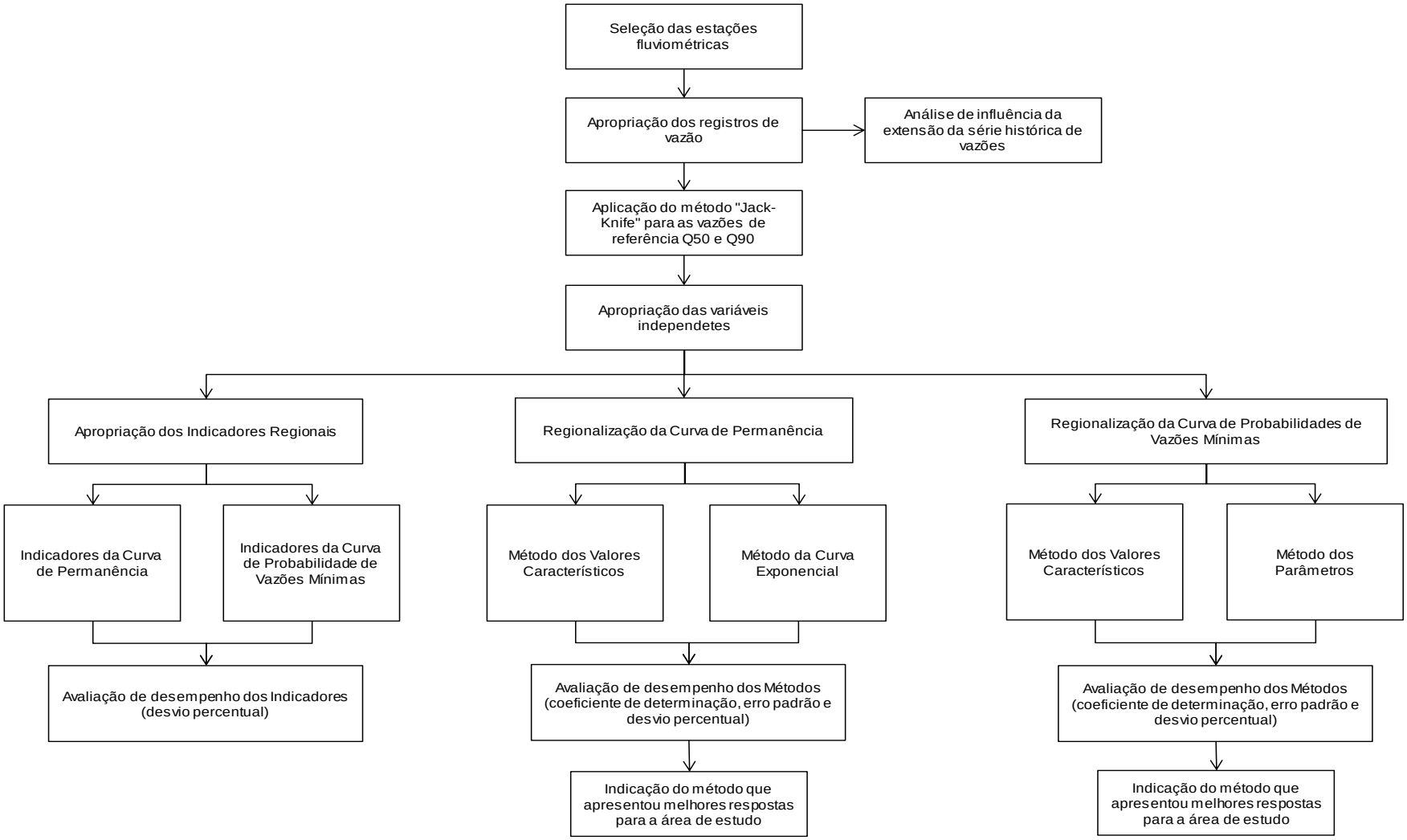

Figura 2. Fluxograma das atividades desenvolvidas no presente trabalho.

5.2 DADOS HIDROLÓGICOS

Os registros fluviométricos utilizados no presente trabalho foram extraídos do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA), por meio do Sistema de Informações Hidrológicas (HIDROWEB). As estações fluviométricas foram selecionadas em função da extensão e qualidade das séries históricas de vazões disponíveis. Nas tabelas 1 e 2 encontram-se reunidas as estações fluviométricas escolhidas para a condução da regionalização hidrológicas nas bacias dos rios Itapemirim e Itabapoana.

Tabela 1. Estações Fluviométricas instaladas e em operação na bacia do rio Itapemirim selecionadas para condução do presente trabalho.

Estação	Código	Curso D'água	Município	Latitude	Longitude
Usina Fortaleza	57350000	Rio Braço Norte Esquerdo	Muniz Freire/ES	-20º22’17”	-41º24’25”
Iúna	57360000	Rio Pardo	Iúna/ES	-20º21’08”	-41º31’58”
Terra Corrida	57370000	Rio Pardo	Muniz Freire/ES	-20º25’49”	-41º30’10”
Itaici	57400000	Rio Braço Norte Esquerdo	Muniz Freire/ES	-20º31’42”	-41º30’41”
Ibitirama	57420000	Rio Braço Norte Direito	Alegre/ES	-20º32’26”	-41º39’56”
Rive	57450000	Rio Itapemirim	Alegre/ES	-20º44’49”	-41º27’58”
Castelo	57490000	Rio Castelo	Castelo/ES	-20º36’22”	-41º11’59”
Usina São Miguel	57550000	Rio Castelo	Cachoeiro do Itapemirim/ES	-20º42’09”	-41º10’25”
Coutinho	57555000	Rio Itapemirim	Cachoeiro do Itapemirim/ES	-20º45’30”	-41º10’25”

Tabela 2. Estações Fluviométricas instaladas e em operação na bacia do rio Itabapoana selecionadas para condução do presente trabalho.

Estação	Código	Curso D'água	Município	Latitude	Longitude
Caiana	57700000	Rio São João	Caiana/MG	-20º41’38”	-41º55’19”
Dores do Rio Preto	57720000	Rio Preto	Dores do Rio Preto/ES	-20º41’09”	-41º50’46”
Guaçuí	57740000	Rio do Veado	Guaçuí/ES	-20º46’25”	-41º40’54”
São José do Calçado	57770000	Rio Calçado	São José do Calçado/ES	-21º02’12”	-41º39’08”
Ponte do Itabapoana	57830000	Rio Itabapoana	Mimoso do Sul/ES	-21º12’22”	-41º27’46”
Mimoso do Sul	57880000	Rio Muqui do Sul	Mimoso do Sul/ES	-21º03’53”	-41º21’45”
Santa Cruz	57930000	Rio Itabapoana	Mimoso do Sul/ES	-21º13’21”	-41º18’31”

A Figura 3 ilustra a localização das estações fluviométricas selecionadas para a condução da regionalização hidrológica da curva de permanência e da curva de probabilidade de vazões mínimas nas bacias hidrográficas dos rios Itabapoana e Itapemirim.

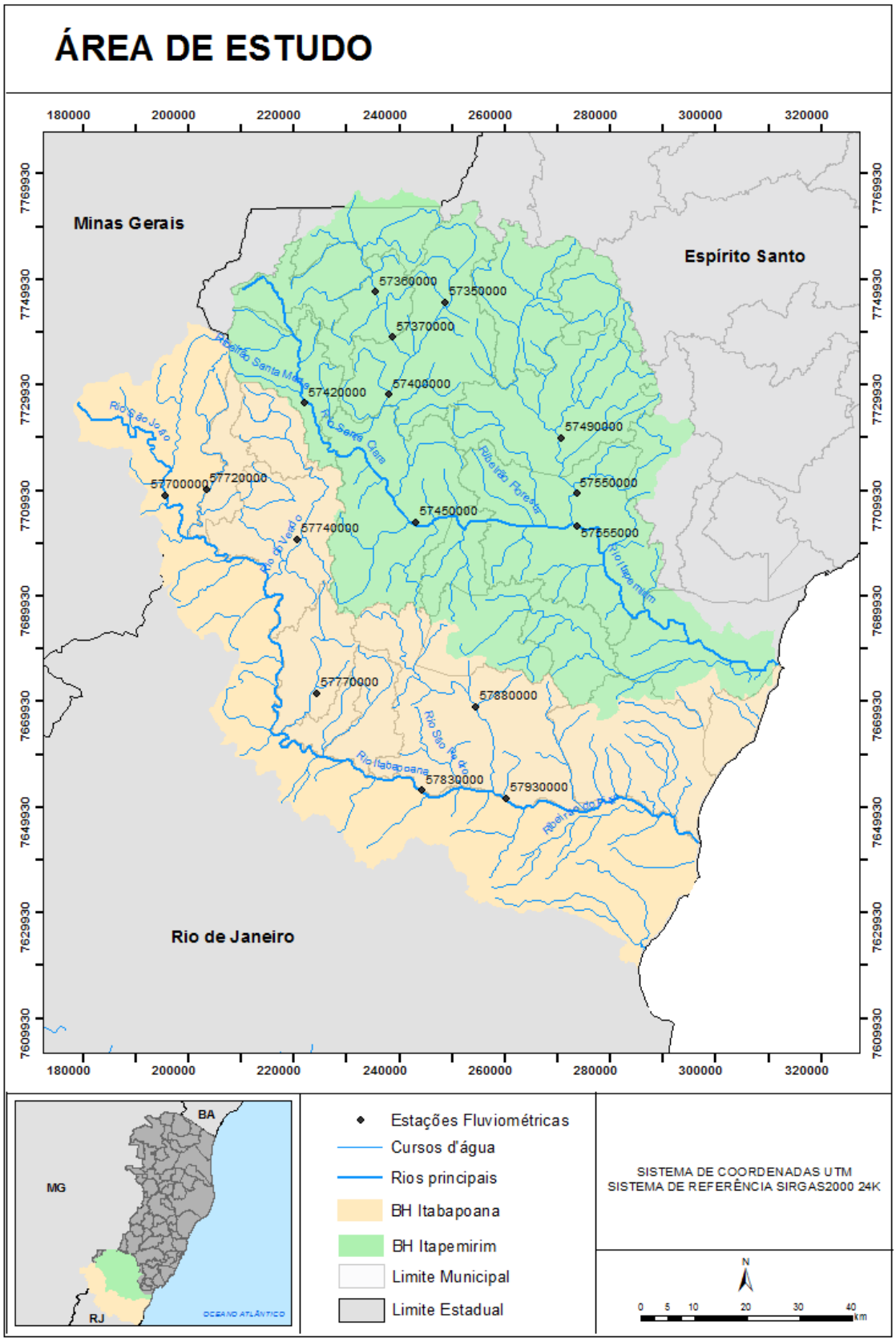

Figura 3. Localização das estações fluviométricas utilizadas no presente trabalho, instaladas e em operação, nas bacias hidrográficas dos rios Itapemirim e Itabapoana.

O processamento e a manipulação dos dados hidrológicos foram realizados por meio do Sistema Computacional para Análises Hidrológicas (SisCAH), *software* desenvolvido e disponibilizado pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa. Para a condução da regionalização hidrológica para a área de estudo, foram descartados dados provenientes de meses que apresentaram percentual superior a 10% de falhas.

5.3 AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA EXTENSÃO DA SÉRIE HISTÓRICA

Para a avaliação da influência da extensão histórica na apropriação das vazões de referência, obtidas diretamente das funções hidrológicas ou das funções regionais, foram considerados dois cenários:

1º) Empregando-se todos os registros hidrológicos disponíveis, ignorando-se a manutenção de um período comum para as séries históricas;
2º) Considerando um período comum a todas as séries históricas das estações fluviométricas utilizadas no presente trabalho.

As vazões de referências utilizadas para esta avaliação da influência da extensão da extensão da série histórica foram Q_m (vazão média), Q_{50}, Q_{90}, Q_{95}, $Q_{7,10}$, $Q_{1,10}$ e $Q_{1,100}$. Estas vazões foram obtidas com o auxílio do Sistema Computacional para Análises Hidrológicas (SisCAH). Para a referida avaliação foram utilizados o desvio percentual e o coeficiente de correlação, parâmetros estatísticos melhores detalhados nas seções subsequentes.

5.4 REGIONALIZAÇÃO HIDROLÓGICA

5.4.1 Variáveis Independentes

Área de drenagem, perímetro da bacia de contribuição, comprimento do rio principal, declividade média da bacia e precipitação média constituíram as variáveis independentes consideradas para a condução da análise regional de vazões proposta pelo presente estudo. As referidas variáveis foram obtidas do trabalho conduzido por Silva (2014).

As tabelas 3 e 4 apresentam os valores das referidas variáveis independentes utilizadas para a regionalização hidrológica das bacias dos rios Itapemirim e Itabapoana, respectivamente.

Tabela 3. Estações fluviométricas da bacia do rio Itapemirim e respectivos valores das variáveis independentes utilizadas para condução da regionalização hidrológica.

Estação	Código	Área (km²)	Perímetro (km)	Comprimento do rio principal (km)	Declividade média (m/km)	Precipitação média (mm)
Usina Fortaleza	57350000	192,0	85,7	24,3	0,31	1378,3
Iúna	57360000	405,0	101,4	26,3	0,25	1361,2
Terra Corrida	57370000	568,0	131,6	38,2	0,26	1358,0
Itaici	57400000	1015,0	174,1	51,0	0,29	1371,6
Ibitirama	57420000	337,0	110,1	32,1	0,31	1494,4
Rive	57450000	2193,0	297,2	84,1	0,29	1421,0
Castelo	57490000	976,0	170,5	62,0	0,33	1414,0
Usina São Miguel	57550000	1458,0	227,1	75,2	0,32	1473,2
Coutinho	57555000	4576,0	405,5	118	0,29	1446,1

Tabela 4. Estações fluviométricas da bacia do rio Itabapoana e respectivos valores das variáveis independentes utilizadas para condução da regionalização hidrológica.

Estação	Código	Área (km²)	Perímetro (km)	Comprimento do rio principal (km)	Declividade média (m/km)	Precipitação média (mm)
Caiana	57700000	426,5	117,5	40,8	0,31	1370,3
Dores do Rio Preto	57720000	234,1	90,6	27,6	0,30	1433,5
Guaçuí	57740000	410,5	140,6	44,0	0,30	1499,5
São José do Calçado	57770000	158,1	67,9	24,5	0,29	1392,1
Ponte do Itabapoana	57830000	2821,8	348,6	142,4	0,28	1396,4
Mimoso do Sul	57880000	380,9	128,7	41,8	0,33	1356,0
Santa Cruz	57930000	3760,2	416,7	160,2	0,27	1383,4

5.4.2 Seleção das funções regionais

5.4.2.1 Fator Inflacionário de Variância - FIV

A utilização de diversas variáveis independentes pode melhorar a previsão do valor da variável dependente. Essa melhoria está relacionada não somente com a correlação existente com a variável dependente, mas também com a correlação desta variável com as demais variáveis independentes existentes no modelo. Diante disso, deve-se analisar a existência de dependências entre todas as variáveis independentes utilizadas na condução da regionalização hidrológica. Em situações onde essas dependências forem fortes, existe a multicolinearidade.

O procedimento é encontrar variáveis independentes que possuam baixa multicolinearidade com as demais e que, adicionalmente, apresentem correlações elevadas com a variável dependente. De acordo com Hair (2005), além dos efeitos na explicação, a multicolinearidade pode ter sérios efeitos nas estimativas dos coeficientes de regressão e na aplicabilidade geral do modelo estimado.

O processo de seleção das funções regionais iniciou-se por meio da definição de quais variáveis independentes (e as suas possíveis combinações) poderiam produzir melhores resultados ao serem aplicadas conjuntamente.

A presença da multicolinearidade, no presente trabalho, foi identificada por meio do uso do fator inflacionário de variância (FIV), indicador de multicolinearidade de variáveis independentes.

Kroll *et al.* (2004) utilizaram o FIV para desenvolver um banco de dados de características de bacias hidrográficas com o intuito de melhorar a previsão de vazões mínimas. Schnier e Cai (2014) aplicaram o FIV para verificar a multicolinearidade de variáveis independentes para a predição de funções regionais de vazões usando um modelo chamado de "*Tree Ensembles*" em 294 bacias hidrográficas nos estados do Texas e Ilinois, Estados Unidos da América.

A equação (9) apresenta a forma de obtenção do FIV.

$$FIV = \frac{1}{1-r^2} \qquad (9)$$

Na equação (9) r^2 representa o coeficiente de determinação ajustado de uma determinada variável independente com todas as outras variáveis independentes.

Se um conjunto de variáveis independentes não for correlacionado, então FIV será igual a 1. Se o conjunto for fortemente intercorrelacionado, então FIV poderá exceder a 10. Marquardt (1980) sugeriu que, se FIV for maior do que 10, existe extrema correlação entre as outras variáveis independentes. No entanto, Snee (1973) sugeriu um critério mais conservador, que empregaria alternativas para a regressão por mínimos quadrados, se o valor máximo para FIV exceder a 5.

Desta forma, as combinações de variáveis independentes no presente trabalho foram analisadas quanto a sua colinearidade, observando-se um valor de FIV de, no máximo, 5.

5.3.2.2 Estatística "*Cp*" *de Mallows*

A abordagem dos melhores subconjuntos avalia todos os modelos de regressão possíveis para um determinado conjunto de variáveis independentes ou os melhores subconjuntos de modelos para um determinado número de variáveis independentes.

Um dos critérios disponíveis para a avaliação de modelos concorrentes é baseado na estatística desenvolvida por Mallows (1973, 1995). A estatística proposta por Mallows (*Cp*) mede as diferenças entre um modelo de regressão ajustado e um modelo real. Quando um modelo de regressão com *k* variáveis independentes contém somente diferenças aleatórias em relação a um modelo real, o valor médio de "*Cp"* é *k+1*, o número de parâmetros. Dessa forma, ao se avaliar muitos modelos de regressão alternativos, o objetivo é encontrar modelos cujo "*Cp"* esteja próximo ou seja inferior a *k+1*.

A estatística "*Cp"* é definida de acordo com a equação (10).

$$Cp = \frac{\left(1-r_k^2\right).(n-T)}{(1-r_T^2)} - (n-2(k+1)) \qquad (10)$$

Na equação (10), k é o número de variáveis independentes em um modelo de regressão; T é o número total de parâmetros a serem estimados no modelo de regressão completo; r_k^2 é o coeficiente de determinação ajustado para um modelo de

regressão que possua k variáveis independentes e r_T^2 é o coeficiente de determinação ajustado para um modelo de regressão completo que contenha todos os T parâmetros estimados.

A Figura 4 apresenta o fluxograma associado ao processo utilizado neste trabalho para a seleção das variáveis independentes e suas combinações, a serem utilizadas para apropriação das funções regionais aplicáveis à obtenção das curvas de permanência e das curvas de probabilidade de vazões mínimas.

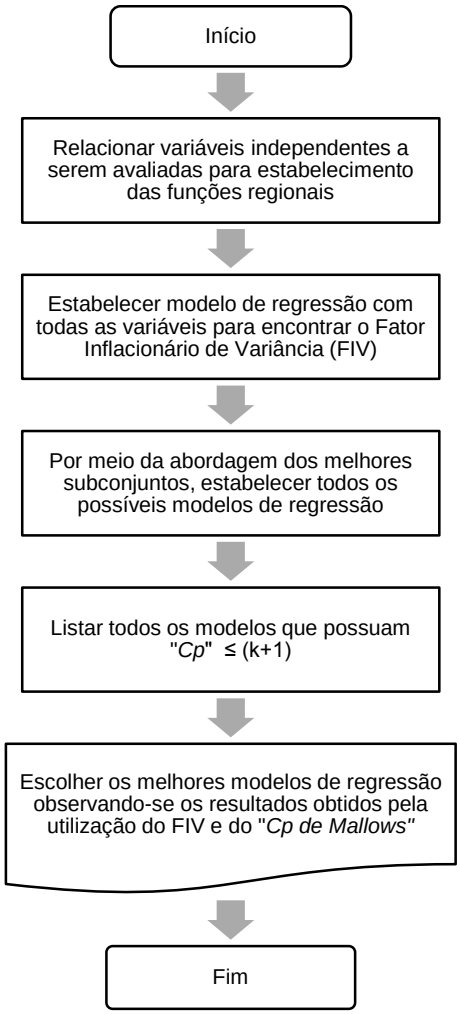

Figura 4. Fluxograma ilustrando o processo de escolha das combinações de variáveis independentes a serem utilizadas na apropriação das funções regionais.

5.4.3 Validação cruzada "*Jack-Knife*"

A confiabilidade e a incerteza dos métodos de regionalização na predição de curvas de probabilidade de vazões mínimas e curvas de permanência foram avaliadas por meio do procedimento de validação cruzada "*Jack-Knife*". Exemplos de trabalhos que

aplicaram este procedimento são Brath *et al.* (2003), Castellarin *et al.* (2004) e Zhang e Kroll (2007).

Ainda que o procedimento de validação pudesse ser estendido a quaisquer vazões características das curvas de permanência ou curvas de probabilidades de vazões mínimas, este ficou limitado, no presente estudo, à vazão característica do período de estiagem e à vazão característica associada à porção média da curva de permanência. Desta forma, o procedimento de validação cruzada "*Jack-Knife*" foi levado a termo quando da definição de funções regionais para as vazões de referência Q_{90} e Q_{50}.

O procedimento constitui na remoção de uma estação do conjunto de estações fluviométricas de uma mesma região homogênea para, em seguida, se estabelecer uma função regional com as demais estações fluviométricas disponíveis. Na sequência, a função regional estabelecida é aplicada à estação fluviométrica não considerada para geração do modelo regional com finalidade de se validar o ajuste da referida função regional.

Para avaliação da eficácia do procedimento foi empregado o coeficiente de determinação, quando da utilização de somente uma variável independente e o coeficiente de determinação ajustado, quando consideradas duas ou mais variáveis independentes, parâmetros estatísticos melhor discutidos na seção subsequente.

5.4.4 Regionalização Hidrológica de Variáveis e Funções

5.4.4.1 Regionalização das Curvas de Permanência de Vazões

Para o estabelecimento de funções regionais aplicáveis à apropriação da curva de permanência de vazões foram empregados os métodos dos Valores Característicos e da Curva Exponencial.

A aplicação do Método dos Valores Característicos envolveu as seguintes etapas:

a. Estabelecimento das curvas de permanência das diferentes estações fluviométricas da área de estudo conduzida com auxílio do programa SisCAH;

b. Das curvas de permanências estabelecidas, apropriação das vazões com permanência variando entre 50% e 95%;
c. Utilizando-se análise de regressão (simples e múltipla), assumindo-se funções do tipo potência, foram realizadas associações entre as vazões de diferentes permanências com as características fisiográficas e climatológicas da área de estudo;
d. Com base nas equações de regressão selecionadas para cada vazão de permanência definida no item (a), foram reconstruídas as curvas de permanência de vazões para as estações fluviométricas da área de estudo.

Para aplicação do Método da Curva Exponencial, as seguintes etapas foram executadas:

a. O Método da Curva Exponencial considerou o intervalo da curva de permanência compreendido entre as vazões com permanência de 50% e 95%. Dessa forma, determinou-se, com base na curva permanência de vazões já estabelecida, as vazões com permanências de 50% (Q_{50}) e 95% (Q_{95});
b. As vazões de referência Q_{50} e Q_{95} foram relacionadas com as características fisiográficas e climatológicas da área de estudo, estabelecendo-se funções regionais por meio de análise de regressão (simples e múltipla) assumindo-se funções do tipo potência;
c. Determinação, para a seção de interesse, das características fisiográficas e climatológica empregadas na regionalização e estimando-se as vazões Q_{50} e Q_{95} por meio das funções regionais;
d. Determinação dos coeficientes *a* e *b* por meio das equações (2) e (3), respectivamente, apresentadas no item 3.4.2;
e. Reconstrução da curva de permanência de vazões, para as estações fluviométricas da área de estudo, por meio da equação (1).

5.4.4.2 Regionalização das Curvas de Probabilidade de Vazões Mínimas

Para a regionalização das curvas de probabilidade de vazões mínimas foram empregados os métodos dos Valores Característicos e dos Parâmetros.

Para aplicação do Método dos Valores Característicos na regionalização das curvas de probabilidade de vazões mínimas, foi empregado procedimento similar ao aplicado para a regionalização de curvas de permanência de vazões. No entanto, as vazões de referência utilizadas foram vazões mínimas associadas a diferentes períodos de retorno (períodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50, 100 anos). Para a construção das curvas de probabilidade de vazões mínimas foram testadas, com auxílio do programa SisCAH, as distribuições Log Normal II, Log Normal III, Log Pearson III, Pearson III e Weibull.

Foi escolhida para a construção das curvas de probabilidade de vazões mínimas a distribuição não rejeitada em qualquer estação fluviométrica e que apresentou menor erro padrão de estimativa para a maioria das estações da área de estudo.

As etapas associadas ao emprego do Método dos Parâmetros foram as seguintes:

a. Definição da distribuição de probabilidade empregada para a construção das curvas de probabilidade de vazões mínimas na área de estudo;
b. Apropriação dos parâmetros da distribuição relacionada para cada estação fluviométrica da área de estudo;
c. Estabelecimento, por meio de análise de regressão (simples e múltipla), das relações entre os parâmetros da distribuição de probabilidade selecionada com as grandezas fisiográficas e climatológicas locais;
d. Reconstrução, a partir das funções regionais selecionadas, das curvas de probabilidades de vazões mínimas para as estações fluviométricas da área de estudo.

5.4.4.3 Análise de Desempenho das Funções Regionais

O conteúdo desta seção tem como objetivo estabelecer de forma sucinta o procedimento empregado para a análise de desempenho das funções regionais obtidas por meio da aplicação dos métodos de regionalização hidrológica apresentados no subitem 5.3.2.

Segundo Tucci (2002), o modelo regional mais eficiente será aquele que:

- Permitir estimar com pequeno erro os valores da variável dependente requerida;
- Incluir o menor número possível de variáveis independentes para reduzir o custo e o tempo de obtenção desses valores no processo de predição.

Neste estudo, para avaliação da resposta das funções regionais, foram empregados o erro padrão de estimativa, o coeficiente de determinação ou o coeficiente de determinação ajustado e o desvio percentual, detalhadamente apresentados em trabalhos como Naghettini e Pinto (2007) e Levine *et al.* (2005). Acerca dos referidos parâmetros estatísticos são relevantes as seguintes observações:

- O erro padrão de estimativa representa uma medida de variação em torno da linha ajustada da regressão. Ele é medido com base nas mesmas unidades utilizadas pela variável dependente. Caso a equação de regressão se ajuste bem aos dados amostrais, o erro padrão de estimativa se aproxima de zero. Entretanto, se o mesmo tiver valor próximo do desvio padrão da variável dependente real, o ajuste entre os dados amostrais e a equação de regressão será muito ruim (NAGHETTINI, 2007). A equação (11) mostra a forma de obtenção do erro padrão de estimativa. Onde N é o número de amostras, y_i é o valor da variável dependente real e $\hat{y}_i$ é o valor da variável dependente estimada no mesmo ponto amostral;

$$S_e=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\hat{y}_i)^2}{N-2}} \qquad (11)$$

- O coeficiente de determinação (R^2) é uma medida descritiva da qualidade do ajuste obtido. Em geral refere-se ao R^2 como a quantidade de variabilidade nos dados que é explicada pelo modelo de regressão ajustado. A significância dos modelos foi avaliada em função do coeficiente de determinação ajustado (R^2a), indicador não-tendencioso uma vez que é relativizado em função do número de graus de liberdade do modelo, conforme detalhadamente discutido por Gaudio (2001). O R^2a pode ser obtido por meio da equação (12).

$$R^2a=1-\frac{(n-1)}{[n-(k+1)]}.(1-R^2) \quad (12)$$

É relevante registrar que, neste estudo, o modelo escolhido buscou atender ao critério proposto por Eletrobrás (1985), segundo o qual as funções regionais obtidas por análise de regressão devem apresentar coeficiente de determinação de, no mínimo, 70%;

- Eletrobrás (1985) considera um bom ajuste, o desvio percentual entre os valores das vazões obtidas das curvas de permanência e probabilidade de vazões mínimas e a vazão regionalizada, ficarem inferiores a 30%.

5.5 INDICADORES REGIONAIS

Neste estudo foram estimados os indicadores rcp_{50}, rcp_{90}, rcp_{95}, $r_{7,10}$ e r_m, apropriados com auxílio das equações (4), (5), (6), (7) e (8), reunidas na seção 3.5. As vazões Q_m, Q_{50}, Q_{90}, Q_{95} e $Q_{7,10}$, necessárias para a determinação dos referidos indicadores, foram obtidas com auxílio do SisCAH.

Para apropriação da vazão mínima $Q_{7,10}$, foram testadas por meio do SisCAH, cinco distribuições de probabilidade (Weibull, Person III, Log Pearson III, Log Normal II e Log Normal III). Para a determinação da melhor distribuição foi considerada aquela que forneceu os menores valores de erro padrão para a maioria das estações.

Definidos os valores dos indicadores de permanência e de vazões mínimas para cada estação fluviométrica, valores médios de cada indicador foram assumidos como indicadores regionais para a área de estudo.

Os valores das vazões Q_m (vazão média de longo período), $Q_{7,10}$, Q_{50}, Q_{90} e Q_{95} obtidos, nas diferentes estações fluviométricas, a partir dos indicadores regionais, foram comparados com os valores das vazões reais e das vazões obtidas por meio das funções regionais aplicáveis a apropriação das curvas de permanência e das curvas de probabilidade de vazões mínimas. Nesta etapa do trabalho, a qualidade das respostas obtidas por meio dos indicadores regionais foi avaliada com auxílio do desvio percentual.

6 RESULTADOS

6.1 DADOS HIDROLÓGICOS

Os registros fluviométricos obtidos por meio da base de dados do sítio HIDROWEB, foram manipulados utilizando o *software* SisCAH, permitindo a obtenção das vazões de referência associadas às curvas de permanência e às curvas de probabilidade de vazões mínimas. As curvas de permanência construídas utilizando o SisCAH estão dispostas no APÊNDICE 1.

Para a conformação das curvas de probabilidade de vazões mínimas, foi selecionada a distribuição de probabilidade Log Pearson III, distribuição que apresentou menor erro padrão de estimativa nas vazões mínimas associadas a maioria dos períodos de retorno em todas as estações fluviométricas estudadas. Vogel e Wilson (1996), avaliando vazões de estiagem em todo o território da Nova Zelândia e dos Estados Unidos da América, indicaram a distribuição Log Pearson III como a distribuição que melhor se ajustou às séries históricas de vazões mínimas.

Neste contexto, adotou-se a distribuição Log Pearson III como a distribuição de probabilidade padrão para a condução da regionalização da curva de probabilidades de vazões mínimas utilizando-se o Método dos Parâmetros. As curvas de probabilidade de vazões mínimas estão reunidas no APÊNDICE 2.

6.2 AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA EXTENSÃO DA SÉRIE HISTÓRICA

Para a avaliação da influência da extensão da série histórica, foram analisadas as vazões média de longo período (Q_m), vazões de permanência (Q_{50}, Q_{90} e Q_{95}) e as vazões mínimas ($Q_{7,10}$, $Q_{1,10}$ e $Q_{1,100}$).

O período comum de dados consistidos, para todas as estações fluviométricas utilizadas no presente trabalho, abrangeu os anos de 1969 e 2005, estabelecendo série histórica com 36 (trinta e seis) anos de extensão.

Na Tabela 5 estão apresentadas os anos de início de operação e extensões da série histórica de registros de vazões médias diárias das estações fluviométricas utilizadas no presente trabalho. No APÊNDICE 3 encontram-se dispostos os percentuais de

registros de vazões médias diárias disponíveis anualmente para as estações fluviométricas utilizadas no estudo.

Tabela 5. Ano de início de operação e extensão da série histórica referentes as estações fluviométricas utilizadas no presente trabalho.

Bacia Hidrográfica	Estações Fluviométricas	Ano de Início da Operação	Extensão da Série Histórica (anos)
Rio Itapemirim	Usina Fortaleza	1968	43
	Iúna	1962	49
	Terra Corrida	1968	43
	Itaici	1961	50
	Ibitirama	1952	59
	Rive	1936	75
	Castelo	1937	74
	Usina São Miguel	1968	43
	Coutinho	1969	41
Rio Itabapoana	Caiana	1937	68
	Dores do Rio Preto	1948	57
	Guaçuí	1937	70
	São José do Calçado	1962	45
	Ponte do Itabapoana	1930	77
	Mimoso do Sul	1969	36
	Santa Cruz	1969	36

A partir da inspeção dos valores reunidos na Tabela 5 e dos percentuais de registros de vazões médias diárias disponíveis, dispostos no APÊNDICE 3, faz-se relevantes as seguintes considerações:

Seis estações não apresentam ou dispõem de pequena quantidade de dados consistidos nos anos anteriores a 1969. Outras quatro estações não apresentam dados consistidos em anos posteriores a 2005;

É relevante observar que para o período compreendido entre os anos de 1969 e 2005, para todas as estações, estão disponíveis elevados percentuais de registros de vazões médias diárias, sendo possível a utilização da grande parcela das séries disponíveis para a aplicação dos métodos de regionalização hidrológica para as bacias dos rios Itapemirim e Itabapoana.

Na Tabela 6 estão apresentados os valores das vazões de referência (Q_m, Q_{50}, Q_{90}, Q_{95}, $Q_{7,10}$, $Q_{1,10}$ e $Q_{1,100}$) apropriadas utilizando-se ***a)*** todos os dados disponíveis na série histórica (denominada como série “total”) e ***b)*** o período compreendido entre os anos de 1969 e 2005 (denominada como série “comum”), bem como o desvio percentual entre os pares de valores das referidas vazões de referência associadas às diferentes séries históricas.

Tabela 6. Comparação entre as vazões de referência apropriadas utilizando-se todos os dados disponíveis e utilizando-se um período comum de dados fluviométricos.

Estação	Q_m		Desvio (%)	Q_{50}		Desvio (%)	Q_{90}		Desvio (%)	Q_{95}		Desvio (%)
	Total	Comum		Total	Comum		Total	Comum		Total	Comum	
Usina Fortaleza	4,654	4,684	-0,64	3,018	3,018	0,00	1,366	1,422	-4,11	1,129	1,159	-2,65
Iúna	7,635	8,295	-8,64	5,368	5,602	-4,35	3,025	3,408	-12,68	2,544	2,958	-16,28
Terra Corrida	10,637	10,307	3,10	7,682	7,499	2,38	4,216	4,117	2,34	3,740	3,708	0,86
Itaici	18,788	18,812	-0,12	12,673	12,699	-0,19	6,506	6,613	-1,64	5,603	5,679	-1,35
Ibitirama	12,197	12,131	0,53	6,309	6,645	-5,32	2,628	2,787	-6,06	2,289	2,393	-4,53
Rive	42,714	42,116	1,40	28,042	27,569	1,68	14,005	14,415	-2,92	12,005	12,677	-5,60
Castelo	15,318	14,970	2,27	9,721	9,687	0,34	4,667	4,880	-4,56	3,833	4,086	-6,62
Usina São Miguel	23,097	22,524	2,48	15,688	15,304	2,44	8,236	8,236	0,00	7,025	7,025	0,00
Coutinho	75,508	73,037	3,27	49,931	48,366	3,13	24,518	24,062	1,86	20,768	20,200	2,73
Caiana	6,672	6,890	-3,27	4,860	4,900	-0,82	2,700	2,830	-4,81	2,370	2,550	-7,59
Dores do Rio Preto	4,776	4,786	-0,22	3,000	3,014	-0,46	1,320	1,360	-3,03	1,130	1,100	2,65
Guaçuí	10,293	10,471	-1,73	7,021	7,001	0,29	4,196	4,596	-9,53	3,519	4,258	-20,99
São José do Calçado	2,045	2,072	-1,33	1,256	1,256	0,00	0,630	0,714	-13,30	0,513	0,630	-22,73
Ponte do Itabapoana	46,895	45,771	2,39	32,571	32,108	1,42	15,307	16,366	-6,91	12,335	14,256	-15,58
Mimoso do Sul	7,313	7,313	0,00	5,250	5,250	0,00	2,990	2,990	0,00	2,832	2,832	0,00
Santa Cruz	58,028	58,028	0,00	40,100	40,100	0,00	21,600	21,600	0,00	18,800	18,800	0,00

Tabela 6. Comparação entre as vazões de referência apropriadas utilizando-se todos os dados disponíveis e utilizando-se um período comum de dados fluviométricos. (Continuação).

Estação	$Q_{7,10}$		Desvio (%)	$Q_{1,10}$		Desvio (%)	$Q_{1,100}$		Desvio (%)
	Total	Comum		Total	Comum		Total	Comum	
Usina Fortaleza	0,794	0,826	-4,03	0,662	0,687	-3,77	0,493	0,557	-12,98
Iúna	1,973	1,996	-1,16	1,715	1,660	3,20	1,199	1,070	10,75
Terra Corrida	2,917	2,872	1,54	2,697	2,681	0,59	2,161	2,169	-0,37
Itaici	4,183	4,091	2,19	3,766	3,663	2,73	2,844	2,801	1,51
Ibitirama	1,662	1,689	-1,62	1,595	1,608	-0,81	1,272	1,295	-1,80
Rive	9,007	9,462	-5,05	8,321	8,690	-4,43	6,759	6,963	-3,01
Castelo	2,511	2,637	-5,01	2,184	2,354	-7,78	1,777	1,892	-6,47
Usina São Miguel	5,117	5,292	-3,42	4,368	4,675	-7,02	3,390	3,795	-11,94
Coutinho	12,886	12,158	5,65	12,221	11,904	2,59	9,350	9,090	2,78
Caiana	1,812	1,952	-7,72	1,713	1,826	-6,59	1,363	1,454	-6,67
Dores do Rio Preto	0,803	0,773	3,73	0,694	0,623	10,23	0,628	0,615	2,07
Guaçuí	2,734	3,561	-30,24	2,514	3,349	-33,21	2,414	2,883	-19,42
São José do Calçado	0,345	0,440	-27,53	0,312	0,403	-29,16	0,246	0,299	-21,54
Ponte do Itabapoana	7,945	10,154	-27,80	7,909	9,625	-21,69	6,438	7,708	-19,72
Mimoso do Sul	2,306	2,306	0,00	1,897	1,897	0,00	1,801	1,801	0,00
Santa Cruz	14,837	14,837	0,00	14,147	14,147	0,00	11,874	11,874	0,00

Para as estações Mimoso do Sul e Santa Cruz os desvios foram nulos por terem sido empregas séries históricas compreendidas exclusivamente entre os anos de 1969 e 2005.

As figuras de 5 a 11 apresentam gráficos de dispersão construídos a partir das vazões de referência obtidas da série “total” e vazões de referência obtidas da série “comum”, com os correspondentes coeficientes de determinação.

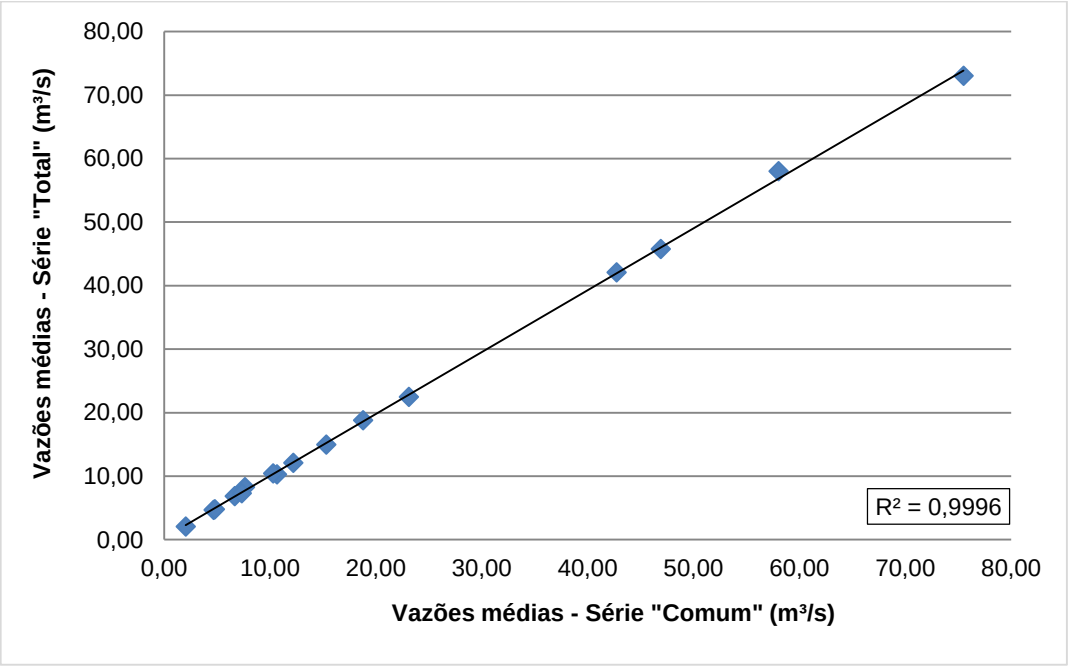

Figura 5. Confrontação entre os valores de vazões médias de longo período (Q_m) obtidas a partir da série “total” e da série “comum”.

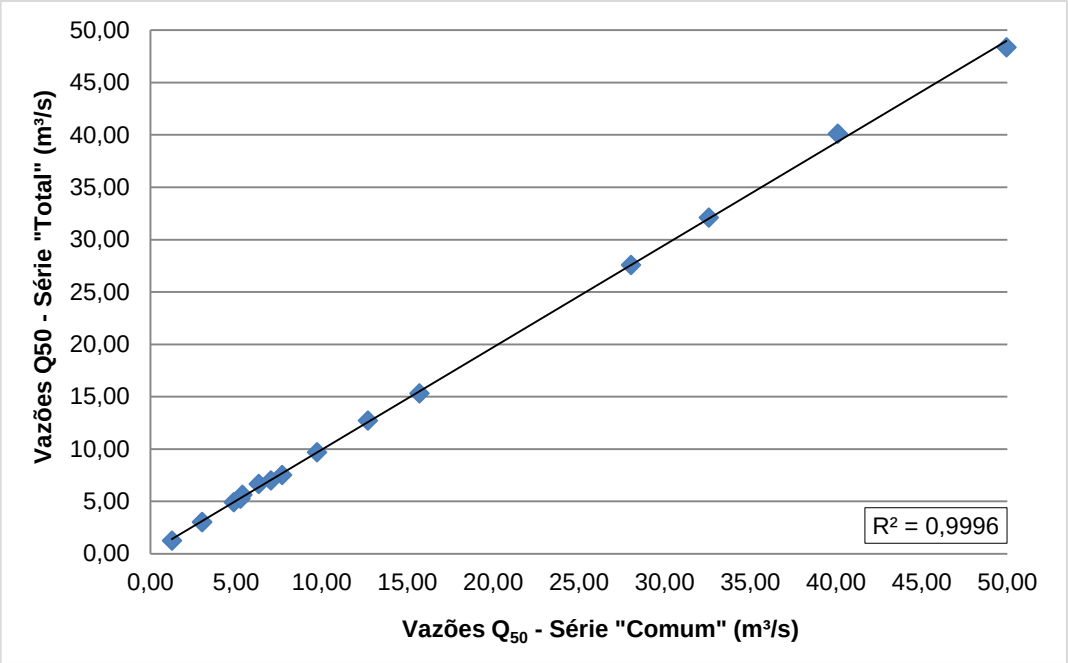

Figura 6. Confrontação entre os valores de vazões Q_{50} obtidas a partir da série “total” e da série “comum”.

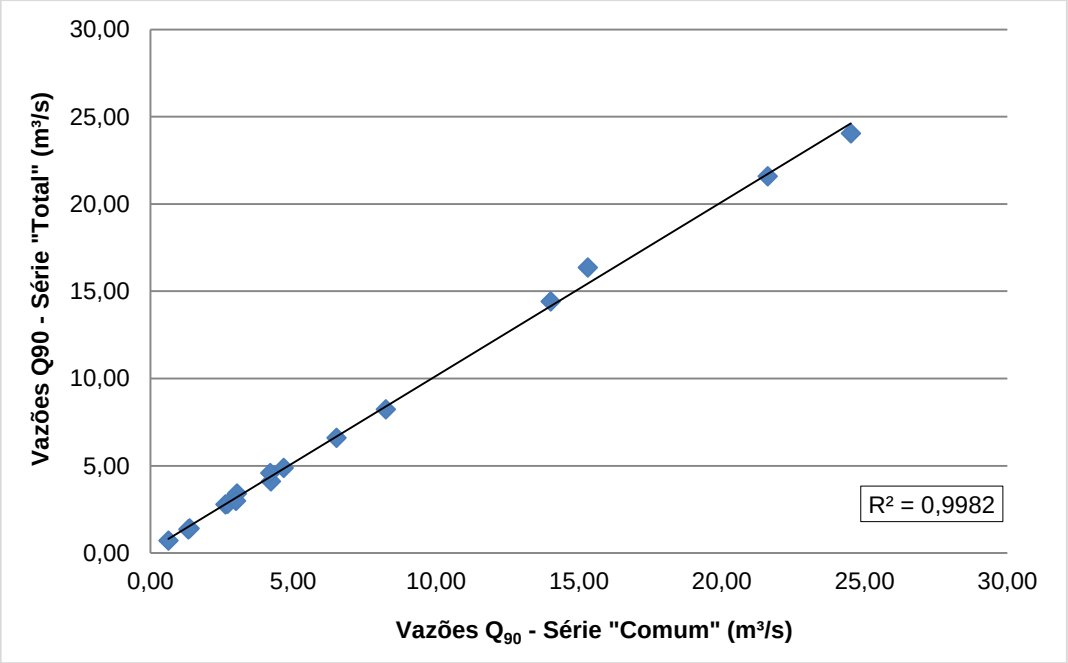

Figura 7. Confrontação entre os valores de vazões Q_{90} obtidas a partir da série “total” e da série “comum”.

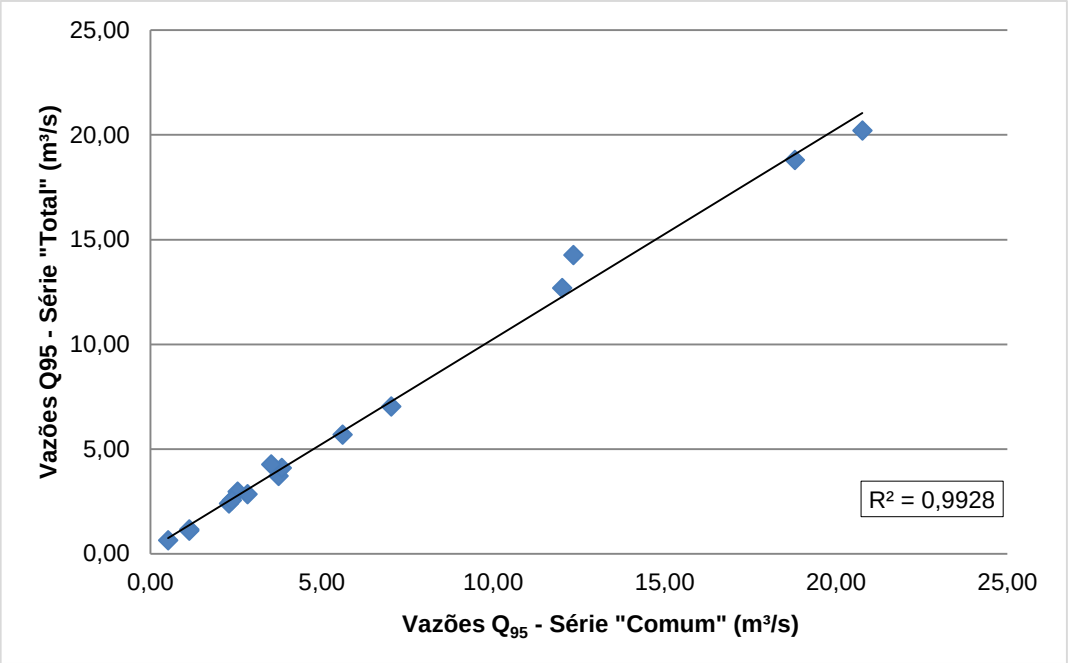

Figura 8. Confrontação entre os valores de vazões Q_{95} obtidas a partir da série “total” e da série “comum”.

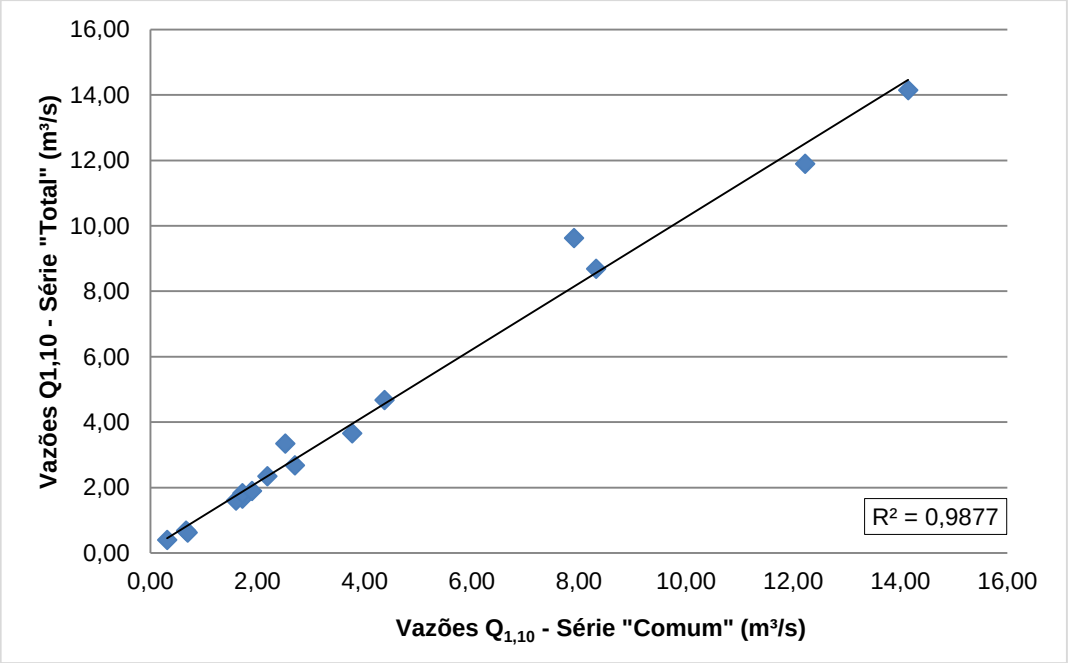

Figura 9. Confrontação entre os valores de vazões $Q_{1,10}$ obtidas a partir da série “total” e da série “comum”.

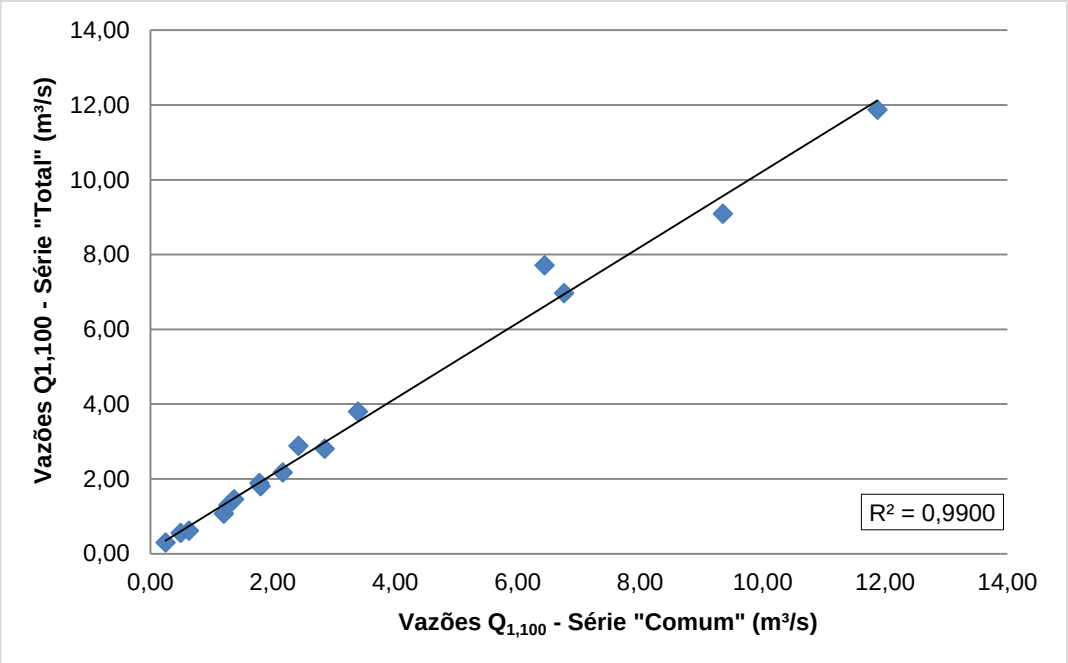

Figura 10. Confrontação entre os valores de vazões $Q_{1,100}$ obtidas a partir da série “total” e da série “comum”.

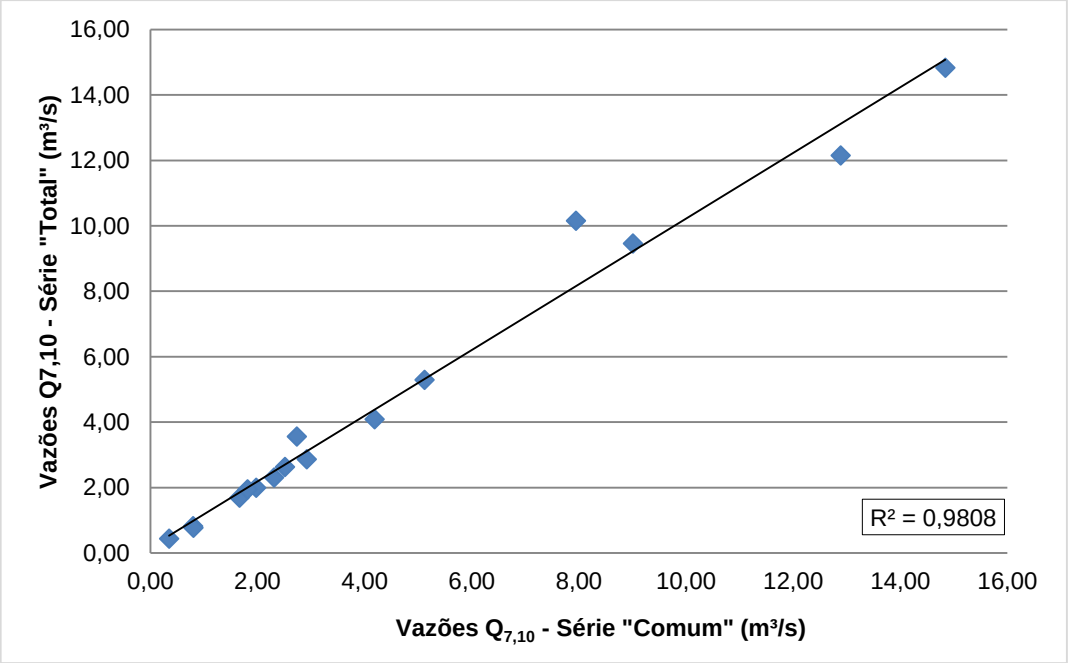

Figura 11. Confrontação entre os valores de vazões $Q_{7,10}$ obtidas a partir da série “total” e da série “comum”.

A partir da inspeção dos valores reunidos na Tabela 6 e dos gráficos de dispersão reunidos nas figuras de 5 a 11 são consideradas relevantes as seguintes considerações:

- Os resultados dos desvios percentuais associados à vazão média de longo período (Q_m) e à vazão Q_{50}, obtidas por meio das séries “total” e “comum”, apresentaram-se pouco relevantes, não superando 10%;
- Para as vazões de referência Q_{90}, Q_{95} e $Q_{1,100}$, os desvios percentuais mantiveram-se abaixo de 30% em todas as estações fluviométricas estudadas. Já para as vazões de referência $Q_{7,10}$ e $Q_{1,10}$, somente na estação Guaçuí, o valor de desvio percentual foi superior a 30%, apresentando valores de -30,24% e -33,21%, respectivamente;
- Em relação aos resultados do coeficiente de determinação, os resultados reunidos nas figuras de 5 a 11 indicam consistente correlação entre as vazões apropriadas a partir da série “total” e as vazões estimadas a partir da série “comum”. Mesmo para a vazão de referência $Q_{1,10}$, no qual ocorreram os maiores valores de desvio percentual, o coeficiente de determinação (R^2) apresentou-se superior a 98% (0,9877).

A partir dos resultados acima descritos, que indicaram variações pouco significativas para apropriação de vazões de referência quando do emprego das diferentes séries históricas de vazões, considerou-se, para o estabelecimento das funções regionais, a utilização do período comum de registros fluviométricos (período compreendido entre os anos de 1969 e 2005).

6.3 REGIONALIZAÇÃO HIDROLÓGICA

6.3.1 Seleção das Funções Regionais

6.3.1.1 Fator Inflacionário de Variância (FIV)

A primeira etapa para o estabelecimento das funções regionais foi definir, por meio do uso do Fator Inflacionário de Variância (FIV), as variáveis independentes que apresentam colinearidade. A Tabela 7 apresenta os valores do FIV para todas as combinações possíveis entre as variáveis independentes utilizadas no presente trabalho. Na referida tabela, as células em destaque indicam valores de FIV superiores a 5.

Tabela 7. Possíveis combinações entre as variáveis independentes utilizadas no presente trabalho e o valor do Fator Inflacionário de Variância (FIV) para cada uma delas.

DUAS VARIÁVEIS INDEPENDENTES	FIV	TRÊS VARIÁVEIS INDEPENDENTES (Continuação)	FIV	QUATRO VARIÁVEIS INDEPENDENTES (Continuação)	FIV
Área x Perímetro	47,32	Comprimento do Rio Principal x Área x Precipitação	1,01	Área x Precipitação x Declividade x Perímetro	1,17
Área x Comprimento do Rio Principal	13,51	Comprimento do Rio Principal x Perímetro x Declividade	1,06	Área x Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	17,20
Área x Declividade da Bacia	1,36	Comprimento do Rio Principal x Perímetro x Precipitação	1,01	Área x Comprimento do Rio Principal x Perímetro x Precipitação	17,04
Área x Precipitação	1,11	Comprimento do Rio Principal x Declividade x Precipitação	1,13	Área x Precipitação x Perímetro x Comprimento do Rio Principal	1,06
Perímetro x Comprimento do Rio Principal	31,97	Declividade x Área x Perímetro	23,91	Perímetro x Área x Comprimento do Rio Principal x Declividade	7,18
Perímetro x Declividade da Bacia	1,31	Declividade x Área x Comprimento do Rio Principal	7,01	Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Área x Declividade	7,03
Perímetro x Precipitação	1,12	Declividade x Área x Precipitação	1,01	Perímetro x Declividade x Área x Comprimento do Rio Principal	1,07
Comprimento do Rio Principal x Declividade da Bacia	1,29	Declividade x Perímetro x Comprimento do Rio Principal	16,24	Perímetro x Área x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	7,13
Comprimento do Rio Principal x Precipitação	1,06	Declividade x Perímetro x Precipitação	1,01	Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Área x Precipitação	7,08
Declividade da Bacia x Precipitação	1,50	Declividade x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	1,00	Perímetro x Precipitação x Comprimento do Rio Principal x Área	1,02
TRÊS VARIÁVEIS INDEPENDENTES	**FIV**	Precipitação x Área x Perímetro	23,91	Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Declividade x Precipitação	1,07
Área x Perímetro x Comprimento do Rio Principal	16,24	Precipitação x Área x Comprimento do Rio Principal	7,01	Perímetro x Declividade x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	1,20
Área x Perímetro x Declividade	1,06	Precipitação x Área x Declividade	1,07	Perímetro x Precipitação x Declividade x Comprimento do Rio Principal	1,15
Área x Perímetro x Precipitação	1,01	Precipitação x Perímetro x Comprimento do Rio Principal	16,24	Perímetro x Área x Declividade x Precipitação	1,12
Área x Comprimento do Rio Principal x Declividade	1,05	Precipitação x Perímetro x Declividade	1,01	Perímetro x Declividade x Área x Precipitação	1,25
Área x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	1,00	Precipitação x Comprimento do Rio Principal x Declividade	1,06	Perímetro x Precipitação x Área x Declividade	0,17
Área x Declividade x Precipitação	1,13	**QUATRO VARIÁVEIS INDEPENDENTES**	**FIV**	Comprimento do Rio Principal x Área x Perímetro x Declividade	24,58
Perímetro x Área x Comprimento do Rio Principal	7,01	Área x Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Declividade	16,33	Comprimento do Rio Principal x Perímetro x Área x Declividade	24,22
Perímetro x Área x Declividade	1,07	Área x Comprimento do Rio Principal x Declividade x Perímetro	16,24	Comprimento do Rio Principal x Declividade x Perímetro x Área	1,09
Perímetro x Área x Precipitação	1,01	Área x Declividade x Perímetro x Comprimento do Rio Principal	1,06	Comprimento do Rio Principal x Área x Perímetro x Precipitação	23,97
Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Declividade	1,05	Área x Comprimento do Rio Principal x Declividade x Precipitação	1,07	Comprimento do Rio Principal x Perímetro x Área x Precipitação	24,03
Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	1,00	Área x Declividade x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	1,20	Comprimento do Rio Principal x Precipitação x Perímetro x Área	1,01
Perímetro x Declividade x Precipitação	1,13	Área x Precipitação x Declividade x Comprimento do Rio Principal	1,15	Comprimento do Rio Principal x Perímetro x Declividade x Precipitação	1,11
Comprimento do Rio Principal x Área x Perímetro	23,91	Área x Perímetro x Declividade x Precipitação	1,11	Comprimento do Rio Principal x Declividade x Perímetro x Precipitação	1,23
Comprimento do Rio Principal x Área x Declividade	1,07	Área x Declividade x Perímetro x Precipitação	1,23	Comprimento do Rio Principal x Precipitação x Perímetro x Declividade	1,18

Tabela 7. Possíveis combinações entre as variáveis independentes utilizadas no presente trabalho e o valor do Fator Inflacionário de Variância (FIV) para cada uma delas (Continuação).

QUATRO VARIÁVEIS INDEPENDENTES (Continuação)	FIV	QUATRO VARIÁVEIS INDEPENDENTES (Continuação)	FIV	CINCO VARIÁVEIS INDEPENDENTES (Continuação)	FIV
Comprimento do Rio Principal x Área x Declividade x Precipitação	1,12	Precipitação x Perímetro x Área x Comprimento do Rio Principal	68,63	Perímetro x Área x Comprimento do Rio Principal x Declividade x Precipitação	7,47
Comprimento do Rio Principal x Declividade x Área x Precipitação	1,25	Precipitação x Comprimento do Rio Principal x Área x Perímetro	20,13	Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Área x Declividade x Precipitação	7,15
Comprimento do Rio Principal x Precipitação x Área x Declividade	1,17	Precipitação x Área x Perímetro x Declividade	24,58	Perímetro x Declividade x Área x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	1,26
Declividade x Área x Perímetro x Comprimento do Rio Principal	29,63	Precipitação x Perímetro x Área x Declividade	24,22	Perímetro x Precipitação x Área x Comprimento do Rio Principal x Declividade	1,19
Declividade x Perímetro x Área x Comprimento do Rio Principal	68,63	Precipitação x Declividade x Área x Perímetro	1,09	Comprimento do Rio Principal x Perímetro x Área x Declividade x Precipitação	24,24
Declividade x Comprimento do Rio Principal x Área x Perímetro	20,13	Precipitação x Perímetro x Declividade x Comprimento do Rio Principal	16,33	Comprimento do Rio Principal x Área x Perímetro x Declividade x Precipitação	24,58
Declividade x Área x Perímetro x Precipitação	23,97	Precipitação x Declividade x Perímetro x Comprimento do Rio Principal	1,06	Comprimento do Rio Principal x Declividade x Perímetro x Área x Precipitação	1,26
Declividade x Perímetro x Área x Precipitação	24,03	Precipitação x Comprimento do Rio Principal x Perímetro x Declividade	16,24	Comprimento do Rio Principal x Precipitação x Perímetro x Área x Declividade	1,18
Declividade x Precipitação x Perímetro x Área	1,01	Precipitação x Área x Comprimento do Rio Principal x Declividade	7,18	Declividade x Perímetro x Área x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	73,52
Declividade x Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	17,20	Precipitação x Comprimento do Rio Principal x Área x Declividade	7,03	Declividade x Área x Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	30,47
Declividade x Comprimento do Rio Principal x Perímetro x Precipitação	17,04	Precipitação x Declividade x Comprimento do Rio Principal x Área	1,08	Declividade x Comprimento do Rio Principal x Perímetro x Área x Precipitação	21,66
Declividade x Precipitação x Perímetro x Comprimento do Rio Principal	1,06	**CINCO VARIÁVEIS INDEPENDENTES**	**FIV**	Declividade x Precipitação x Perímetro x Área x Comprimento do Rio Principal	1,09
Declividade x Área x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	7,13	Área x Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Declividade x Precipitação	17,75	Precipitação x Perímetro x Área x Comprimento do Rio Principal x Declividade	69,59
Declividade x Comprimento do Rio Principal x Precipitação x Área	7,08	Área x Comprimento do Rio Principal x Perímetro x Declividade x Precipitação	17,24	Precipitação x Área x Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Declividade	30,57
Declividade x Precipitação x Comprimento do Rio Principal x Área	1,02	Área x Declividade x Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	1,24	Precipitação x Comprimento do Rio Principal x Perímetro x Área x Declividade	20,21
Precipitação x Área x Perímetro x Comprimento do Rio Principal	29,63	Área x Precipitação x Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Declividade	1,24	Precipitação x Declividade x Perímetro x Área x Comprimento do Rio Principal	1,09

A partir dos resultados reunidos na Tabela 7, é possível observar a existência de alta colinearidade entre a Área e o Perímetro (variáveis que produziram FIV igual a 47,32), entre Área e Comprimento do Rio Principal (com valor de FIV igual a 13,51) e entre Perímetro e Comprimento do Rio Principal (combinação de variáveis com valor de FIV igual a 31,97).

Quando consideradas as combinações de três variáveis independentes, todas as vezes que se combinou uma variável independente com as combinações Área e Perímetro, Área e Comprimento do Rio Principal e Perímetro e Comprimento do Rio Principal, não importando a ordem, os valores de FIV foram superiores a 5, indicando alta colinearidade entre as referidas variáveis. Neste contexto, destacaram-se os valores de FIV das combinações de Comprimento do Rio Principal, Declividade e Precipitação com Área e Perímetro, apresentando valores de FIV igual a 23,91.

Para as combinações utilizando quatro variáveis independentes, a tendência de altos valores de FIV para combinações envolvendo Área, Perímetro e Comprimento do Rio Principal se manteve. Quando estas variáveis foram dispostas em sequência, nas combinações possíveis, o FIV apresentou altos valores, invariavelmente, superiores a 5.

Nas combinações utilizando as cinco variáveis independentes, todas as vezes que as variáveis independentes Área, Perímetro e Comprimento do Rio Principal aparecem em sequência, não importando a ordem, altos valores de FIV foram encontrados, excetuando a combinação Precipitação, Declividade, Perímetro, Área e Comprimento do Rio Principal. Destacou-se o valor de 73,52 para a combinação Declividade, Perímetro, Área, Comprimento do Rio Principal e Precipitação.

De modo geral, os resultados da aplicação do FIV demonstraram que, quando ocorrem combinações que envolvam as variáveis independentes Área, Perímetro e Comprimento do Rio Principal, altos valores foram encontrados, indicando colinearidade entre as mesmas.

Estes resultados foram utilizados como forma de complementação à escolha das melhores combinações de variáveis independentes, por meio da aplicação da estatística "*Cp*" *de Mallows*, conforme apresentado na seção subsequente. Evitou-se,

dessa forma, a utilização das combinações que envolvessem duas ou mais das variáveis independentes Área, Perímetro e Comprimento do Rio Principal para apropriação das funções regionais.

6.3.1.2 Estatística "*Cp*" *de Mallows*

Determinadas as variáveis independentes propensas a serem colineares, por meio do Fator Inflacionário de Variância (FIV), a estatística "*Cp*" *de Mallows* indicou as combinações de variáveis independentes que poderiam se tornar as melhores funções regionais para o estabelecimento das vazões da curva de permanência e da curva de probabilidade de vazões mínimas.

As tabelas 8 e 9 reúnem os valores da estatística "*Cp*" *de Mallows* para todas as combinações possíveis das variáveis independentes utilizadas no presente trabalho. As células em destaque (assinaladas na cor azul) indicam as vazões de referência das curvas de permanência (Tabela 8) e curvas de probabilidade de vazões mínimas (Tabela 9) cujos valores da estatística "*Cp*" se mantiveram abaixo do limite $k+1$, sendo k o número de variáveis independentes, conforme equação (10).

Tabela 8. Valores da estatística "*Cp*" *de Mallows* para as vazões de referência da curva de permanência.

Modelo	*k+1*	Q_{50}	Q_{55}	Q_{60}	Q_{65}	Q_{70}	Q_{75}	Q_{80}	Q_{85}	Q_{90}	Q_{95}
Área	**2**	0,797	0,718	0,906	0,991	1,152	1,404	2,031	2,315	2,707	4,366
Perímetro	**2**	-0,288	-0,321	-0,233	-0,185	-0,111	-0,025	0,280	0,488	0,738	1,511
Comprimento do Rio Principal	**2**	4,935	5,007	4,986	5,128	5,430	5,430	5,893	6,339	6,836	8,066
Declividade	**2**	79,185	78,668	79,528	80,1	83,846	87,13	94,134	94,869	99,361	112,68
Precipitação	**2**	84,734	84,090	85,325	85,977	89,933	93,644	101,549	102,632	107,741	122,763
Área x Perímetro	**3**	1,603	1,561	1,668	1,722	1,799	1,904	2,236	2,451	2,706	3,511
Área x Comprimento do Rio Principal	**3**	2,617	2,569	2,712	2,801	2,945	3,107	3,602	3,913	4,267	5,613
Área x Declividade	**3**	2,178	2,126	2,243	2,308	2,447	2,643	3,118	3,294	3,562	4,907
Área x Precipitação	**3**	2,709	2,627	2,839	2,921	3,073	3,344	3,987	4,267	4,663	6,341
Perímetro x Comprimento do Rio Principal	**3**	1,406	1,327	1,469	1,497	1,560	1,722	2,078	2,237	2,483	3,304
Perímetro x Declividade	**3**	0,147	0,160	0,131	0,144	0,158	0,135	0,161	0,203	0,234	0,462
Perímetro x Precipitação	**3**	1,689	1,656	1,730	1,779	1,855	1,922	2,200	2,409	2,649	3,360
Comprimento do Rio Principal x Declividade	**3**	3,721	3,863	3,667	3,751	3,922	3,733	3,722	3,923	4,059	4,374
Comprimento do Rio Principal x Precipitação	**3**	6,926	6,997	6,982	7,124	7,424	7,429	7,893	8,339	8,835	10,057
Declividade x Precipitação	**3**	75,908	75,427	76,363	76,863	80,332	83,585	90,297	90,866	95,071	107,834
Área x Perímetro x Comprimento do Rio Principal	**4**	3,358	3,278	3,427	3,461	3,526	3,695	4,065	4,229	4,478	5,295
Área x Perímetro x Declividade	**4**	2,133	2,150	2,110	2,119	2,127	2,083	2,056	2,069	2,069	2,031
Área x Perímetro x Precipitação	**4**	3,600	3,559	3,658	3,712	3,789	3,879	4,183	4,397	4,640	5,345
Área x Comprimento do Rio Principal x Declividade	**4**	3,569	3,591	3,587	3,652	3,749	3,747	3,909	4,088	4,227	4,855
Área x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	**4**	4,553	4,501	4,666	4,753	4,890	5,072	5,581	5,891	6,247	7,609
Área x Declividade x Precipitação	**4**	3,762	3,715	3,863	3,915	4,025	4,252	4,733	4,871	5,116	6,463

Tabela 8. Valores da estatística "*Cp*" *de Mallows* para as vazões de referência da curva de permanência (Continuação).

Modelo	k+1	Q_{50}	Q_{55}	Q_{60}	Q_{65}	Q_{70}	Q_{75}	Q_{80}	Q_{85}	Q_{90}	Q_{95}
Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Declividade	**4**	2,100	2,091	2,091	2,098	2,110	2,117	2,159	2,196	2,229	2,461
Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	**4**	3,361	3,283	3,406	3,435	3,501	3,643	3,969	4,126	4,359	5,113
Perímetro x Declividade x Precipitação	**4**	2,025	2,039	2,029	2,036	2,039	2,037	2,075	2,100	2,125	2,371
Comprimento do Rio Principal x Declividade x Precipitação	**4**	5,069	5,214	5,061	5,128	5,256	5,109	5,102	5,256	5,358	5,674
Área x Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Declividade	**5**	4,079	4,073	4,061	4,062	4,068	4,057	4,048	4,051	4,054	4,028
Área x Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	**5**	5,336	5,257	5,39	5,422	5,489	5,637	5,969	6,125	6,357	7,047
Área x Perímetro x Declividade x Precipitação	**5**	4,023	4,038	4,022	4,027	4,027	4,009	4,001	4,005	4,003	4,000
Área x Comprimento do Rio Principal x Declividade x Precipitação	**5**	5,108	5,137	5,162	5,212	5,277	5,303	5,460	5,599	5,710	6,323
Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Declividade x Precipitação	**5**	4,006	4,004	4,012	4,016	4,019	4,033	4,075	4,100	4,125	4,361
Área x Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Declividade x Precipitação	**6**	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000

Tabela 9. Valores da estatística "*Cp*" de Mallows para as vazões de referência da curva de probabilidade de vazões mínimas.

Modelo	k+1	$Q_{1,2}$	$Q_{1,5}$	$Q_{1,10}$	$Q_{1,20}$	$Q_{1,50}$	$Q_{1,100}$
Área	**2**	6,323	11,881	14,555	16,450	18,165	19,054
Perímetro	**2**	3,004	5,873	7,271	8,275	9,204	9,698
Comprimento do Rio Principal	**2**	9,128	11,501	12,231	12,561	12,661	12,589
Declividade	**2**	121,257	146,892	154,044	156,691	156,599	155,105
Precipitação	**2**	134,369	163,015	170,753	173,403	172,891	170,929
Área x Perímetro	**3**	5,000	7,499	8,471	9,039	9,429	9,558
Área x Comprimento do Rio Principal	**3**	7,121	10,822	12,300	13,184	13,798	13,998
Área x Declividade	**3**	6,068	10,975	13,551	15,484	17,344	18,376
Área x Precipitação	**3**	8,322	13,878	16,549	18,440	20,148	21,029
Perímetro x Comprimento do Rio Principal	**3**	4,940	7,868	9,204	10,110	10,886	11,257

Tabela 9. Valores da estatística "*Cp*" *de Mallows* para as vazões de referência da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Modelo	k+1	$Q_{1,2}$	$Q_{1,5}$	$Q_{1,10}$	$Q_{1,20}$	$Q_{1,50}$	$Q_{1,100}$
Perímetro x Declividade	**3**	0,774	2,611	3,862	4,934	6,102	6,827
Perímetro x Precipitação	**3**	4,645	7,401	8,745	9,707	10,586	11,044
Comprimento do Rio Principal x Declividade	**3**	3,754	4,456	4,928	5,341	5,792	6,068
Comprimento do Rio Principal x Precipitação	**3**	11,037	13,363	14,066	14,370	14,435	14,336
Declividade x Precipitação	**3**	116,495	140,902	147,908	150,683	150,963	149,819
Área x Perímetro x Comprimento do Rio Principal	**4**	6,925	9,496	10,466	11,009	11,346	11,426
Área x Perímetro x Declividade	**4**	2,058	2,304	2,505	2,694	2,926	3,090
Área x Perímetro x Precipitação	**4**	6,577	8,659	9,378	9,729	9,868	9,830
Área x Comprimento do Rio Principal x Declividade	**4**	4,826	6,271	6,909	7,333	7,680	7,834
Área x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	**4**	9,098	12,761	14,210	15,062	15,634	15,800
Área x Declividade x Precipitação	**4**	7,727	12,566	15,156	17,124	19,045	20,123
Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Declividade	**4**	2,668	4,066	4,983	5,753	6,574	7,070
Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	**4**	6,544	9,401	10,711	11,598	12,349	12,702
Perímetro x Declividade x Precipitação	**4**	2,734	4,570	5,831	6,915	8,096	8,826
Comprimento do Rio Principal x Declividade x Precipitação	**4**	5,197	5,835	6,341	6,812	7,352	7,694
Área x Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Declividade	**5**	4,010	4,003	4,000	4,002	4,015	4,030
Área x Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Precipitação	**5**	8,419	10,61	11,364	11,728	11,863	11,813
Área x Perímetro x Declividade x Precipitação	**5**	4,057	4,295	4,47	4,622	4,789	4,896
Área x Comprimento do Rio Principal x Declividade x Precipitação	**5**	6,386	7,705	8,336	8,787	9,195	9,401
Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Declividade x Precipitação	**5**	4,587	5,917	6,818	7,590	8,429	8,943
Área x Perímetro x Comprimento do Rio Principal x Declividade x Precipitação	**6**	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000

A partir dos resultados da estatística "*Cp*" *de Mallows* para as vazões de referência da curva de permanência (Tabela 8), foram buscadas as combinações de variáveis independentes que mantiveram os valores da referida estatística inferiores a *k+1* em todas as vazões de referência e, preferencialmente, envolvendo o menor número de variáveis independentes. Posteriormente, verificou-se se as variáveis independentes apresentaram-se colineares, de acordo com o procedimento determinado por meio da utilização do FIV.

A Área foi conservada por apresentar valores inferiores ou muito próximos do limite *k+1* para todas as vazões com permanências entre 50% e 90% e pela sua recorrente utilização como variável independente na regionalização hidrológica em diversos trabalhos disponíveis na literatura.

Desta forma, as combinações de variáveis independentes escolhidas para a condução da regionalização da curva de permanência foram:

- Área;
- Perímetro;
- Perímetro e Declividade;
- Perímetro, Declividade e Precipitação.

Os valores da estatística "*Cp*" *de Mallows* para as vazões de referência da curva de probabilidade de vazões mínimas, reunidos na Tabela 9, indicaram poucas combinações de variáveis independentes que atendessem ao limite *k+1*. Adicionalmente, as combinações sugeridas continham variáveis independentes que apresentavam colinearidade. Optou-se pelo emprego do conjunto Área, Perímetro e Declividade, conjunto sugerido pela estatística "*Cp*" *de Mallows* como agrupamento de variáveis independentes adequado para apropriação das vazões mínimas. É relevante observar, no entanto, que este conjunto inclui duas variáveis independentes consideradas colineares (Área e Perímetro). Os demais conjuntos de variáveis independentes sugeridos pela estatística "*Cp*" *de Mallows*, além de incorporarem variáveis colineares, eram constituídos por grupos de quatro ou cinco variáveis independentes. Neste contexto, decidiu-se pela a manutenção da combinação de variáveis utilizadas para a regionalização da curva de permanência.

Assim, as combinações de variáveis independentes escolhidas para a condução da regionalização da curva de probabilidade de vazões mínimas foram:

- Área;
- Perímetro;
- Perímetro e Declividade;
- Perímetro, Declividade e Precipitação;
- Área, Perímetro e Declividade.

6.3.2 Validação Cruzada "*Jack-Knife*"

Como forma de avaliar a homogeneidade hidrológica das bacias dos rios Itapemirim e Itabapoana, aplicou-se o método de validação cruzada "*Jack-Knife*" para as vazões de permanência Q_{50} e Q_{90}. Esta etapa foi realizada com o intuito de verificar resultados obtidos por Silva (2014), que conclui em seu trabalho que as referidas bacias, quando integradas, constituem região hidrologicamente homogênea.

As tabelas de 10 a 17, estabelecem os resultados da aplicação do método de validação cruzada "*Jack-Knife*" para as vazões de referência Q_{50} e Q_{90}, sumarizando uma comparação entre o coeficiente de determinação ajustado considerando todas as estações fluviométricas e o coeficiente de determinação ajustado quando da supressão de cada uma das estações fluviométricas em operação na área de estudo. Adicionalmente, é apresentada uma comparação entre as vazões obtidas por meio das funções regionais estabelecidas considerando-se a totalidade das estações e com a supressão de cada uma das estações fluviométricas analisadas.

Tabela 10. Resultados para a aplicação da validação cruzada "*Jack-Knife*" para a regionalização da vazão de referência Q_{50}, utilizando-se Área como variável independente.

Estações	R^2 suprimindo-se a estação	R^2 considerando-se todas as estações	Vazão Q_{50} (m^3/s) suprimindo-se a estação	Vazão Q_{50} (m^3/s) considerando-se todas as estações	Vazão Q_{50} (m^3/s) real
Usina Fortaleza	0,9541	0,9576	2,53	2,59	3,02
Iúna	0,9631		5,19	5,20	5,60
Terra Corrida	0,9582		7,16	7,13	7,50
Itaici	0,9618		12,34	12,26	12,70
Ibitirama	0,9684		4,23	4,38	6,65
Rive	0,9535		24,98	25,15	27,57
Castelo	0,9579		12,07	11,82	9,69
Usina São Miguel	0,9568		17,52	17,18	15,30
Coutinho	0,9473		51,16	49,95	48,37
Caiana	0,9562		5,55	5,46	4,85
Dores do Rio Preto	0,9550		3,16	3,12	3,01
Guaçuí	0,9584		5,18	5,27	7,00
São José do Calçado	0,9757		2,48	2,16	1,26
Ponte do Itabapoana	0,9532		31,99	31,82	32,11
Mimoso do Sul	0,9565		4,90	4,91	5,25
Santa Cruz	0,9555		42,40	41,59	40,10

Tabela 11. Resultados para a aplicação da validação cruzada "*Jack-Knife*" para a regionalização da vazão de referência Q_{50}, utilizando-se Perímetro como variável independente.

Estações	R^2 suprimindo-se a estação	R^2 considerando-se todas as estações	Vazão Q_{50} (m^3/s) suprimindo-se a estação	Vazão Q_{50} (m^3/s) considerando-se todas as estações	Vazão Q_{50} (m^3/s) real
Usina Fortaleza	0,9541	0,9613	2,78	2,99	3,02
Iúna	0,9631		3,86	4,01	5,60
Terra Corrida	0,9582		6,24	6,34	7,50
Itaici	0,9618		10,25	10,36	12,70
Ibitirama	0,9684		4,46	4,64	6,65
Rive	0,9535		26,27	26,48	27,57
Castelo	0,9579		10,01	9,99	9,69
Usina São Miguel	0,9568		16,64	16,52	15,30
Coutinho	0,9473		44,84	45,69	48,37
Caiana	0,9562		5,24	5,20	4,85
Dores do Rio Preto	0,9550		3,35	3,29	3,01
Guaçuí	0,9584		7,16	7,12	7,00
São José do Calçado	0,9757		2,25	1,99	1,26
Ponte do Itabapoana	0,9532		35,87	35,04	32,11
Mimoso do Sul	0,9565		6,18	6,10	5,25
Santa Cruz	0,9555		50,86	47,93	40,10

Tabela 12. Resultados para a aplicação da validação cruzada "*Jack-Knife*" para a regionalização da vazão de referência Q_{50}, utilizando-se Perímetro e Declividade como variáveis independentes.

Estações	R^2_a suprimindo-se a estação	R^2_a considerando-se todas as estações	Vazão Q_{50} (m^3/s) suprimindo-se a estação	Vazão Q_{50} (m^3/s) considerando-se todas as estações	Vazão Q_{50} (m^3/s) real
Usina Fortaleza	0,9549	0,9589	2,89	2,91	3,02
Iúna	0,9635		3,88	4,55	5,60
Terra Corrida	0,9589		6,80	6,97	7,50
Itaici	0,9611		10,34	10,48	12,70
Ibitirama	0,9710		4,29	4,50	6,65
Rive	0,9547		26,42	26,58	27,57
Castelo	0,9587		9,09	9,21	9,69
Usina São Miguel	0,9577		15,55	15,51	15,30
Coutinho	0,9490		44,81	45,63	48,37
Caiana	0,9575		5,06	5,04	4,85
Dores do Rio Preto	0,9555		3,33	3,28	3,01
Guaçuí	0,9583		7,06	7,05	7,00
São José do Calçado	0,9742		2,35	2,04	1,26
Ponte do Itabapoana	0,9547		37,00	35,98	32,11
Mimoso do Sul	0,9581		5,75	5,65	5,25
Santa Cruz	0,9575		55,48	50,37	40,10

Tabela 13. Resultados para a aplicação da validação cruzada "*Jack-Knife*" para a regionalização da vazão de referência Q_{50}, utilizando-se Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes.

Estações	R^2_a suprimindo-se a estação	R^2_a considerando-se todas as estações	Vazão Q_{50} (m^3/s) suprimindo-se a estação	Vazão Q_{50} (m^3/s) considerando-se todas as estações	Vazão Q_{50} (m^3/s) real
Usina Fortaleza	0,9541	0,9581	2,77	2,81	3,02
Iúna	0,9631		3,86	4,54	5,60
Terra Corrida	0,9582		6,59	6,82	7,50
Itaici	0,9618		9,81	10,09	12,70
Ibitirama	0,9684		4,22	4,90	6,65
Rive	0,9535		26,60	26,74	27,57
Castelo	0,9579		8,82	9,00	9,69
Usina São Miguel	0,9568		16,43	16,16	15,30
Coutinho	0,9473		46,36	46,88	48,37
Caiana	0,9562		4,79	4,80	4,85
Dores do Rio Preto	0,9550		3,47	3,39	3,01
Guaçuí	0,9584		8,14	7,74	7,00
São José do Calçado	0,9757		2,35	2,04	1,26
Ponte do Itabapoana	0,9532		36,36	35,45	32,11
Mimoso do Sul	0,9565		5,18	5,21	5,25
Santa Cruz	0,9555		54,05	49,21	40,10

Tabela 14. Resultados para a aplicação da validação cruzada "*Jack-Knife*" para a regionalização da vazão de referência Q_{90}, utilizando-se Área como variável independente.

Estações	R^2 suprimindo-se a estação	R^2 considerando-se todas as estações	Vazão Q_{90} (m^3/s) suprimindo-se a estação	Vazão Q_{90} (m^3/s) considerando-se todas as estações	Vazão Q_{90} (m^3/s) real
Usina Fortaleza	0,9498	0,9547	1,37	1,38	1,42
Iúna	0,9574		2,70	2,77	3,41
Terra Corrida	0,9551		3,75	3,79	4,12
Itaici	0,9544		6,50	6,51	6,61
Ibitirama	0,9561		2,29	2,33	2,79
Rive	0,9510		13,14	13,35	14,42
Castelo	0,9589		6,36	6,28	4,88
Usina São Miguel	0,9544		9,24	9,12	8,27
Coutinho	0,9457		27,39	26,48	24,06
Caiana	0,9540		2,92	2,90	2,70
Dores do Rio Preto	0,9525		1,71	1,66	1,36
Guaçuí	0,9718		2,66	2,80	4,60
São José do Calçado	0,9639		1,30	1,15	0,71
Ponte do Itabapoana	0,9495		16,92	16,88	16,37
Mimoso do Sul	0,9553		2,57	2,61	2,99
Santa Cruz	0,9463		22,06	22,06	21,60

Tabela 15. Resultados para a aplicação da validação cruzada "*Jack-Knife*" para a regionalização da vazão de referência Q_{90}, utilizando-se Perímetro como variável independente.

Estações	R^2 suprimindo-se a estação	R^2 considerando-se todas as estações	Vazão Q_{90} (m^3/s) suprimindo-se a estação	Vazão Q_{90} (m^3/s) considerando-se todas as estações	Vazão Q_{90} (m^3/s) real
Usina Fortaleza	0,9559	0,9594	1,59	1,46	1,42
Iúna	0,9753		2,06	1,96	3,41
Terra Corrida	0,9623		3,24	3,10	4,12
Itaici	0,9616		5,80	5,06	6,61
Ibitirama	0,9598		2,39	2,27	2,79
Rive	0,9558		14,65	12,90	14,42
Castelo	0,9598		4,90	4,87	4,88
Usina São Miguel	0,9587		8,23	8,05	8,27
Coutinho	0,9505		22,21	22,24	24,06
Caiana	0,9585		2,95	2,54	2,70
Dores do Rio Preto	0,9596		1,85	1,61	1,36
Guaçuí	0,9622		3,58	3,48	4,60
São José do Calçado	0,9623		1,13	0,97	0,71
Ponte do Itabapoana	0,9559		19,56	17,06	16,37
Mimoso do Sul	0,9592		3,41	2,98	2,99
Santa Cruz	0,9543		24,76	23,33	21,60

Tabela 16. Resultados para a aplicação da validação cruzada "*Jack-Knife*" para a regionalização da vazão de referência Q_{90}, utilizando-se Perímetro e Declividade como variáveis independentes.

Estações	R^2_a suprimindo-se a estação	R^2_a considerando-se todas as estações	Vazão Q_{90} (m^3/s) suprimindo-se a estação	Vazão Q_{90} (m^3/s) considerando-se todas as estações	Vazão Q_{90} (m^3/s) real
Usina Fortaleza	0,9574	0,9617	1,53	1,52	1,42
Iúna	0,9713		2,08	2,58	3,41
Terra Corrida	0,9616		3,79	3,87	4,12
Itaici	0,9634		5,49	5,56	6,61
Ibitirama	0,9631		2,29	2,34	2,79
Rive	0,9578		13,94	14,00	14,42
Castelo	0,9615		4,58	4,64	4,88
Usina São Miguel	0,9606		7,80	7,88	8,27
Coutinho	0,9528		23,92	23,96	24,06
Caiana	0,9605		2,61	2,62	2,70
Dores do Rio Preto	0,9622		1,79	1,73	1,36
Guaçuí	0,9650		3,64	3,70	4,60
São José do Calçado	0,9717		1,24	1,09	0,71
Ponte do Itabapoana	0,9593		19,96	19,19	16,37
Mimoso do Sul	0,9609		2,82	2,85	2,99
Santa Cruz	0,9607		29,99	27,20	21,60

Tabela 17. Resultados para a aplicação da validação cruzada "*Jack-Knife*" para a regionalização da vazão de referência Q_{90}, utilizando-se Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes.

Estações	R^2_a suprimindo-se a estação	R^2_a considerando-se todas as estações	Vazão Q_{90} (m^3/s) suprimindo-se a estação	Vazão Q_{90} (m^3/s) considerando-se todas as estações	Vazão Q_{90} (m^3/s) real
Usina Fortaleza	0,9548	0,9598	1,53	1,49	1,48
Iúna	0,9702		2,08	2,07	2,57
Terra Corrida	0,9597		3,79	3,71	3,81
Itaici	0,9625		5,49	5,28	5,41
Ibitirama	0,9599		2,29	2,34	2,48
Rive	0,9554		13,94	14,01	14,06
Castelo	0,9595		4,58	4,48	4,56
Usina São Miguel	0,9582		7,80	8,07	8,12
Coutinho	0,9501		23,92	24,55	24,42
Caiana	0,9586		2,61	2,49	2,53
Dores do Rio Preto	0,9618		1,79	1,87	1,77
Guaçuí	0,9618		3,64	3,66	3,95
São José do Calçado	0,9711		1,24	1,24	1,09
Ponte do Itabapoana	0,9568		19,96	19,73	18,98
Mimoso do Sul	0,9600		2,82	2,51	2,69
Santa Cruz	0,9579		29,99	29,50	26,75

Ao se aplicar o método de validação cruzada "*Jack-Knife*", regionalizando-se as vazões de referência Q_{50} e Q_{90} ***a)*** utilizando-se todas as estações fluviométricas e ***b)*** retirando-se uma por vez, foi possível avaliar os coeficientes de determinação e as vazões obtidas em ambos os contextos de regionalização. A partir da simples inspeção das tabelas 10 a 17 foi possível observar, de forma geral, a manutenção de altos valores para o coeficiente de determinação ajustado ao se aplicar o método "*Jack-Knife*", independente das combinações de variáveis independentes testadas. Os coeficientes de determinação obtidos mantiveram-se invariavelmente superiores a 0,94.

Desta forma, o agrupamento das bacias dos rios Itapemirim e Itabapoana numa mesma região homogênea hidrologicamente, a partir da análise de uma vazão características de estiagem (Q_{90}) e de uma vazão que representa condições médias de vazão (Q_{50}), foi considerado adequado, confirmando os resultados obtidos por Silva (2014).

6.3.3 Regionalização da Curva de Permanências de Vazões

Foram aplicados os Métodos dos Valores Característicos e o da Curva Exponencial para a regionalização hidrológica da Curva de Permanência das Bacias dos Rios Itapemirim e Itabapoana. As funções regionais obtidas pelos referidos métodos são apresentadas e descritas nas seções subsequentes.

6.3.3.1 Método dos Valores Característicos

As funções regionais estabelecidas a partir do emprego do Método dos Valores Característicos, assumindo-se como variáveis independentes ***a)*** Área, ***b)*** Perímetro, ***c)*** Perímetro e Declividade e ***d)*** Perímetro, Declividade e Precipitação estão reunidas nas tabelas 18, 19, 20 e 21, respectivamente. Estas tabelas também apresentam os valores do coeficiente de determinação (para Área ou Perímetro como variáveis independentes únicas) ou do coeficiente de determinação ajustado.

Tabela 18. Funções Regionais obtidas a partir do Método dos Valores Característicos, utilizando-se a Área como variável independente.

Vazões de Permanência	Função Regional	R^2
Q_{50}	$Q_{50}=0{,}01922.A^{0{,}9338}$	0,9576
Q_{55}	$Q_{55}=0{,}01804.A^{0{,}9309}$	0,9590
Q_{60}	$Q_{60}=0{,}01702.A^{0{,}9285}$	0,9596
Q_{65}	$Q_{65}=0{,}01534.A^{0{,}9332}$	0,9584
Q_{70}	$Q_{70}=0{,}014724.A^{0{,}9290}$	0,9579
Q_{75}	$Q_{75}=0{,}01350.A^{0{,}9315}$	0,9599
Q_{80}	$Q_{80}=0{,}01239.A^{0{,}9321}$	0,9584
Q_{85}	$Q_{85}=0{,}01113.A^{0{,}9350}$	0,9558
Q_{90}	$Q_{90}=0{,}010281.A^{0{,}9316}$	0,9546
Q_{95}	$Q_{95}=0{,}009018.A^{0{,}9299}$	0,9452

Nota: valores de vazão em m³/s e de área em km².

Tabela 19. Funções Regionais obtidas a partir do Método dos Valores Característicos, utilizando-se o Perímetro como variável independente.

Vazões de Permanência	Função Regional	R^2
Q_{50}	$Q_{50}=0{,}001211.P^{1{,}75505}$	0,9613
Q_{55}	$Q_{55}=0{,}001143.P^{1{,}75013}$	0,9632
Q_{60}	$Q_{60}=0{,}001084.P^{1{,}74596}$	0,9642
Q_{65}	$Q_{65}=0{,}0009620.P^{1{,}7551}$	09635
Q_{70}	$Q_{70}=0{,}0009341.P^{1{,}7474}$	0,9632
Q_{75}	$Q_{75}=0{,}0008501.P^{1{,}7522}$	0,9653
Q_{80}	$Q_{80}=0{,}0007749.P^{1{,}7543}$	0,9648
Q_{85}	$Q_{85}=0{,}0006914.P^{1{,}7594}$	0,9617
Q_{90}	$Q_{90}=0{,}0006489.P^{1{,}7518}$	0,9594
Q_{95}	$Q_{95}=0{,}0005313.P^{1{,}7524}$	0,9540

Nota: valores de vazão em m³/s e de perímetro em km.

Tabela 20. Funções Regionais obtidas a partir do Método dos Valores Característicos, utilizando-se o Perímetro e Declividade como variáveis independentes.

Vazões de Permanência	Função Regional	R^2_a
Q_{50}	$Q_{50}=0,0005434.P^{1,7395}.D^{-0,7194}$	0,9589
Q_{55}	$Q_{55}=0,0005134.P^{1,7349}.D^{-0,7189}$	0,9611
Q_{60}	$Q_{60}=0,0004547.P^{1,7294}.D^{-0,7807}$	0,9630
Q_{65}	$Q_{65}=0,0003865.P^{1,7378}.D^{-0,8186}$	0,9625
Q_{70}	$Q_{70}=0,0003702.P^{1,7299}.D^{-0,8308}$	0,9624
Q_{75}	$Q_{75}=0,0003321.P^{1,7344}.D^{-0,8438}$	0,9649
Q_{80}	$Q_{80}=0,0002798.P^{1,7350}.D^{-0,9145}$	0,9651
Q_{85}	$Q_{85}=0,0002189.P^{1,7375}.D^{-1,0326}$	0,9631
Q_{90}	$Q_{90}=0,0001893.P^{1,7282}.D^{-1,1173}$	0,9617
Q_{95}	$Q_{95}=0,0001541.P^{1,7279}.D^{-1,1600}$	0,9561

Nota: valores de vazão em m³/s e de declividade em km/km.

Tabela 21. Funções Regionais obtidas a partir do Método dos Valores Característicos, utilizando-se o Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes.

Vazões de Permanência	Função Regional	R^2_a
Q_{50}	$Q_{50}=7,383.10^{-9}.P^{1,7214}.D^{-0,9643}.Prec^{1,5172}$	0,9581
Q_{55}	$Q_{55}=2,786.10^{-8}.P^{1,7188}.D^{-0,9335}.Prec^{1,3297}$	0,9599
Q_{60}	$Q_{60}=6,515.10^{-8}.P^{1,7149}.D^{-0,9741}.Prec^{1,1983}$	0,9615
Q_{65}	$Q_{65}=7,122.10^{-8}.P^{1,7237}.D^{-1,0065}.Prec^{1,1642}$	0,9609
Q_{70}	$Q_{70}=7,332.10^{-8}.P^{1,7155}.D^{-1,0172}.Prec^{1,1545}$	0,9608
Q_{75}	$Q_{75}=2,021.10^{-7}.P^{1,7222}.D^{-1,0056}.Prec^{1,0025}$	0,9631
Q_{80}	$Q_{80}=2,628.10^{-7}.P^{1,7236}.D^{-1,0668}.Prec^{0,9437}$	0,9632
Q_{85}	$Q_{85}=6,390.10^{-8}.P^{1,7242}.D^{-1,2104}.Prec^{1,1020}$	0,9614
Q_{90}	$Q_{90}=6,283.10^{-8}.P^{1,7151}.D^{-1,2921}.Prec^{1,0829}$	0,9598
Q_{95}	$Q_{95}=2,067.10^{-7}.P^{1,7170}.D^{-1,3046}.Prec^{0,8956}$	0,9533

Nota: valores de vazão em m³/s e de precipitação em mm.

Os coeficientes de determinação ou de determinação ajustado mostraram-se satisfatórios para todas as combinações de variáveis independentes avaliadas, assumindo, invariavelmente, valores superiores a 94% (noventa e quatro por cento). As funções regionais estabelecidas atenderam, portanto, ao critério proposto por Eletrobrás (1985), segundo o qual as funções regionais obtidas por análise de regressão devem apresentar coeficiente de determinação de, no mínimo, 70%.

Na Tabela 22, como avaliação adicional do desempenho das funções regionais geradas, estão apresentados os valores dos erros padrões de estimativa para as diferentes variáveis independentes utilizadas no presente trabalho e os valores de desvio padrão das vazões reais obtidas a partir da série histórica de vazões.

Tabela 22. Valores do erro padrão de estimativa (m³/s) para variáveis independentes e combinações de variáveis utilizadas no presente trabalho, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o desvio padrão das vazões reais (m³/s).

Vazões de Permanência	Erro Padrão de Estimativa (m³/s)				Desvio Padrão das vazões reais (m³/s)
	Área	Perímetro	Perímetro e Declividade	Perímetro, Declividade e Precipitação	
Q_{50}	1,44	2,6	3,17	2,82	14,55
Q_{55}	1,33	2,43	2,98	2,68	13,34
Q_{60}	1,19	2,12	2,68	2,43	12,36
Q_{65}	1,14	2,05	2,58	2,35	11,52
Q_{70}	1,09	1,88	2,41	2,20	10,61
Q_{75}	1,05	1,70	2,18	2,02	9,92
Q_{80}	1,09	1,49	2,01	1,88	9,08
Q_{85}	1,05	1,43	1,93	1,79	8,33
Q_{90}	1,02	1,27	1,75	1,62	7,44
Q_{95}	1,05	1,13	1,54	1,46	6,37

Conforme critério de análise detalhadamente discutido por Naghettini (2007), quanto mais próximo o erro padrão estiver do valor nulo e distante do desvio padrão da variável dependente da série real de vazões, maior a possibilidade da análise de regressão produzir melhores resultados na obtenção das funções regionais. Neste contexto, é relevante observar que, para todas as combinações de variáveis independentes utilizadas neste trabalho, os erros padrões de estimativa mantiveram-se baixos e substancialmente menores que os valores de desvio padrão associados à série de vazões reais. Adicionalmente, é relevante observar a tendência de ocorrência de menores erros padrões de estimativa para aquelas vazões com maiores permanências.

Na Tabela 23 são reunidos os valores dos desvios percentuais entre as vazões reais e as vazões estimadas a partir das funções regionais conformadas por meio do Método dos Valores Característicos, consideradas as quatro diferentes combinações

de variáveis independentes utilizadas na condução da regionalização hidrológica. Na referida tabela, as células em destaque indicam desvios superiores a 30%.

Tabela 23. Desvios (%), em relação às vazões reais, de vazões com diferentes permanências e estimadas por funções regionais estabelecidas pelo Método dos Valores Característicos.

Funções Regionais	Usina Fortaleza	Iúna	Terra Corrida	Itaici	Ibitirama	Rive	Castelo	Usina São Miguel	Coutinho	Caiana	Dores do Rio Preto	Guaçuí	São José do Calçado	Ponte do Itabapoana	Mimoso do Sul	Santa Cruz
Área																
Q_{50}	-16,44	-7,71	-5,18	-3,61	-51,67	-9,63	18,01	10,93	3,17	11,14	3,34	-32,94	41,93	-0,92	-6,89	3,58
Q_{55}	-18,69	-7,47	-5,53	-2,09	-43,45	-9,54	18,44	10,75	3,07	10,99	4,20	-34,02	42,06	0,02	-7,25	4,83
Q_{60}	-17,79	-9,80	-5,17	-1,96	-39,39	-8,41	19,26	11,28	3,36	10,42	5,71	-36,34	41,52	-0,23	-8,65	3,62
Q_{65}	-15,51	-12,60	-6,15	-1,58	-35,49	-8,11	19,99	10,53	3,61	9,30	6,73	-41,57	42,28	0,51	-11,27	3,90
Q_{70}	-15,14	-14,07	-6,11	-1,55	-32,11	-7,87	20,10	9,20	4,40	9,63	9,24	-45,21	41,86	0,97	-11,91	4,25
Q_{75}	-13,68	-14,63	-5,31	-1,22	-28,31	-7,50	19,90	9,06	5,72	9,02	10,78	-46,54	40,68	0,61	-13,07	3,53
Q_{80}	-9,77	-16,10	-7,00	-1,15	-23,64	-7,45	20,82	9,41	7,68	8,88	11,22	-52,09	40,67	0,10	-15,30	3,31
Q_{85}	-4,99	-20,68	-8,11	-1,45	-22,44	-8,63	21,58	10,07	7,79	7,79	12,25	-59,74	40,05	1,20	-15,82	2,71
Q_{90}	-3,00	-23,18	-8,58	-1,56	-19,55	-8,01	22,27	9,37	9,14	7,01	18,07	-64,06	38,02	3,04	-14,43	2,06
Q_{95}	3,05	-23,61	-13,13	-1,00	-18,64	-10,14	24,63	10,78	11,44	5,61	23,46	-75,74	36,86	2,02	-25,29	1,07
Perímetro																
Q_{50}	-1,05	-39,61	-18,29	-22,56	-43,34	-4,10	3,01	7,35	-5,86	6,67	8,47	1,68	36,74	8,37	13,89	16,33
Q_{55}	-3,66	-40,09	-19,43	-21,55	-36,45	-4,80	2,89	6,49	-6,78	5,91	8,71	0,16	36,53	8,51	13,00	16,74
Q_{60}	-3,13	-43,32	-19,21	-21,54	-32,86	-3,88	3,74	6,92	-6,58	5,14	9,95	-1,84	35,81	8,13	11,65	15,54
Q_{65}	-0,70	-46,63	-19,94	-20,73	-28,64	-3,15	4,90	6,48	-5,89	4,28	11,27	-5,19	36,84	9,23	9,95	16,21
Q_{70}	-0,78	-48,85	-20,23	-20,99	-25,86	-3,25	4,80	4,81	-5,30	4,34	13,35	-8,38	36,18	9,34	9,05	16,21
Q_{75}	0,80	-49,31	-19,04	-20,33	-21,91	-2,62	4,76	4,91	-3,60	3,94	15,06	-9,00	35,05	9,27	8,40	15,83
Q_{80}	3,46	-52,41	-21,87	-21,13	-18,37	-3,26	5,16	4,60	-2,11	3,06	14,82	-13,95	34,51	8,21	5,91	15,10
Q_{85}	8,54	-57,14	-22,09	-20,50	-16,16	-3,50	6,85	6,10	-1,17	2,75	16,58	-18,51	34,41	10,01	6,38	15,32
Q_{90}	9,97	-60,72	-22,97	-20,98	-13,78	-3,34	7,40	5,03	-0,10	1,64	21,87	-22,26	32,04	11,28	7,13	14,34
Q_{95}	15,33	-60,93	-27,75	-19,82	-12,70	-4,78	10,57	6,96	3,14	0,40	27,09	-30,65	30,78	10,90	-1,46	14,06

Tabela 23. Desvios (%), em relação às vazões reais, de vazões com diferentes permanências e estimadas por funções regionais estabelecidas pelo Método dos Valores Característicos(Continuação).

Funções Regionais	Usina Fortaleza	Iúna	Terra Corrida	Itaici	Ibitirama	Rive	Castelo	Usina São Miguel	Coutinho	Caiana	Dores do Rio Preto	Guaçuí	São José do Calçado	Ponte do Itabapoana	Mimoso do Sul	Santa Cruz
Perímetro e Declividade																
Q_{50}	-3,67	-23,01	-7,63	-21,15	-47,61	-3,73	-5,18	1,30	-5,99	3,79	8,21	0,74	38,36	10,75	7,02	20,39
Q_{55}	-6,11	-23,17	-8,44	-19,88	-40,21	-4,21	-5,07	0,61	-6,68	3,22	8,65	-0,58	38,29	11,07	6,27	20,95
Q_{60}	-5,65	-24,48	-7,22	-19,59	-36,67	-3,12	-4,72	0,67	-6,33	2,31	10,00	-2,53	37,81	11,04	4,32	20,27
Q_{65}	-3,60	-26,86	-7,64	-19,06	-32,92	-2,67	-4,22	-0,42	-5,97	0,99	11,05	-6,26	38,72	11,97	1,81	20,87
Q_{70}	-3,48	-28,21	-7,48	-19,02	-29,81	-2,53	-4,23	-2,09	-5,14	1,23	13,33	-9,25	38,26	12,31	0,93	21,12
Q_{75}	-2,32	-28,82	-6,66	-18,82	-26,31	-2,30	-4,83	-2,51	-3,85	0,36	14,70	-10,33	36,93	11,94	-0,32	20,52
Q_{80}	0,77	-29,11	-7,55	-18,76	-22,26	-2,30	-4,60	-2,87	-1,77	-0,26	14,94	-14,76	36,95	11,66	-3,22	20,69
Q_{85}	5,04	-31,15	-6,71	-18,61	-21,27	-3,07	-4,73	-2,91	-1,44	-1,67	16,17	-20,25	36,75	13,26	-4,61	21,08
Q_{90}	6,18	-32,23	-6,35	-19,00	-19,28	-2,94	-5,18	-4,93	-0,44	-3,27	21,41	-24,27	34,62	14,70	-4,78	20,59
Q_{95}	11,67	-31,35	-9,82	-17,72	-18,30	-4,30	-2,02	-3,14	2,84	-4,71	26,68	-32,81	33,55	14,51	-14,94	20,60
Perímetro, Declividade e Precipitação																
Q_{50}	-7,23	-23,39	-9,92	-25,82	-35,67	-3,11	-7,62	5,32	-3,18	-0,98	11,17	9,56	38,48	9,42	-0,85	18,51
Q_{55}	-9,30	-23,51	-10,46	-23,92	-30,22	-3,66	-7,20	4,17	-4,20	-0,97	11,24	7,30	38,39	9,91	-0,66	19,31
Q_{60}	-8,50	-24,78	-9,02	-23,22	-27,87	-2,63	-6,64	3,88	-4,10	-1,49	12,30	4,74	37,91	9,99	-2,03	18,78
Q_{65}	-6,32	-27,17	-9,40	-22,57	-24,59	-2,20	-6,06	2,73	-3,81	-2,76	13,26	1,07	38,81	10,96	-4,52	19,44
Q_{70}	-6,17	-28,52	-9,22	-22,49	-21,74	-2,07	-6,06	1,09	-3,01	-2,48	15,47	-1,78	38,35	11,31	-5,40	19,70
Q_{75}	-4,63	-29,09	-8,15	-21,83	-19,46	-1,89	-6,43	0,27	-2,02	-2,87	16,53	-3,75	37,02	11,08	-5,86	19,29
Q_{80}	-1,33	-29,36	-8,97	-21,59	-16,01	-1,92	-6,11	-0,24	-0,08	-3,32	16,66	-8,31	37,03	10,84	-8,57	19,53
Q_{85}	2,68	-31,44	-8,36	-21,91	-14,06	-2,62	-6,49	0,15	0,52	-5,31	18,14	-12,39	36,84	12,32	-10,98	19,73
Q_{90}	3,90	-32,52	-7,96	-22,25	-12,31	-2,50	-6,91	-1,86	1,47	-6,90	23,23	-16,28	34,72	13,79	-11,04	19,25
Q_{95}	9,90	-31,59	-11,19	-20,38	-12,55	-3,93	-3,41	-0,64	4,37	-7,74	28,09	-25,71	33,63	13,76	-20,59	19,49

A partir da inspeção dos resultados reunidos na Tabela 23, são consideradas relevantes as seguintes considerações:

- A combinação de variáveis independentes Perímetro e Declividade foi a que apresentou melhores resultados, considerando-se o limite para os desvios percentuais de 30% entre as vazões características das curvas de permanência reais e das curvas de permanência estabelecidas por meio das funções regionais. No entanto, a aplicação das diferentes funções regionais estabelecidas produziram resultados similares para a maior parte das estações fluviométricas analisadas;
- Para a estação de São José do Calçado, todas as funções regionais estabelecidas produziram desvios superiores a 30%, independentemente da vazão de referência avaliada. As funções regionais, adicionalmente, superestimaram as vazões associadas à curva de permanência;
- As funções regionais que empregaram a Área como variável independente produziram, para a estação de Guaçuí, desvios superiores a 30% para todas as vazões de referência da curva de permanência de vazão estimadas por meio das funções regionais. Entretanto, os valores foram subdimensionados;
- Para as funções regionais que empregaram o Perímetro como variável independente, a estação Iúna apresentou desvios superiores a 30%, em todas as vazões de referência utilizadas. Considerando a mesma estação, para funções regionais que utilizaram o Perímetro e a Declividade e o Perímetro, a Declividade e a Precipitação, as vazões Q_{85}, Q_{90} e Q_{95} apresentam desvios superiores a 30%;
- Para a estação Ibitirama, todas as funções regionais estabelecidas produziram desvios superiores a 30% para as permanências entre 50% e 70%.

Na Tabela 24 são apresentados os valores das vazões reais, das vazões estimadas com auxílio da função regional que empregou Perímetro e Declividade como variáveis independentes e dos erros percentuais entre estas vazões. Tabelas semelhantes, referentes as demais funções regionais produzidas, estão reunidas no APÊNDICE 4.

Tabela 24. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro e a Declividade como variáveis independentes.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	3,02	2,91	-3,67	5,60	4,55	-23,01	7,50	6,97	-7,63	12,70	10,48	-21,15
Q_{55}	2,85	2,69	-6,11	5,18	4,20	-23,17	6,97	6,42	-8,44	11,57	9,65	-19,88
Q_{60}	2,64	2,50	-5,65	4,92	3,95	-24,48	6,45	6,02	-7,22	10,72	8,97	-19,59
Q_{65}	2,39	2,31	-3,60	4,67	3,68	-26,86	6,04	5,61	-7,64	9,93	8,34	-19,06
Q_{70}	2,24	2,16	-3,48	4,43	3,46	-28,21	5,65	5,26	-7,48	9,27	7,79	-19,02
Q_{75}	2,06	2,01	-2,32	4,15	3,23	-28,82	5,23	4,90	-6,66	8,63	7,27	-18,82
Q_{80}	1,83	1,84	0,77	3,88	3,01	-29,11	4,90	4,56	-7,55	7,96	6,70	-18,76
Q_{85}	1,59	1,68	5,04	3,67	2,80	-31,15	4,52	4,23	-6,71	7,29	6,15	-18,61
Q_{90}	1,42	1,52	6,18	3,41	2,58	-32,23	4,12	3,87	-6,35	6,61	5,56	-19,00
Q_{95}	1,16	1,31	11,67	2,96	2,25	-31,35	3,71	3,38	-9,82	5,68	4,82	-17,72

Tabela 24. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro e a Declividade como variáveis independentes (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	6,65	4,50	-47,61	27,57	26,58	-3,73	9,69	9,21	-5,18	15,30	15,51	1,30
Q_{55}	5,82	4,15	-40,21	25,43	24,40	-4,21	8,91	8,48	-5,07	14,17	14,26	0,61
Q_{60}	5,27	3,85	-36,67	23,32	22,61	-3,12	8,19	7,82	-4,72	13,06	13,15	0,67
Q_{65}	4,74	3,56	-32,92	21,70	21,13	-2,67	7,54	7,24	-4,22	12,27	12,22	-0,42
Q_{70}	4,33	3,34	-29,81	20,14	19,64	-2,53	7,03	6,75	-4,23	11,60	11,37	-2,09
Q_{75}	3,92	3,10	-26,31	18,79	18,37	-2,30	6,59	6,28	-4,83	10,87	10,60	-2,51
Q_{80}	3,48	2,85	-22,26	17,34	16,95	-2,30	6,01	5,75	-4,60	10,00	9,72	-2,87
Q_{85}	3,14	2,59	-21,27	16,05	15,57	-3,07	5,44	5,19	-4,73	9,07	8,81	-2,91
Q_{90}	2,79	2,34	-19,28	14,42	14,00	-2,94	4,88	4,64	-5,18	8,27	7,88	-4,93
Q_{95}	2,39	2,02	-18,30	12,68	12,15	-4,30	4,09	4,01	-2,02	7,03	6,81	-3,14

Tabela 24. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro e a Declividade como variáveis independentes (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	48,37	45,63	-5,99	4,85	5,04	3,79	3,01	3,28	8,21	7,00	7,05	0,74
Q_{55}	44,63	41,84	-6,68	4,50	4,65	3,22	2,77	3,03	8,65	6,54	6,50	-0,58
Q_{60}	41,15	38,70	-6,33	4,21	4,31	2,31	2,54	2,82	10,00	6,19	6,04	-2,53
Q_{65}	38,43	36,27	-5,97	3,95	3,99	0,99	2,32	2,61	11,05	5,95	5,60	-6,26
Q_{70}	35,35	33,62	-5,14	3,69	3,73	1,23	2,12	2,45	13,33	5,72	5,23	-9,25
Q_{75}	32,70	31,49	-3,85	3,46	3,47	0,36	1,94	2,27	14,70	5,38	4,87	-10,33
Q_{80}	29,58	29,07	-1,77	3,20	3,19	-0,26	1,78	2,09	14,94	5,15	4,49	-14,76
Q_{85}	27,10	26,72	-1,44	2,95	2,90	-1,67	1,60	1,91	16,17	4,93	4,10	-20,25
Q_{90}	24,06	23,96	-0,44	2,70	2,62	-3,27	1,36	1,73	21,41	4,60	3,70	-24,27
Q_{95}	20,20	20,79	2,84	2,37	2,26	-4,71	1,10	1,50	26,68	4,26	3,21	-32,81

Tabela 24. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro e a Declividade como variáveis independentes (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	1,26	2,04	38,36	32,11	35,98	10,75	5,25	5,65	7,02	40,10	50,37	20,39
Q_{55}	1,16	1,88	38,29	29,35	33,01	11,07	4,88	5,21	6,27	36,50	46,17	20,95
Q_{60}	1,09	1,76	37,81	27,24	30,62	11,04	4,60	4,81	4,32	34,20	42,89	20,27
Q_{65}	1,00	1,63	38,72	25,26	28,70	11,97	4,36	4,44	1,81	31,90	40,31	20,87
Q_{70}	0,94	1,53	38,26	23,37	26,65	12,31	4,11	4,15	0,93	29,50	37,40	21,12
Q_{75}	0,90	1,42	36,93	21,97	24,95	11,94	3,87	3,86	-0,32	27,86	35,06	20,52
Q_{80}	0,83	1,31	36,95	20,40	23,09	11,66	3,64	3,53	-3,22	25,80	32,53	20,69
Q_{85}	0,76	1,20	36,75	18,48	21,30	13,26	3,33	3,18	-4,61	23,80	30,16	21,08
Q_{90}	0,71	1,09	34,62	16,37	19,19	14,70	2,99	2,85	-4,78	21,60	27,20	20,59
Q_{95}	0,63	0,95	33,55	14,26	16,68	14,51	2,83	2,46	-14,94	18,80	23,68	20,60

6.3.3.2 Método da Curva Exponencial

Para regionalização hidrológica da curva de permanência utilizando-se o Método da Curva Exponencial, foram estabelecidas as funções regionais reunidas na Tabela 25, considerando-se a regionalização da curva de permanência no trecho entre as vazões Q_{50} e Q_{95} em função das variáveis independentes utilizadas no presente trabalho.

Tabela 25. Funções regionais apropriadas para condução da regionalização hidrológica de curvas de permanência por meio da aplicação do Método da Curva Exponencial.

Variáveis Independentes	**Funções Regionais**	
	Q_{50}	**Q_{95}**
Área	$Q_{50}=0{,}01922.A^{0{,}9338}$	$Q_{95}=0{,}009018.A^{0{,}9299}$
Perímetro	$Q_{50}=0{,}001211.P^{1{,}75505}$	$Q_{95}=0{,}0005313.P^{1{,}7524}$
Perímetro e Declividade	$Q_{50}=0{,}0005434.P^{1{,}7395}.D^{-0{,}7194}$	$Q_{95}=0{,}0001541.P^{1{,}7279}.D^{-1{,}1600}$
Perímetro, Declividade e Precipitação	$Q_{50}=7{,}383.10^{-9}.P^{1{,}7214}.D^{-0{,}9643}.Prec^{1{,}5172}$	$Q_{95}=2{,}067.10^{-7}.P^{1{,}7170}.D^{-1{,}3046}.Prec^{0{,}8956}$

As expressões reunidas na Tabela 25 permitiram a apropriação dos coeficientes *a* e *b*, (estimados com auxílio das expressões (2) e (3), respectivamente) que dão forma à função exponencial empregada para a conformação da curva de permanência regionalizada (equação (1)).

Na Tabela 26 estão apresentados os coeficientes *a* e *b* que permitiram reconstruir as curvas de permanência de vazões para as diferentes estações fluviométricas das bacias dos rios Itapemirim e Itabapoana.

Tabela 26. Parâmetros *a* e *b* associados às estações fluviométricas das bacias hidrográficas dos rios Itapemirim e Itabapoana.

Estações	Variáveis Independentes							
	Área		Perímetro		Perímetro e Declividade		Perímetro, Declividade e Precipitação	
	a	***b***	***a***	***b***	***a***	***b***	***a***	***b***
Usina Fortaleza	-1,7200	1,8124	-1,7338	1,9610	-1,7710	1,9540	-1,7402	1,9049
Iúna	-1,7251	2,5113	-1,7348	2,2567	-1,5648	2,2984	-1,5620	2,2938
Terra Corrida	-1,7274	2,8281	-1,7363	2,7150	-1,6101	2,7464	-1,5909	2,7157
Itaici	-1,7314	3,3717	-1,7379	3,2070	-1,7245	3,2119	-1,6900	3,1568
Ibitirama	-1,7238	2,3392	-1,7353	2,4014	-1,7776	2,3932	-1,8544	2,5160
Rive	-1,7367	4,0931	-1,7410	4,1471	-1,7387	4,1494	-1,7442	4,1581
Castelo	-1,7312	3,3350	-1,7378	3,1703	-1,8504	3,1456	-1,8296	3,1122
Usina São Miguel	-1,7339	3,7109	-1,7395	3,6742	-1,8279	3,6552	-1,8658	3,7157
Coutinho	-1,7418	4,7819	-1,7428	4,6933	-1,7469	4,6941	-1,7714	4,7332
Caiana	-1,7255	2,5599	-1,7357	2,5158	-1,7793	2,5073	-1,7353	2,4368
Dores do Rio Preto	-1,7213	1,9979	-1,7342	2,0588	-1,7403	2,0590	-1,7702	2,1068
Guaçuí	-1,7252	2,5239	-1,7367	2,8313	-1,7520	2,8294	-1,8367	2,9649
São José do Calçado	-1,7186	1,6304	-1,7325	1,5518	-1,6995	1,5612	-1,7013	1,5641
Ponte do Itabapoana	-1,7385	4,3292	-1,7419	4,4275	-1,7086	4,4371	-1,6951	4,4155
Mimoso do Sul	-1,7247	2,4539	-1,7362	2,6758	-1,8430	2,6525	-1,7690	2,5342
Santa Cruz	-1,7405	4,5981	-1,7430	4,7412	-1,6777	4,7583	-1,6564	4,7242

Na Tabela 27 encontram-se reunidos os valores do erro padrão de estimativa para as variáveis independentes utilizadas no presente trabalho e os valores de desvio padrão das vazões reais obtidas a partir das séries históricas de vazões.

Tabela 27. Valores do erro padrão de estimativa (m^3/s) para variáveis independentes e combinações de variáveis utilizadas no presente trabalho, utilizando-se o Método da Curva Exponencial e o desvio padrão das vazões reais (m^3/s).

Vazões de Permanência	Erro Padrão de Estimativa (m^3/s)				Desvio Padrão das vazões reais (m^3/s)
	Área	Perímetro	Perímetro e Declividade	Perímetro, Declividade Precipitação	
Q_{50}	1,44	2,60	3,17	2,82	14,55
Q_{55}	1,30	2,45	3,02	2,70	13,34
Q_{60}	1,15	2,09	2,63	2,34	12,36
Q_{65}	1,09	1,89	2,39	2,12	11,52
Q_{70}	1,08	1,73	2,20	1,96	10,61
Q_{75}	1,12	1,51	1,91	1,71	9,92
Q_{80}	1,12	1,32	1,69	1,52	9,08
Q_{85}	1,08	1,22	1,57	1,42	8,33
Q_{90}	0,93	1,07	1,45	1,32	7,44
Q_{95}	1,05	1,13	1,54	1,46	6,37

Os valores do erro padrão de estimativa para as funções regionais produzidas por meio da aplicação do Método da Curva Exponencial mantiveram-se relativamente baixos e, consideravelmente menores que os valores obtidos de desvio padrão das vazões reais da curva de permanência. Como observado quando da aplicação do Método dos Valores Característicos os menores valores do erro padrão de estimativa foram associados às vazões com maiores permanências.

Na Tabela 28 encontram-se reunidos os valores dos desvios percentuais entre as vazões reais e as vazões estimadas por meio das funções regionais obtidas pelo Método da Curva Exponencial, considerando as combinações de variáveis independentes estudadas no presente trabalho. As células em destaque indicam desvios superiores a 30%.

Tabela 28. Desvios (%), em relação às vazões reais, de vazões com diferentes permanências e estimadas por funções regionais estabelecidas pelo Método da Curva Exponencial.

Funções Regionais	Usina Fortaleza	Iúna	Terra Corrida	Itaici	Ibitirama	Rive	Castelo	Usina São Miguel	Coutinho	Caiana	Dores do Rio Preto	Guaçuí	São José do Calçado	Ponte do Itabapoana	Mimoso do Sul	Santa Cruz
Área																
Q_{50}	-16,44	-7,71	-5,18	-3,61	-51,67	-9,63	18,01	10,93	3,17	11,14	3,34	-32,94	41,93	-0,92	-6,89	3,58
Q_{55}	-19,99	-8,52	-6,50	-2,93	-44,89	-10,30	17,77	10,07	2,51	10,13	3,18	-35,33	41,40	-0,63	-8,31	4,26
Q_{60}	-20,97	-12,45	-7,57	-4,05	-42,84	-10,30	17,60	9,59	1,94	8,28	3,24	-39,62	39,89	-1,88	-11,29	2,13
Q_{65}	-19,27	-16,37	-9,75	-5,10	-39,99	-11,96	17,22	7,39	0,09	6,26	3,67	-46,31	40,42	-3,07	-14,98	0,41
Q_{70}	-21,76	-20,39	-11,90	-6,93	-39,49	-13,35	15,86	4,49	-0,26	4,63	4,07	-53,25	38,48	-3,99	-18,13	-0,47
Q_{75}	-21,91	-22,95	-12,96	-8,59	-37,62	-15,35	14,07	2,44	-1,18	2,42	4,32	-57,17	36,39	-6,65	-21,27	-3,52
Q_{80}	-18,27	-25,20	-15,44	-9,21	-33,31	-16,13	14,51	2,14	0,13	1,73	4,32	-64,03	36,09	-8,00	-24,34	-4,57
Q_{85}	-12,05	-29,23	-15,94	-9,08	-31,01	-17,21	15,69	3,14	0,17	1,24	6,27	-71,06	36,07	-6,73	-23,99	-5,23
Q_{90}	-9,14	-30,65	-15,22	-7,85	-26,77	-14,82	17,46	3,71	3,31	1,36	13,17	-74,01	34,35	-3,11	-21,36	-4,19
Q_{95}	3,05	-23,61	-13,13	-1,00	-18,64	-10,14	24,63	10,78	11,44	5,61	23,46	-75,74	36,86	2,02	-25,29	1,07
Perímetro																
Q_{50}	-1,05	-39,61	-18,29	-22,56	-43,34	-4,10	3,01	7,35	-5,86	6,67	8,47	1,68	36,74	8,37	13,89	16,33
Q_{55}	-4,21	-40,73	-19,83	-21,79	-37,01	-4,75	2,68	6,42	-6,58	5,55	8,25	-0,14	36,12	8,61	12,70	16,91
Q_{60}	-5,13	-45,89	-21,08	-23,16	-35,15	-4,78	2,45	5,90	-7,21	3,56	8,25	-3,38	34,43	7,46	10,24	15,05
Q_{65}	-3,72	-51,05	-23,59	-24,44	-32,53	-6,38	1,97	3,58	-9,25	1,38	8,61	-8,40	34,96	6,37	7,21	13,55
Q_{70}	-5,96	-56,35	-26,07	-26,65	-32,13	-7,72	0,33	0,53	-9,63	-0,38	8,92	-13,60	32,80	5,51	4,62	12,78
Q_{75}	-6,17	-59,76	-27,32	-28,66	-30,43	-9,64	-1,83	-1,63	-10,64	-2,76	9,10	-16,58	30,46	3,08	2,02	10,11
Q_{80}	-3,07	-62,76	-30,18	-29,43	-26,42	-10,41	-1,34	-1,97	-9,21	-3,54	9,05	-21,73	30,09	1,84	-0,51	9,19
Q_{85}	2,28	-68,08	-30,81	-29,33	-24,31	-11,46	0,03	-0,95	-9,18	-4,11	10,84	-27,03	30,02	2,98	-0,29	8,60
Q_{90}	4,76	-70,01	-30,05	-27,91	-20,35	-9,21	2,09	-0,39	-5,75	-4,03	17,35	-29,29	28,08	6,25	1,78	9,50
Q_{95}	15,33	-60,93	-27,75	-19,82	-12,70	-4,78	10,57	6,96	3,14	0,40	27,09	-30,65	30,78	10,90	-1,46	14,06

Tabela 28. Desvios (%), em relação às vazões reais, de vazões com diferentes permanências e estimadas por funções regionais estabelecidas pelo Método da Curva Exponencial (Continuação).

Funções Regionais	Usina Fortaleza	Iúna	Terra Corrida	Itaici	Ibitirama	Rive	Castelo	Usina São Miguel	Coutinho	Caiana	Dores do Rio Preto	Guaçuí	São José do Calçado	Ponte do Itabapoana	Mimoso do Sul	Santa Cruz
Perímetro e Declividade																
Q_{50}	-3,67	-23,01	-7,63	-21,15	-47,61	-3,73	-5,18	1,30	-5,99	3,79	8,21	0,74	38,36	10,75	7,02	20,39
Q_{55}	-7,11	-22,94	-8,34	-20,30	-41,40	-4,38	-6,12	-0,13	-6,74	2,43	7,96	-1,18	37,86	11,14	5,23	21,20
Q_{60}	-8,25	-26,38	-8,79	-21,57	-39,77	-4,39	-6,98	-1,13	-7,39	0,15	7,93	-4,53	36,32	10,17	2,05	19,70
Q_{65}	-7,00	-29,74	-10,35	-22,75	-37,35	-5,97	-8,11	-4,08	-9,45	-2,33	8,26	-9,68	36,94	9,26	-1,81	18,55
Q_{70}	-9,52	-33,15	-11,85	-24,84	-37,23	-7,29	-10,54	-7,85	-9,86	-4,38	8,55	-15,04	34,95	8,58	-5,21	18,09
Q_{75}	-9,94	-34,90	-12,25	-26,75	-35,75	-9,19	-13,57	-10,69	-10,89	-7,09	8,71	-18,14	32,80	6,39	-8,65	15,86
Q_{80}	-6,93	-36,27	-14,05	-27,42	-31,85	-9,94	-13,66	-11,54	-9,48	-8,14	8,62	-23,46	32,56	5,34	-12,06	15,28
Q_{85}	-1,56	-39,53	-13,88	-27,23	-29,92	-10,98	-12,76	-10,92	-9,47	-8,98	10,39	-28,93	32,60	6,60	-12,41	15,00
Q_{90}	0,83	-39,95	-12,50	-25,76	-26,06	-8,73	-11,07	-10,79	-6,05	-9,13	16,91	-31,33	30,85	9,90	-10,68	16,11
Q_{95}	11,67	-31,35	-9,82	-17,72	-18,30	-4,30	-2,02	-3,14	2,84	-4,71	26,68	-32,81	33,55	14,51	-14,94	20,60
Perímetro, Declividade e Precipitação																
Q_{50}	-7,23	-23,39	-9,92	-25,82	-35,67	-3,11	-7,62	5,32	-3,18	-0,98	11,17	9,56	38,48	9,42	-0,85	18,51
Q_{55}	-10,61	-23,31	-10,55	-24,73	-30,46	-3,78	-8,47	3,77	-4,03	-2,19	10,80	7,42	37,98	9,87	-2,42	19,42
Q_{60}	-11,63	-26,73	-10,90	-25,82	-29,45	-3,82	-9,23	2,62	-4,80	-4,34	10,64	3,95	36,43	8,95	-5,47	17,98
Q_{65}	-10,17	-30,09	-12,37	-26,83	-27,70	-5,42	-10,27	-0,41	-6,94	-6,70	10,83	-1,22	37,04	8,09	-9,21	16,89
Q_{70}	-12,58	-33,49	-13,80	-28,77	-28,08	-6,76	-12,63	-4,25	-7,47	-8,60	10,97	-6,61	35,06	7,47	-12,44	16,50
Q_{75}	-12,84	-35,22	-14,09	-30,50	-27,18	-8,69	-15,60	-7,19	-8,61	-11,17	10,99	-9,95	32,90	5,31	-15,69	14,33
Q_{80}	-9,58	-36,58	-15,81	-30,98	-24,01	-9,46	-15,57	-8,22	-7,37	-12,02	10,78	-15,38	32,65	4,31	-18,88	13,82
Q_{85}	-3,92	-39,83	-15,52	-30,56	-22,67	-10,53	-14,54	-7,82	-7,48	-12,63	12,38	-21,01	32,69	5,65	-18,81	13,64
Q_{90}	-1,33	-40,22	-14,02	-28,82	-19,47	-8,32	-12,70	-7,90	-4,26	-12,54	18,63	-23,78	30,93	9,04	-16,55	14,85
Q_{95}	9,90	-31,59	-11,19	-20,38	-12,55	-3,93	-3,41	-0,64	4,37	-7,74	28,09	-25,71	33,63	13,76	-20,59	19,49

A partir da inspeção dos resultados reunidos na Tabela 28, considera-se relevantes as seguintes considerações:

- A combinação de variáveis independentes Perímetro, Declividade e Precipitação foi a que produziu melhores resultados quando da aplicação do Método da Curva Exponencial, considerando-se o limite de 30% para os desvios percentuais entre as vazões reais e vazões estimadas por meio das funções regionais;
- Para a estação fluviométrica São José do Calçado, todas as funções regionais, apresentaram desvios superiores a 30%, excetuando-se a função regional apropriada para obtenção da vazão Q_{90} utilizando o Perímetro como variável independente. Assim como ocorreu quando do emprego do Método dos Valores Característicos, os valores foram superestimados;
- As funções regionais que empregaram a Área como variável independente estimaram, para a estação fluviométrica Guaçuí, para todas as vazões da curva de permanência, valores com desvios superiores a 30%. É relevante observar que os valores apropriados a partir do emprego das funções regionais foram subestimados;
- Para a estação Iúna, considerando as funções regionais que empregaram o Perímetro como variável independente, todos os valores estimados para as vazões da curva de permanência apresentaram desvios superiores a 30%. Utilizando-se Perímetro e Declividade (consideradas vazões com permanência superiores a 70%) e Perímetro, Declividade e Precipitação (vazões com permanência superiores a 65%) os desvios nos valores de vazões estimadas por meio das funções regionais mantiveram-se superiores a 30%;
- Para a estação Ibitirama, em todas as variáveis independentes e combinações utilizadas para a regionalização da curva de permanência no presente trabalho, foram apropriadas funções regionais cujos valores de vazões apresentaram desvios superiores a 30% quando comparadas às vazões reais obtidas por meio da série histórica de vazões;
- Na estação Itaici, para as funções regionais produzidas a partir da combinação de variáveis independentes Perímetro, Declividade e Precipitação, as funções regionais utilizadas para apropriação de vazões com permanências de 75%,

80% e 85% apresentaram desvios superiores a 30%. Para a estação fluviométrica Terra Corrida, o emprego do Perímetro como variável independente produziu funções regionais que conduziram a apropriação de vazões com permanência entre 80% e 90% com desvios superiores a 30%.

Na Tabela 29 são apresentados os valores das vazões reais, das vazões estimadas com auxílio da função regional que empregou Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes e dos erros percentuais entre estas vazões. Tabelas semelhantes, referentes as demais funções regionais produzidas, estão reunidas no APÊNDICE 4.

Tabela 29. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método da Curva Exponencial, utilizando o Perímetro, a Declividade e a Precipitação como variáveis independentes.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	3,02	2,82	-7,23	5,60	4,54	-23,39	7,50	6,82	-9,92	12,70	10,09	-25,82
Q_{55}	2,85	2,58	-10,61	5,18	4,20	-23,31	6,97	6,30	-10,55	11,57	9,28	-24,73
Q_{60}	2,64	2,37	-11,63	4,92	3,88	-26,73	6,45	5,82	-10,90	10,72	8,52	-25,82
Q_{65}	2,39	2,17	-10,17	4,67	3,59	-30,09	6,04	5,37	-12,37	9,93	7,83	-26,83
Q_{70}	2,24	1,99	-12,58	4,43	3,32	-33,49	5,65	4,96	-13,80	9,27	7,20	-28,77
Q_{75}	2,06	1,82	-12,84	4,15	3,07	-35,22	5,23	4,58	-14,09	8,63	6,62	-30,50
Q_{80}	1,83	1,67	-9,58	3,88	2,84	-36,58	4,90	4,23	-15,81	7,96	6,08	-30,98
Q_{85}	1,59	1,53	-3,92	3,68	2,63	-39,83	4,52	3,91	-15,52	7,29	5,59	-30,56
Q_{90}	1,42	1,40	-1,33	3,41	2,43	-40,22	4,12	3,61	-14,02	6,61	5,13	-28,82
Q_{95}	1,16	1,29	9,90	2,96	2,25	-31,59	3,71	3,33	-11,19	5,68	4,72	-20,38

Tabela 29. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método da Curva Exponencial, utilizando o Perímetro, a Declividade e a Precipitação como variáveis independentes (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	6,65	4,90	-35,67	27,57	26,74	-3,11	9,69	9,00	-7,62	15,30	16,16	5,32
Q_{55}	5,82	4,46	-30,46	25,43	24,50	-3,78	8,91	8,22	-8,47	14,17	14,72	3,77
Q_{60}	5,27	4,07	-29,45	23,32	22,46	-3,82	8,19	7,50	-9,23	13,06	13,41	2,62
Q_{65}	4,74	3,71	-27,70	21,70	20,58	-5,42	7,54	6,84	-10,27	12,27	12,22	-0,41
Q_{70}	4,33	3,38	-28,08	20,14	18,86	-6,76	7,03	6,24	-12,63	11,60	11,13	-4,25
Q_{75}	3,92	3,08	-27,18	18,79	17,29	-8,69	6,59	5,70	-15,60	10,87	10,14	-7,19
Q_{80}	3,48	2,81	-24,01	17,34	15,84	-9,46	6,01	5,20	-15,57	10,00	9,24	-8,22
Q_{85}	3,14	2,56	-22,67	16,05	14,52	-10,53	5,44	4,75	-14,54	9,07	8,41	-7,82
Q_{90}	2,79	2,33	-19,47	14,42	13,31	-8,32	4,88	4,33	-12,70	8,27	7,66	-7,90
Q_{95}	2,39	2,13	-12,55	12,68	12,20	-3,93	4,09	3,95	-3,41	7,03	6,98	-0,64

Tabela 29. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método da Curva Exponencial, utilizando o Perímetro, a Declividade e a Precipitação como variáveis independentes (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	48,37	46,88	-3,18	4,85	4,80	-0,98	3,01	3,39	11,17	7,00	7,74	9,56
Q_{55}	44,63	42,90	-4,03	4,50	4,40	-2,19	2,77	3,11	10,80	6,54	7,06	7,42
Q_{60}	41,15	39,27	-4,80	4,21	4,04	-4,34	2,54	2,84	10,64	6,19	6,44	3,95
Q_{65}	38,43	35,94	-6,94	3,95	3,70	-6,70	2,32	2,60	10,83	5,95	5,88	-1,22
Q_{70}	35,35	32,89	-7,47	3,69	3,40	-8,60	2,12	2,38	10,97	5,72	5,36	-6,61
Q_{75}	32,70	30,10	-8,61	3,46	3,11	-11,17	1,94	2,18	10,99	5,38	4,89	-9,95
Q_{80}	29,58	27,55	-7,37	3,20	2,85	-12,02	1,78	2,00	10,78	5,15	4,46	-15,38
Q_{85}	27,10	25,22	-7,48	2,95	2,62	-12,63	1,60	1,83	12,38	4,93	4,07	-21,01
Q_{90}	24,06	23,08	-4,26	2,70	2,40	-12,54	1,36	1,67	18,63	4,60	3,71	-23,78
Q_{95}	20,20	21,12	4,37	2,37	2,20	-7,74	1,10	1,53	28,09	4,26	3,39	-25,71

Tabela 29. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método da Curva Exponencial, utilizando o Perímetro, a Declividade e a Precipitação como variáveis independentes (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	1,26	2,04	38,48	32,11	35,45	9,42	5,25	5,21	-0,85	40,10	49,21	18,51
Q_{55}	1,16	1,88	37,98	29,35	32,57	9,87	4,88	4,77	-2,42	36,50	45,30	19,42
Q_{60}	1,09	1,72	36,43	27,24	29,92	8,95	4,60	4,36	-5,47	34,20	41,70	17,98
Q_{65}	1,00	1,58	37,04	25,26	27,49	8,09	4,36	3,99	-9,21	31,90	38,38	16,89
Q_{70}	0,94	1,45	35,06	23,37	25,25	7,47	4,11	3,65	-12,44	29,50	35,33	16,50
Q_{75}	0,90	1,33	32,90	21,97	23,20	5,31	3,87	3,35	-15,69	27,86	32,52	14,33
Q_{80}	0,83	1,23	32,65	20,40	21,32	4,31	3,64	3,06	-18,88	25,80	29,94	13,82
Q_{85}	0,76	1,13	32,69	18,48	19,58	5,65	3,33	2,80	-18,81	23,80	27,56	13,64
Q_{90}	0,71	1,03	30,93	16,37	17,99	9,04	2,99	2,57	-16,55	21,60	25,37	14,85
Q_{95}	0,63	0,95	33,63	14,26	16,53	13,76	2,83	2,35	-20,59	18,80	23,35	19,49

6.3.3.3 Confrontação entre os métodos empregados para a regionalização da Curva de Permanência.

A Tabela 30 apresenta os erros percentuais entre as vazões estimadas a partir dos registros fluviométricos e vazões estimadas pelas funções regionais estabelecidas pelo Método dos Valores Característicos e pelo Método da Curva Exponencial. A função regional conformada pelo Método dos Valores Característicos utilizou como variáveis independentes Perímetro e Declividade. A função regional definida a partir do emprego do Método da Curva Exponencial, por sua vez, envolveu as variáveis Perímetro, Declividade e Precipitação.

Tabela 30. Comparação dos desvios percentuais associados às funções regionais estabelecidas a partir dos métodos dos Valores Característicos e da Curva Exponencial.

Funções Regionais	Usina Fortaleza	Iúna	Terra Corrida	Itaici	Ibitirama	Rive	Castelo	Usina São Miguel	Coutinho	Caiana	Dores do Rio Preto	Guaçuí	São José do Calçado	Ponte do Itabapoana	Mimoso do Sul	Santa Cruz
Método dos Valores Característicos																
Q_{50}	-3,67	-23,01	-7,63	-21,15	-47,61	-3,73	-5,18	1,30	-5,99	3,79	8,21	0,74	38,36	10,75	7,02	20,39
Q_{55}	-6,11	-23,17	-8,44	-19,88	-40,21	-4,21	-5,07	0,61	-6,68	3,22	8,65	-0,58	38,29	11,07	6,27	20,95
Q_{60}	-5,65	-24,48	-7,22	-19,59	-36,67	-3,12	-4,72	0,67	-6,33	2,31	10,00	-2,53	37,81	11,04	4,32	20,27
Q_{65}	-3,60	-26,86	-7,64	-19,06	-32,92	-2,67	-4,22	-0,42	-5,97	0,99	11,05	-6,26	38,72	11,97	1,81	20,87
Q_{70}	-3,48	-28,21	-7,48	-19,02	-29,81	-2,53	-4,23	-2,09	-5,14	1,23	13,33	-9,25	38,26	12,31	0,93	21,12
Q_{75}	-2,32	-28,82	-6,66	-18,82	-26,31	-2,30	-4,83	-2,51	-3,85	0,36	14,7	-10,33	36,93	11,94	-0,32	20,52
Q_{80}	0,77	-29,11	-7,55	-18,76	-22,26	-2,30	-4,60	-2,87	-1,77	-0,26	14,94	-14,76	36,95	11,66	-3,22	20,69
Q_{85}	5,04	-31,15	-6,71	-18,61	-21,27	-3,07	-4,73	-2,91	-1,44	-1,67	16,17	-20,25	36,75	13,26	-4,61	21,08
Q_{90}	6,18	-32,23	-6,35	-19,00	-19,28	-2,94	-5,18	-4,93	-0,44	-3,27	21,41	-24,27	34,62	14,70	-4,78	20,59
Q_{95}	11,67	-31,35	-9,82	-17,72	-18,30	-4,30	-2,02	-3,14	2,84	-4,71	26,68	-32,81	33,55	14,51	-14,94	20,60
Método da Curva Exponencial																
Q_{50}	-7,23	-23,39	-9,92	-25,82	-35,67	-3,11	-7,62	5,32	-3,18	-0,98	11,17	9,56	38,48	9,42	-0,85	18,51
Q_{55}	-10,61	-23,31	-10,55	-24,73	-30,46	-3,78	-8,47	3,77	-4,03	-2,19	10,80	7,42	37,98	9,87	-2,42	19,42
Q_{60}	-11,63	-26,73	-10,90	-25,82	-29,45	-3,82	-9,23	2,62	-4,80	-4,34	10,64	3,95	36,43	8,95	-5,47	17,98
Q_{65}	-10,17	-30,09	-12,37	-26,83	-27,70	-5,42	-10,27	-0,41	-6,94	-6,70	10,83	-1,22	37,04	8,09	-9,21	16,89
Q_{70}	-12,58	-33,49	-13,80	-28,77	-28,08	-6,76	-12,63	-4,25	-7,47	-8,60	10,97	-6,61	35,06	7,47	-12,44	16,50
Q_{75}	-12,84	-35,22	-14,09	-30,50	-27,18	-8,69	-15,6	-7,19	-8,61	-11,17	10,99	-9,95	32,90	5,31	-15,69	14,33
Q_{80}	-9,58	-36,58	-15,81	-30,98	-24,01	-9,46	-15,57	-8,22	-7,37	-12,02	10,78	-15,38	32,65	4,31	-18,88	13,82
Q_{85}	-3,92	-39,83	-15,52	-30,56	-22,67	-10,53	-14,54	-7,82	-7,48	-12,63	12,38	-21,01	32,69	5,65	-18,81	13,64
Q_{90}	-1,33	-40,22	-14,02	-28,82	-19,47	-8,32	-12,70	-7,90	-4,26	-12,54	18,63	-23,78	30,93	9,04	-16,55	14,85
Q_{95}	9,90	-31,59	-11,19	-20,38	-12,55	-3,93	-3,41	-0,64	4,37	-7,74	28,09	-25,71	33,63	13,76	-20,59	19,49

Nas figuras 12, 13 e 14, são apresentadas as curvas de permanência, no trecho compreendido entre as permanências de 50% e 95%, para as estações de Coutinho, Usina São Miguel e Usina Fortaleza. Nestas figuras são apresentadas as curvas de permanência obtidas a partir dos registros fluviométricos e a partir das funções regionais definidas pelos diferentes métodos de regionalização empregados.

Curvas de permanência similares, produzidas para as demais estações fluviométricas analisadas, estão reunidas no APÊNDICE 6.

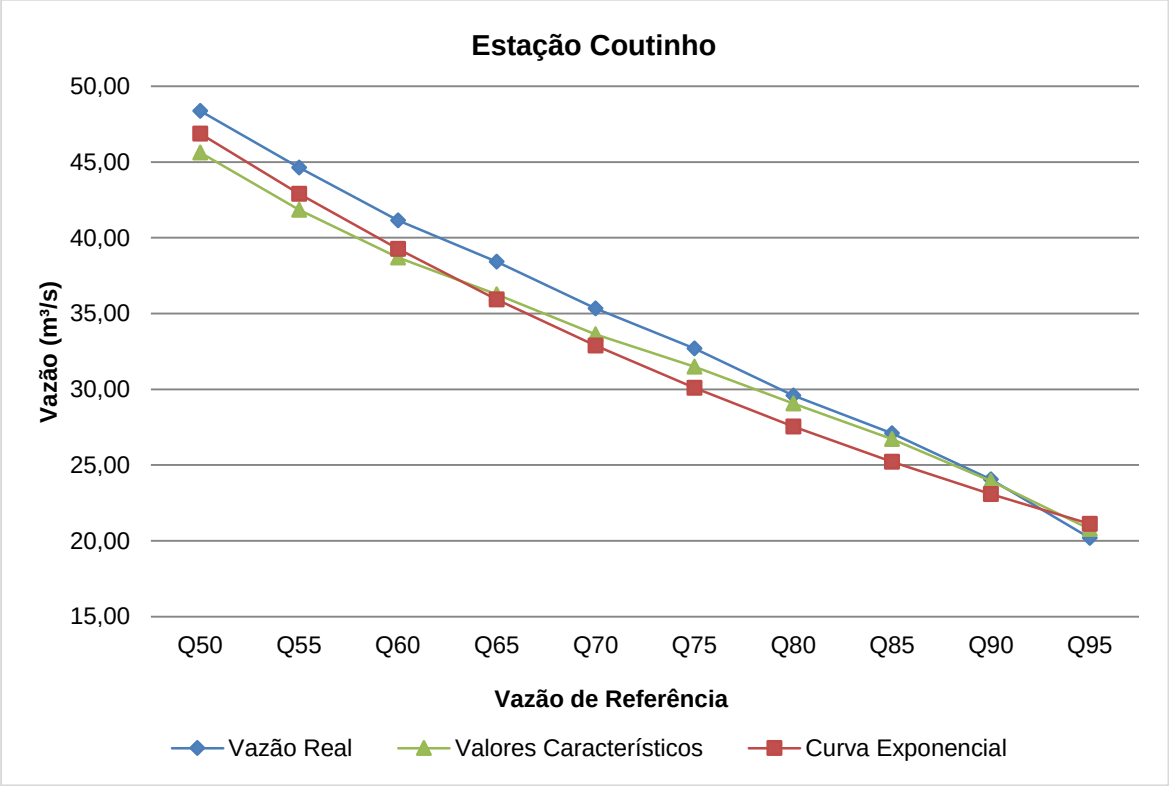

Figura 12. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Coutinho.

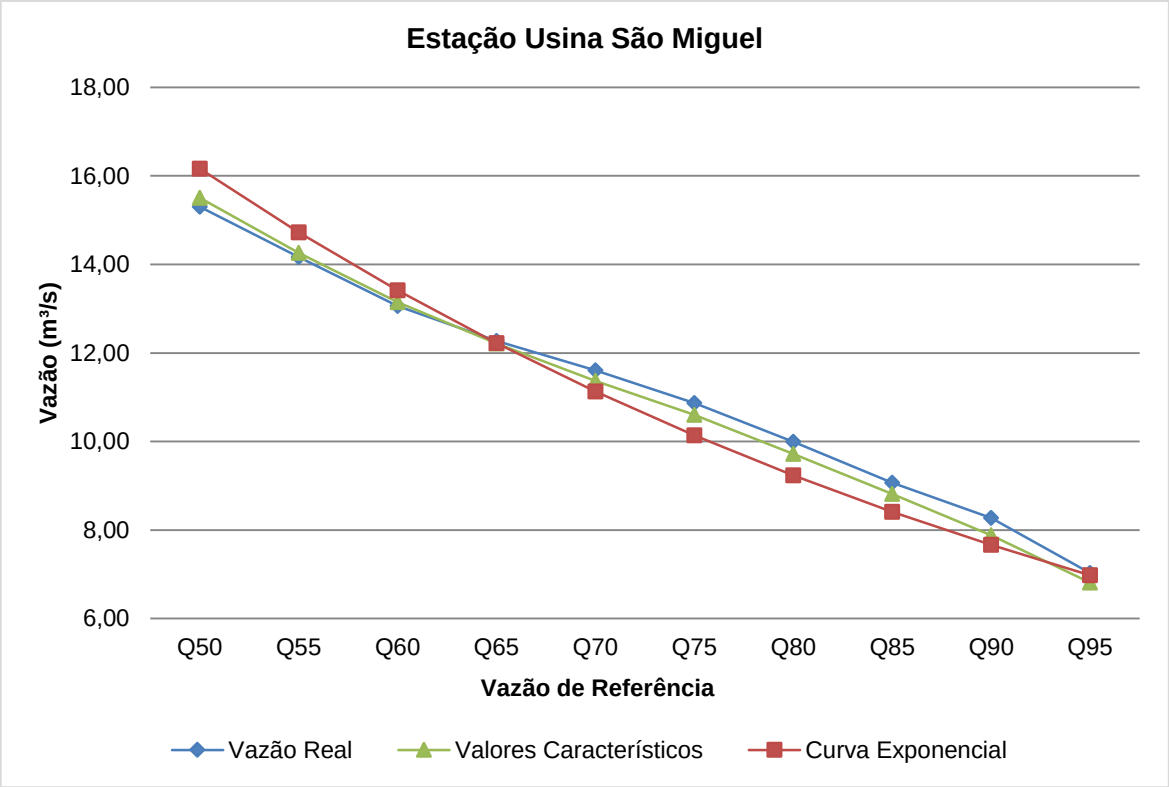

Figura 13. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Usina São Miguel.

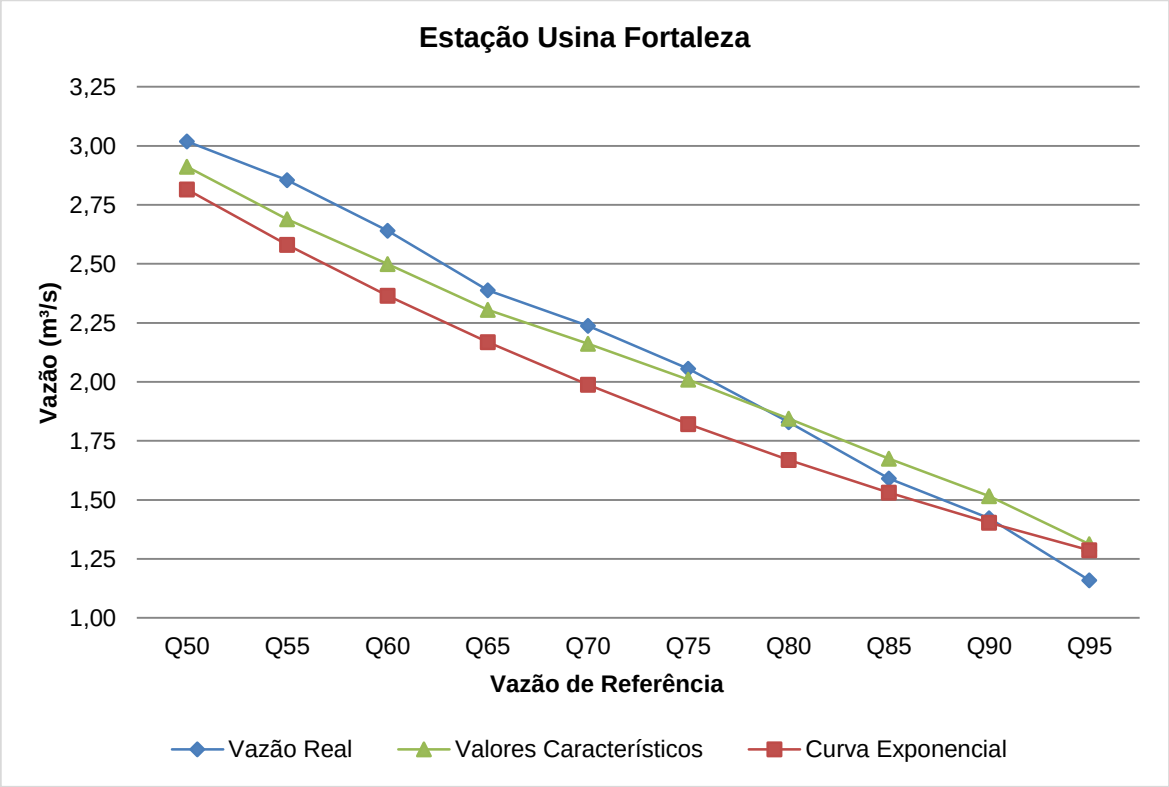

Figura 14. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Usina Fortaleza.

Os resultados reunidos na Tabela 30 e representados graficamente nas figuras 12, 13 e 14 (bem como nas figuras reunidas no APÊNDICE 6) indicam, a partir da análise dos desvios percentuais, que o Método dos Valores Característicos apresentou-se como mais consistente por apresentar, com menor frequência, vazões regionalizadas com desvios em relação as vazões reais superiores a 30%.

6.3.4 Regionalização da Curva de Probabilidades de Vazões Mínimas

Para a regionalização hidrológica da curva de probabilidade de vazões mínimas das bacias dos rios Itapemirim e Itabapoana foram aplicados o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros. Os resultados estão reunidos nas seções subsequentes.

6.3.4.1 Método dos Valores Característicos

As funções regionais estabelecidas a partir do Método dos Valores Característicos, empregaram como variáveis independentes Área, Perímetro, Perímetro e Declividade, Perímetro, Declividade e Precipitação e Área, Perímetro e Declividade estão reunidas nas tabelas de 31 a 35.

Tabela 31. Funções Regionais para a curva de probabilidade de vazões mínimas produzidas a partir do Método dos Valores Característicos e utilizando a Área como variável independente.

Vazões de Permanência	Função Regional	R^2
$Q_{1,2}$	$Q_{1,2}=0,007060.A^{0,9488}$	0,9323
$Q_{1,5}$	$Q_{1,5}=0,005770.A^{0,9496}$	0,9205
$Q_{1,10}$	$Q_{1,10}=0,005360.A^{0,9450}$	0,9162
$Q_{1,20}$	$Q_{1,20}=0,005100.A^{0,9405}$	0,9118
$Q_{1,50}$	$Q_{1,50}=0,004860.A^{0,9352}$	0,9056
$Q_{1,100}$	$Q_{1,100}=0,004689.A^{0,9325}$	0,9003

Tabela 32. Funções Regionais para a curva de probabilidade de vazões mínimas produzidas a partir do Método dos Valores Característicos e utilizando o Perímetro como variável independente.

Vazões de Permanência	Função Regional	R^2
$Q_{1,2}$	$Q_{1,2}=0,0004410.P^{1,7826}$	0,9323
$Q_{1,5}$	$Q_{1,5}=0,0003270.P^{1,7960}$	0,9358
$Q_{1,10}$	$Q_{1,10}=0,0002970.P^{1,7946}$	0,9390
$Q_{1,20}$	$Q_{1,20}=0,0002770.P^{1,7924}$	0,9412
$Q_{1,50}$	$Q_{1,50}=0,0002595.P^{1,7894}$	0,9423
$Q_{1,100}$	$Q_{1,100}=0,0002460.P^{1,7894}$	0,9418

Tabela 33. Funções Regionais para a curva de probabilidade de vazões mínimas produzidas a partir do Método dos Valores Característicos e utilizando o Perímetro e a Declividade como variáveis independentes.

Vazões de Permanência	Função Regional	R^2_a
$Q_{1,2}$	$Q_{1,2}=0,00008213.P^{1,7507}.D^{-1,5103}$	0,9401
$Q_{1,5}$	$Q_{1,5}=0,00007294.P^{1,7674}.D^{-1,3489}$	0,9375
$Q_{1,10}$	$Q_{1,10}=0,00008059.P^{1,7698}.D^{-1,1723}$	0,9384
$Q_{1,20}$	$Q_{1,20}=0,00009229.P^{1,7715}.D^{-0,9894}$	0,9384
$Q_{1,50}$	$Q_{1,50}=0,0001119.P^{1,7735}.D^{-0,7546}$	0,9371
$Q_{1,100}$	$Q_{1,100}=0,0001289.P^{1,7768}.D^{-0,5817}$	0,9350

Tabela 34. Funções Regionais para a curva de probabilidade de vazões mínimas produzidas a partir do Método dos Valores Característicos e utilizando o Perímetro, a Declividade e a Precipitação como variáveis independentes.

Vazões de Permanência	Função Regional	R^2_a
$Q_{1,2}$	$Q_{1,2}=1,2206.10^{-6}.P^{1,7438}.D^{-1,6022}.Prec^{0,5699}$	0,9354
$Q_{1,5}$	$Q_{1,5}=5,5799.10^{-8}.P^{1,7556}.D^{-1,5057}.Prec^{0,9715}$	0,9333
$Q_{1,10}$	$Q_{1,10}=2,8062.10^{-8}.P^{1,7567}.D^{-1,3463}.Prec^{1,0781}$	0,9345
$Q_{1,20}$	$Q_{1,20}=2,5938.10^{-8}.P^{1,7581}.D^{-1,1681}.Prec^{1,1071}$	0,9346
$Q_{1,50}$	$Q_{1,50}=4,4064.10^{-8}.P^{1,7606}.D^{-0,9259}.Prec^{1,0615}$	0,9330
$Q_{1,100}$	$Q_{1,100}=8,5025.10^{-8}.P^{1,7648}.D^{-0,7418}.Prec^{0,9917}$	0,9306

Tabela 35. Funções Regionais para a curva de probabilidade de vazões mínimas produzidas a partir do Método dos Valores Característicos e utilizando a Área, o Perímetro e a Declividade como variáveis independentes.

Vazões de Permanência	Função Regional	R^2_a
$Q_{1,2}$	$Q_{1,2} = 0,0001576.A^{0,1788}.P^{1,4219}.D^{-1,3790}$	0,9359
$Q_{1,5}$	$Q_{1,5} = 0,00005130.A^{-0,0964}.P^{1,9445}.D^{-1,4197}$	0,9325
$Q_{1,10}$	$Q_{1,10} = 0,00003228.A^{-0,2508}.P^{2,2308}.D^{-1,3565}$	0,9349
$Q_{1,20}$	$Q_{1,20} = 0,00002321.A^{-0,3794}.P^{2,4676}.D^{-1,2673}$	0,9371
$Q_{1,50}$	$Q_{1,50} = 0,00001698.A^{-0,5171}.P^{2,7240}.D^{-1,1343}$	0,9389
$Q_{1,100}$	$Q_{1,100} = 0,00001416.A^{-0,6053}.P^{2,8896}.D^{-1,0262}$	0,9392

Observando-se os resultados reunidos nas tabelas de 31 a 35, os coeficientes de determinação ou de determinação ajustado apresentaram-se, para todas as combinações de variáveis independentes avaliadas, valores superiores a 90%. É relevante registrar que o percentual mínimo sugerido por Eletrobrás (1985) para funções regionais obtidas por análise de regressão é de 70%.

Na Tabela 36 estão reunidos os valores dos erros padrões de estimativa associados às funções regionais apropriadas por meio do Método dos Valores Característicos, consideradas as diferentes combinações de variáveis independentes analisadas no presente trabalho, além dos valores de desvio padrão das vazões reais obtidas a partir das séries históricas de vazões.

Tabela 36. Valores do erro padrão de estimativa (m^3/s) para variáveis independentes e combinações de variáveis utilizadas no presente trabalho, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o desvio padrão das vazões reais (m^3/s).

Vazões de Permanência	Erro Padrão de Estimativa (m^3/s)					Desvio Padrão da vazão real (m^3/s)
	Área	Perímetro	Perímetro e Declividade	Perímetro, Declividade Precipitação	Área, Perímetro e Declividade	
$Q_{1,2}$	1,21	1,05	1,53	1,48	1,39	5,97
$Q_{1,5}$	1,25	0,99	1,19	1,16	1,23	4,78
$Q_{1,10}$	1,22	0,90	1,04	1,03	1,12	4,31
$Q_{1,20}$	1,19	0,87	0,95	0,95	1,03	3,98
$Q_{1,50}$	1,15	0,83	0,87	0,88	0,93	3,66
$Q_{1,100}$	1,13	0,81	0,83	0,85	0,87	3,48

Conforme apresentado na Tabela 36, os valores dos erros padrão de estimativa, para todas as combinações de variáveis independentes utilizadas neste estudo, mantiveram-se baixos e consideravelmente inferiores aos valores de desvio padrão associados às vazões reais. Segundo Naghettini (2007), neste contexto há maior possibilidade da análise de regressão produzir melhores resultados para a obtenção das funções regionais.

Comportamento semelhante relativamente aos erros padrão de estimativa obtidos nas curvas de permanência foi observado quando do emprego do Método dos Valores Característicos, conforme discutido na seção 6.3.3.1. É relevante registrar que para maiores períodos de retorno foram apropriados os menores valores de erro padrão.

Na Tabela 37 são reunidos os valores dos desvios percentuais entre as vazões reais e as vazões estimadas a partir das funções regionais conformadas por meio do Método dos Valores Característicos, consideradas as cinco diferentes combinações de variáveis independentes utilizadas na condução da regionalização hidrológica. Na referida tabela, as células em destaque indicam desvios superiores a 30%.

Tabela 37. Desvios (%), em relação às vazões reais, de vazões com diferentes períodos de retorno e estimadas por funções regionais estabelecidas pelo Método dos Valores Característicos.

Funções Regionais	Usina Fortaleza	Iúna	Terra Corrida	Itaici	Ibitirama	Rive	Castelo	Usina São Miguel	Coutinho	Caiana	Dores do Rio Preto	Guaçuí	São José do Calçado	Ponte do Itabapoana	Mimoso do Sul	Santa Cruz
Área																
$Q_{1,2}$	8,58	-32,33	-20,10	-3,03	-19,65	-7,68	28,32	11,69	15,81	-10,83	37,94	-84,43	33,52	3,15	-18,81	-2,07
$Q_{1,5}$	9,88	-15,94	-24,08	-0,37	-22,61	-11,58	33,08	11,13	21,14	-11,92	37,32	-104,37	35,05	2,08	-23,14	-7,37
$Q_{1,10}$	10,86	-6,39	-24,82	1,47	-22,61	-12,87	34,29	11,65	22,84	-11,44	32,96	-111,94	37,17	1,49	-28,83	-10,39
$Q_{1,20}$	11,47	1,53	-25,06	3,09	-22,32	-13,52	34,73	12,46	23,90	-10,73	28,26	-117,03	39,32	1,07	-35,11	-12,86
$Q_{1,50}$	11,86	10,11	-24,96	4,95	-21,61	-13,81	34,66	13,73	24,76	-9,85	22,63	-121,81	41,64	0,67	-43,78	-15,58
$Q_{1,100}$	11,81	15,54	-24,89	6,14	-21,33	-13,74	34,24	14,71	25,22	-9,35	19,05	-124,74	43,25	0,47	-50,53	-17,31
Perímetro																
$Q_{1,2}$	20,27	-73,59	-36,44	-23,29	-13,84	-3,16	14,22	7,22	6,85	-17,43	40,85	-36,83	26,99	11,31	3,87	10,71
$Q_{1,5}$	21,64	-51,39	-39,87	-18,78	-15,98	-5,03	20,78	7,96	14,58	-17,81	40,48	-50,27	28,67	12,07	1,14	8,09
$Q_{1,10}$	21,43	-40,38	-42,01	-17,42	-17,31	-6,69	21,66	7,98	16,32	-18,54	35,51	-57,54	30,00	11,25	-4,58	5,30
$Q_{1,20}$	21,77	-29,88	-42,09	-15,10	-17,10	-6,69	22,44	9,22	18,15	-17,74	30,87	-61,36	32,20	11,45	-9,72	3,88
$Q_{1,50}$	21,48	-19,10	-42,49	-13,05	-17,11	-6,85	22,23	10,51	19,40	-17,36	24,91	-65,82	34,24	11,27	-17,42	1,86
$Q_{1,100}$	21,18	-12,06	-42,48	-11,52	-17,05	-6,50	21,80	11,70	20,26	-16,98	21,22	-68,25	35,83	11,38	-23,12	0,79
Perímetro e Declividade																
$Q_{1,2}$	16,03	-32,82	-11,69	-20,10	-20,86	-2,22	-1,49	-5,75	6,78	-24,93	40,61	-39,33	30,99	16,23	-12,72	19,71
$Q_{1,5}$	17,06	-20,46	-18,21	-17,26	-23,63	-5,28	6,96	-4,55	13,61	-25,83	39,63	-54,33	31,46	15,56	-15,17	15,52
$Q_{1,10}$	18,08	-14,22	-21,76	-15,23	-23,07	-6,10	10,59	-2,02	16,14	-24,56	35,21	-60,01	32,90	14,96	-18,52	12,66
$Q_{1,20}$	18,82	-9,33	-25,01	-13,49	-22,16	-6,38	13,13	0,79	17,85	-23,00	30,47	-63,79	34,46	14,43	-22,16	10,07
$Q_{1,50}$	19,44	-4,17	-28,89	-11,55	-20,63	-6,33	15,44	4,49	19,39	-21,02	24,77	-67,28	36,08	13,79	-27,11	6,96
$Q_{1,100}$	19,65	-1,01	-31,83	-10,33	-19,70	-6,05	16,62	7,19	20,29	-19,73	21,14	-69,31	37,25	13,37	-30,82	4,84

Tabela 37. Desvios (%), em relação às vazões reais, de vazões com diferentes períodos de retorno e estimadas por funções regionais estabelecidas pelo Método dos Valores Característicos (Continuação).

Funções Regionais	Usina Fortaleza	Iúna	Terra Corrida	Itaici	Ibitirama	Rive	Castelo	Usina São Miguel	Coutinho	Caiana	Dores do Rio Preto	Guaçuí	São José do Calçado	Ponte do Itabapoana	Mimoso do Sul	Santa Cruz
Perímetro, Declividade e Precipitação																
$Q_{1,2}$	14,96	-32,98	-12,58	-21,81	-17,09	-1,99	-2,37	-4,12	7,72	-27,22	41,34	-34,54	31,04	15,76	-16,22	19,01
$Q_{1,5}$	15,25	-20,70	-19,82	-20,13	-17,13	-4,87	5,58	-1,80	15,08	-29,79	40,88	-45,41	31,54	14,75	-21,33	14,25
$Q_{1,10}$	16,09	-14,47	-23,60	-18,37	-15,91	-5,64	9,13	0,95	17,73	-28,92	36,71	-49,77	32,99	14,06	-25,57	11,20
$Q_{1,20}$	16,79	-9,57	-26,95	-16,67	-14,87	-5,92	11,66	3,75	19,44	-27,42	32,11	-53,04	34,55	13,50	-29,62	8,52
$Q_{1,50}$	17,52	-4,39	-30,81	-14,54	-13,72	-5,89	14,07	7,23	20,89	-25,19	26,48	-56,74	36,17	12,89	-34,55	5,42
$Q_{1,100}$	17,85	-1,22	-33,65	-13,09	-13,28	-5,63	15,36	9,68	21,68	-23,57	22,82	-59,32	37,33	12,52	-37,96	3,37
Área, Perímetro e Declividade																
$Q_{1,2}$	13,97	-29,46	-11,08	-16,35	-21,60	-2,87	3,32	-3,45	8,91	-23,11	39,92	-47,28	31,59	14,68	-15,84	17,24
$Q_{1,5}$	18,14	-22,13	-18,56	-19,28	-23,23	-4,92	4,50	-5,80	12,53	-26,83	40,00	-49,78	31,14	16,38	-13,49	16,90
$Q_{1,10}$	20,83	-18,39	-22,71	-20,46	-22,03	-5,16	4,30	-5,22	13,39	-27,15	36,25	-48,03	32,07	17,12	-14,07	16,31
$Q_{1,20}$	22,89	-15,41	-26,49	-21,36	-20,60	-4,97	3,74	-3,95	13,74	-26,87	32,14	-45,64	33,24	17,68	-15,31	15,67
$Q_{1,50}$	24,91	-12,17	-30,97	-22,25	-18,52	-4,40	2,70	-1,79	13,84	-26,26	27,23	-42,48	34,45	18,23	-17,47	14,79
$Q_{1,100}$	26,00	-10,16	-34,32	-22,82	-17,26	-3,80	1,74	0,01	13,82	-25,82	24,15	-40,31	35,37	18,57	-19,28	14,14

A partir da inspeção dos resultados reunidos na Tabela 37, são consideradas relevantes as seguintes considerações:

- A combinação de variáveis independentes Área, Perímetro e Declividade foi a que apresentou melhores resultados, considerando-se o limite para os desvios percentuais de 30% entre as vazões características das curvas de permanência reais e das curvas de permanência estabelecidas por meio das funções regionais;
- Para a estação fluviométrica Guaçuí, todas as funções regionais produziram desvios superiores a 30%, independente do período de retorno adotado. É relevante registrar que os valores das vazões regionalizadas foram subestimados. Para a estação São José do Calçado, somente as funções regionais estabelecidas utilizando-se o Perímetro como variável independente e para as vazões mínimas com períodos de retorno 5 e 10 anos os desvios apropriados foram inferiores a 30%;
- Para a estação Dores do Rio Preto, somente para os maiores períodos de retorno objeto de análise (50 e 100 anos) as funções regionais permitiram a estimativa de vazões com desvios inferiores a 30%;
- As funções regionais que empregaram a Área como variável independente produziram, para a estação de Castelo, desvios superiores a 30% para todas as vazões de referência da curva de probabilidade de vazões mínimas estimadas por meio das funções regionais. Nesta estação, os valores de vazão estimados por meio das funções regionais foram superdimensionados;
- A estação Iúna, excetuando-se as funções regionais produzidas utilizando-se a Área, Perímetro e Declividade como variáveis independentes, nos menores períodos de retorno as funções regionais estimaram vazões que apresentaram desvios superiores a 30%;
- Na estação Terra Corrida, as funções regionais estabelecidas empregando-se Perímetro como variável independente produziram desvios superiores a 30% para quaisquer das vazões estimadas. Os valores estimados para as vazões foram, invariavelmente, subestimados;
- Considerando-se as funções regionais estabelecidas utilizando-se como variáveis independentes a Área, Perímetro e Declividade e Perímetro,

Declividade e Precipitação para a estação Mimoso do Sul, para as vazões mínimas associadas aos maiores períodos de retorno, ocorreram desvios percentuais superiores a 30% em relação aos valores de vazão apropriados por meio da série histórica.

Na Tabela 38 são apresentados os valores das vazões reais, das vazões estimadas com auxílio da função regional que utilizou Área, Perímetro e Declividade como variáveis independentes e dos erros percentuais entre estas vazões. Tabelas semelhantes, referentes às demais funções regionais produzidas, estão reunidas no APÊNDICE 5.

Tabela 38. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método dos Valores Característicos, utilizando a Área, o Perímetro e a Declividade como variáveis independentes.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,98	1,14	13,97	2,88	2,22	-29,46	3,60	3,24	-11,08	5,36	4,60	-16,35
$Q_{1,5}$	0,77	0,94	18,14	2,00	1,64	-22,13	2,95	2,49	-18,56	4,15	3,48	-19,28
$Q_{1,10}$	0,69	0,87	20,83	1,66	1,40	-18,39	2,68	2,19	-22,71	3,66	3,04	-20,46
$Q_{1,20}$	0,63	0,82	22,89	1,42	1,23	-15,41	2,48	1,96	-26,49	3,32	2,74	-21,36
$Q_{1,50}$	0,59	0,78	24,91	1,20	1,07	-12,17	2,29	1,75	-30,97	2,99	2,45	-22,25
$Q_{1,100}$	0,56	0,75	26,00	1,07	0,97	-10,16	2,17	1,62	-34,32	2,80	2,28	-22,82

Tabela 38. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método dos Valores Característicos, utilizando a Área, o Perímetro e a Declividade como variáveis independentes (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	2,19	1,80	-21,60	11,63	11,30	-2,87	3,59	3,71	3,32	6,47	6,26	-3,45
$Q_{1,5}$	1,78	1,44	-23,23	9,58	9,13	-4,92	2,66	2,79	4,50	5,18	4,90	-5,80
$Q_{1,10}$	1,61	1,32	-22,03	8,69	8,26	-5,16	2,35	2,46	4,30	4,63	4,40	-5,22
$Q_{1,20}$	1,49	1,23	-20,60	8,03	7,65	-4,97	2,16	2,24	3,74	4,22	4,06	-3,95
$Q_{1,50}$	1,37	1,15	-18,52	7,37	7,06	-4,40	1,98	2,04	2,70	3,81	3,75	-1,79
$Q_{1,100}$	1,30	1,10	-17,26	6,96	6,71	-3,80	1,89	1,93	1,74	3,57	3,57	0,01

Tabela 38. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método dos Valores Característicos, utilizando a Área, o Perímetro e a Declividade como variáveis independentes (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	18,27	20,05	8,91	2,53	2,06	-23,11	0,80	1,34	39,92	4,06	2,76	-47,28
$Q_{1,5}$	13,62	15,57	12,53	2,03	1,60	-26,83	0,64	1,07	40,00	3,57	2,39	-49,78
$Q_{1,10}$	11,90	13,74	13,39	1,83	1,44	-27,15	0,62	0,98	36,25	3,35	2,26	-48,03
$Q_{1,20}$	10,76	12,47	13,74	1,68	1,32	-26,87	0,62	0,91	32,14	3,18	2,18	-45,64
$Q_{1,50}$	9,69	11,25	13,84	1,54	1,22	-26,26	0,62	0,85	27,23	3,00	2,10	-42,48
$Q_{1,100}$	9,09	10,55	13,82	1,45	1,16	-25,82	0,62	0,81	24,15	2,88	2,06	-40,31

Tabela 38. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método dos Valores Característicos, utilizando a Área, o Perímetro e a Declividade como variáveis independentes (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,59	0,87	31,59	13,28	15,57	14,68	2,44	2,10	-15,84	18,38	22,21	17,24
$Q_{1,5}$	0,46	0,67	31,14	10,68	12,78	16,38	2,01	1,77	-13,49	15,39	18,51	16,90
$Q_{1,10}$	0,40	0,59	32,07	9,63	11,61	17,12	1,90	1,66	-14,07	14,15	16,90	16,31
$Q_{1,20}$	0,36	0,54	33,24	8,87	10,78	17,68	1,84	1,60	-15,31	13,26	15,73	15,67
$Q_{1,50}$	0,32	0,49	34,45	8,14	9,96	18,23	1,81	1,54	-17,47	12,39	14,54	14,79
$Q_{1,100}$	0,30	0,46	35,37	7,71	9,47	18,57	1,80	1,51	-19,28	11,87	13,83	14,14

6.3.4.2 Método dos Parâmetros

Quando da construção das curvas de probabilidade de vazões mínimas, a distribuição de probabilidade que apresentou menor erro padrão de estimativa, para a maioria das vazões de referência mínimas e para todas as estações fluviométricas, foi a Log Pearson III. As equações de (13) a (17) constituem as expressões que permitem a apropriação de vazões mínimas a partir da distribuição Log Pearson III.

Segundo Kite (1977) a equação (13) permite a estimação dos quantis da distribuição Log Pearson tipo III.

$$Y_t = \bar{y} + k_t . S_Y \tag{13}$$

Na equação (12), $\bar{y}$ representa a média amostral dos valores de vazões estimadas, S_Y o desvio padrão dos valores de vazões estimadas e k_t o fator de frequência, fator que pode ser obtido pela transformação de Wilson-Hilferty, conforme equação (14).

$$k_T \approx Z + \left(Z^2+1\right).\frac{\gamma_Y}{6} + \frac{1}{3}\left(Z^3-6.Z\right).\left(\frac{\gamma_Y}{6}\right)^2 - \left(Z^2-1\right).\left(\frac{\gamma_Y}{6}\right)^3 + Z.\left(\frac{\gamma_Y}{6}\right)^4 + \frac{1}{3}.\left(\frac{\gamma_Y}{6}\right)^5 \tag{14}$$

Os valores de Z podem ser obtidos pela equação (15).

$$Z \approx -\left(W - \frac{2{,}515517+0{,}802853.W+0{,}010328.W^2}{1+1{,}432788.W+0{,}189269.W^2+0{,}001308.W^3}\right) \tag{15}$$

O valor de W, por sua vez, pode ser estimado por meio da equação (16).

$$W = \sqrt{\ln\left(\frac{1}{P(X \le x)^2}\right)} \tag{16}$$

O coeficiente de assimetria γ_Y pode ser estimado apropriado com auxílio da equação (17).

$$\gamma_Y = \frac{n.\sum_1^n \left(\ln x - \bar{Y}\right)^3}{(n-2).\left[\sum_1^n \left(\ln x - \bar{Y}\right)^2\right]^{\frac{3}{2}}} \tag{17}$$

Na Tabela 39 estão reunidas as funções regionais obtidas para os três parâmetros da distribuição de probabilidade Log Pearson III (média, variância e assimetria), para todas as combinações de variáveis independentes definidas para a condução da

regionalização hidrológica da curva de probabilidade de vazões mínimas. A referida tabela também apresenta os valores dos coeficientes de determinação ou coeficientes de determinação ajustados associados às funções regionais estabelecidas.

Tabela 39. Funções Regionais para os coeficientes Média, Variância e Assimetria da distribuição de probabilidade Log Pearson III, consideradas as diferentes combinações de variáveis independentes.

Combinações de variáveis independentes	Função Regional		R^2	R^2_a
Área	Média	$\bar{y}=0{,}00943.A^{0{,}9240}$	0,9450	-
	Variância	$S_Y^2=7{,}708.10^{-6}.A^{1{,}8436}$	0,9326	-
	Assimetria	$\gamma_Y=7{,}873.10^{-6}.A - 0{,}1984$	0,1203	-
Perímetro	Média	$\bar{y}=0{,}000611.P^{1{,}7366}$	0,9488	-
	Variância	$S_Y^2=5{,}679.10^{-8}.P^{3{,}3573}$	0,8789	-
	Assimetria	$\gamma_Y=0{,}0001077.P - 0{,}2089$	0,1596	-
Perímetro e Declividade	Média	$\bar{y}=0{,}000143.P^{1{,}7091}.D^{-1{,}3004}$	-	0,9526
	Variância	$S_Y^2=6{,}566.10^{-10}.P^{3{,}2725}.D^{-4{,}003}$	-	0,8876
	Assimetria	$\gamma_Y=0{,}000116.P+0{,}1833.D - 0{,}2647$	-	0,0503
Perímetro, Declividade e Precipitação	Média	$\bar{y}=2{,}933.10^{-5}P^{1{,}7065}.D^{-1{,}3351}.Prec^{0{,}2151}$	-	0,9487
	Variância	$S_Y^2=4{,}363.P^{3{,}3096}.D^{-3{,}5096}.Prec^{-3{,}0622}$	-	0,8809
	Assimetria	$\gamma_Y=0{,}000122.P+0{,}2400.D- 7{,}199.10^{-5}.Prec - 0{,}1812$	-	-0,0158
Área, Perímetro e Declividade	Média	$\bar{y}=0{,}000287A^{0{,}1899}.P^{1{,}3600}.D^{-1{,}1609}$	-	0,9496
	Variância	$S_Y^2=2{,}534.10^{5}.A^{2{,}8948}.P^{-2{,}0490}.D^{-1{,}8782}$	-	0,9369
	Assimetria	$\gamma_Y=-2{,}218.10^{-5}.A+0{,}000372.P- 0{,}1375.D - 0{,}2718$	-	0,0197

Na Tabela 40, para avaliação adicional do desempenho das funções regionais geradas para a obtenção da curva de probabilidade de vazões mínimas utilizando o Método dos Parâmetros, estão apresentados os valores dos erros padrões de estimativa para as diferentes variáveis independentes utilizadas no presente trabalho e os valores de desvio padrão das vazões reais obtidas a partir da série histórica de vazões.

Tabela 40. Valores do erro padrão de estimativa (m³/s) para variáveis independentes e combinações de variáveis utilizadas no presente trabalho, utilizando-se o Método dos Parâmetros e o desvio padrão das vazões reais (m³/s).

Vazões de Permanência	Erro Padrão de Estimativa (m³/s)					Desvio Padrão da vazão real (m³/s)
	Área	Perímetro	Perímetro e Declividade	Perímetro, Declividade Precipitação	Área, Perímetro e Declividade	
$Q_{1,2}$	1,55	1,51	1,91	1,89	1,77	5,97
$Q_{1,5}$	1,30	0,98	1,15	1,13	1,20	4,78
$Q_{1,10}$	1,15	0,72	0,73	0,73	0,85	4,31
$Q_{1,20}$	1,25	0,88	0,81	0,86	0,89	3,98
$Q_{1,50}$	1,67	1,48	1,46	1,51	1,43	3,66
$Q_{1,100}$	2,10	2,00	2,03	2,09	1,98	3,48

A partir da análise dos dados disponíveis na Tabela 40, diferentemente dos valores obtidos quando da aplicação do Método dos Valores Característicos, para o Método dos Parâmetros há tendência de aumento dos valores do erro padrão de estimativa para maiores períodos de retorno, com valores mais próximos do desvio padrão das vazões de referência reais.

Na Tabela 41 são reunidos os desvios percentuais entre as vazões reais e as vazões estimadas por meio de função regional estabelecida a partir do emprego do Método dos Parâmetros na regionalização da curva de probabilidade de vazões mínimas, consideradas as diferentes combinações de variáveis independentes utilizadas no presente trabalho.

Tabela 41. Desvios (%), em relação às vazões reais, de vazões com diferentes períodos de retorno e estimadas por funções regionais estabelecidas pelo Método dos Parâmetros.

Funções Regionais	Usina Fortaleza	Iúna	Terra Corrida	Itaici	Ibitirama	Rive	Castelo	Usina São Miguel	Coutinho	Caiana	Dores do Rio Preto	Guaçuí	São José do Calçado	Ponte do Itabapoana	Mimoso do Sul	Santa Cruz
Área																
$Q_{1,2}$	-25,02	15,22	7,37	-6,42	5,80	0,12	-53,13	-23,05	-25,39	-1,10	-83,26	39,19	-72,77	-10,34	5,42	-3,95
$Q_{1,5}$	-21,35	7,27	14,03	-4,87	11,94	7,32	-57,44	-17,46	-28,90	4,06	-73,69	47,41	-69,14	-4,99	12,57	4,89
$Q_{1,10}$	-12,16	7,13	21,27	1,18	19,18	14,78	-48,28	-9,58	-23,23	11,41	-48,68	53,39	-59,62	2,75	23,23	13,60
$Q_{1,20}$	-0,42	10,28	29,56	9,54	27,66	23,25	-34,37	0,15	-13,87	20,25	-23,72	59,30	-46,74	12,11	34,58	23,12
$Q_{1,50}$	17,41	18,86	41,59	23,10	40,06	35,61	-11,87	15,18	2,21	33,60	5,86	67,12	-24,67	26,14	49,28	36,43
$Q_{1,100}$	31,93	28,33	51,34	34,82	50,21	45,69	7,01	27,95	16,36	44,61	25,68	73,06	-5,55	37,70	59,81	46,89
Perímetro																
$Q_{1,2}$	-43,29	34,70	17,93	10,35	0,81	-4,49	-28,99	-17,66	-14,04	4,14	-92,65	18,41	-58,18	-20,63	-16,61	-18,82
$Q_{1,5}$	-35,96	30,10	25,14	12,85	9,06	3,60	-30,79	-11,25	-16,98	10,71	-78,58	30,50	-50,75	-14,38	-6,02	-8,59
$Q_{1,10}$	-23,18	31,30	32,46	18,83	17,93	11,79	-21,72	-2,94	-11,62	18,89	-49,92	39,21	-38,92	-5,63	8,25	1,44
$Q_{1,20}$	-7,55	35,17	40,70	26,76	28,08	21,01	-8,68	7,14	-2,89	28,45	-21,73	47,77	-23,93	4,86	23,20	12,38
$Q_{1,50}$	15,67	43,91	52,51	39,37	42,72	34,42	11,94	22,53	12,02	42,66	11,56	59,06	0,61	20,54	42,43	27,67
$Q_{1,100}$	34,38	52,98	62,02	50,15	54,60	45,32	29,05	35,53	25,11	54,26	33,94	67,62	21,56	33,43	56,14	39,68
Perímetro e Declividade																
$Q_{1,2}$	-36,53	17,97	2,75	8,61	6,15	-4,95	-11,12	-4,69	-13,56	9,45	-91,30	19,96	-65,50	-26,29	-1,25	-29,79
$Q_{1,5}$	-30,70	16,06	14,10	11,45	13,09	3,24	-15,52	-0,92	-16,57	14,80	-77,57	31,59	-56,38	-18,82	5,70	-16,87
$Q_{1,10}$	-19,35	20,90	24,75	17,77	20,88	11,51	-9,83	5,07	-11,30	21,91	-49,25	39,98	-42,99	-9,02	16,66	-4,72
$Q_{1,20}$	-5,26	29,47	36,42	26,08	29,90	20,82	-0,66	12,62	-2,69	30,34	-21,38	48,23	-26,24	2,61	28,41	8,35
$Q_{1,50}$	15,84	45,90	52,91	39,23	42,98	34,34	14,48	24,43	12,06	42,96	11,55	59,13	0,86	19,85	43,70	26,49
$Q_{1,100}$	32,90	61,87	66,04	50,45	53,65	45,33	27,31	34,54	25,03	53,33	33,68	67,39	23,91	33,96	54,67	40,65

Tabela 41. Desvios (%), em relação às vazões reais, de vazões com diferentes períodos de retorno e estimadas por funções regionais estabelecidas pelo Método dos Parâmetros (Continuação).

Funções Regionais	Usina Fortaleza	Iúna	Terra Corrida	Itaici	Ibitirama	Rive	Castelo	Usina São Miguel	Coutinho	Caiana	Dores do Rio Preto	Guaçuí	São José do Calçado	Ponte do Itabapoana	Mimoso do Sul	Santa Cruz
Perímetro, Declividade e Precipitação																
$Q_{1,2}$	-35,92	18,00	3,02	9,08	5,08	-5,04	-10,78	-5,28	-13,97	10,04	-92,14	18,96	-65,55	-26,03	-0,15	-29,38
$Q_{1,5}$	-28,40	16,22	15,13	13,19	9,47	2,95	-14,26	-2,88	-18,08	16,92	-80,61	28,43	-56,55	-17,94	9,48	-15,47
$Q_{1,10}$	-15,88	21,16	26,30	20,44	15,49	11,08	-7,91	2,13	-13,61	25,09	-53,48	35,45	-43,25	-7,69	22,05	-2,67
$Q_{1,20}$	-0,67	29,84	38,47	29,66	22,82	20,26	1,87	8,73	-5,78	34,54	-26,57	42,43	-26,60	4,35	35,16	11,01
$Q_{1,50}$	21,84	46,43	55,60	44,03	33,72	33,61	17,78	19,27	7,94	48,50	5,28	51,75	0,37	22,14	51,96	29,90
$Q_{1,100}$	39,93	62,53	69,22	56,17	42,77	44,47	31,16	28,40	20,15	59,85	26,65	58,85	23,32	36,66	63,92	44,62
Área, Perímetro e Declividade																
$Q_{1,2}$	-32,89	15,55	2,14	5,31	6,78	-4,20	-17,34	-7,28	-16,57	7,95	-88,86	24,74	-67,14	-23,73	1,77	-25,49
$Q_{1,5}$	-33,87	20,41	14,86	15,80	12,51	2,61	-7,42	1,67	-13,23	16,43	-79,96	28,86	-54,33	-20,92	3,68	-20,06
$Q_{1,10}$	-27,59	31,23	26,47	27,95	19,42	9,89	9,39	11,49	-2,89	25,81	-54,73	32,36	-38,07	-14,51	11,28	-13,09
$Q_{1,20}$	-18,48	46,54	39,07	42,18	27,57	18,22	29,55	22,89	10,92	36,50	-29,44	36,02	-18,35	-6,25	20,05	-4,96
$Q_{1,50}$	-3,83	72,98	56,79	63,31	39,53	30,43	58,82	39,89	32,66	52,10	0,55	41,10	12,84	6,57	31,91	6,85
$Q_{1,100}$	8,46	97,40	70,85	80,69	49,34	40,42	81,98	54,02	50,98	64,71	20,63	45,08	39,15	17,34	40,57	16,36

Por meio da inspeção dos resultados reunidos na Tabela 41, são consideradas relevantes as seguintes considerações:

- Todas as combinações de variáveis independentes avaliadas quando do emprego do Método dos Parâmetros produziram desvios percentuais entre vazões reais e vazões estimadas superiores a 30%. A combinação de Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes para conformação das funções regionais se mostrou a mais adequada;
- Para as estações fluviométricas Usina São Miguel, Coutinho e Ponte do Itabapoana foram obtidos resultados satisfatórios;
- Para as estações Dores do Rio Preto, Guaçuí e São José do Calçado, assim como ocorreu para a regionalização utilizando o Método dos Valores Característicos, desvios percentuais entre vazões reais e vazões estimadas apresentaram-se invariavelmente elevados.

Na Tabela 42 são apresentados os valores das vazões reais, das vazões estimadas com auxílio da função regional que utilizou Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes e dos erros percentuais entre estas vazões. Tabelas semelhantes, referentes às demais funções regionais produzidas, estão reunidas no APÊNDICE 5.

Tabela 42. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método dos Parâmetros, utilizando a Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,98	1,33	26,43	2,88	2,36	-21,95	3,60	3,49	-3,11	5,36	4,87	-9,98
$Q_{1,5}$	0,77	0,98	22,12	2,00	1,68	-19,36	2,95	2,51	-17,83	4,15	3,60	-15,20
$Q_{1,10}$	0,69	0,80	13,70	1,66	1,31	-26,83	2,68	1,98	-35,69	3,66	2,91	-25,69
$Q_{1,20}$	0,63	0,64	0,66	1,42	1,00	-42,53	2,48	1,53	-62,51	3,32	2,34	-42,17
$Q_{1,50}$	0,59	0,46	-27,93	1,20	0,64	-86,67	2,29	1,02	-125,22	2,99	1,68	-78,65
$Q_{1,100}$	0,56	0,34	-66,46	1,07	0,40	-166,91	2,17	0,67	-224,84	2,80	1,23	-128,14

Tabela 42. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método dos Parâmetros, utilizando a Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	2,19	2,07	-5,35	11,63	12,21	4,80	3,59	3,98	9,73	6,47	6,82	5,02
$Q_{1,5}$	1,78	1,61	-10,45	9,58	9,30	-3,04	2,66	3,04	12,48	5,18	5,33	2,80
$Q_{1,10}$	1,61	1,36	-18,33	8,69	7,73	-12,46	2,35	2,54	7,33	4,63	4,53	-2,18
$Q_{1,20}$	1,49	1,15	-29,57	8,03	6,41	-25,41	2,16	2,12	-1,91	4,22	3,85	-9,57
$Q_{1,50}$	1,37	0,91	-50,88	7,37	4,89	-50,63	1,98	1,63	-21,63	3,81	3,08	-23,87
$Q_{1,100}$	1,30	0,74	-74,73	6,96	3,87	-80,09	1,89	1,30	-45,27	3,57	2,56	-39,67

Tabela 42. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método dos Parâmetros, utilizando a Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	18,27	20,82	12,26	2,53	2,28	-11,16	0,80	1,54	47,95	4,06	3,29	-23,39
$Q_{1,5}$	13,62	16,08	15,31	2,03	1,69	-20,36	0,64	1,16	44,63	3,57	2,56	-39,72
$Q_{1,10}$	11,90	13,52	11,98	1,83	1,37	-33,49	0,62	0,96	34,85	3,35	2,16	-54,91
$Q_{1,20}$	10,76	11,38	5,47	1,68	1,10	-52,77	0,62	0,78	20,99	3,18	1,83	-73,71
$Q_{1,50}$	9,69	8,92	-8,63	1,54	0,79	-94,16	0,62	0,59	-5,58	3,00	1,45	-107,23
$Q_{1,100}$	9,09	7,26	-25,23	1,45	0,58	-149,08	0,62	0,45	-36,34	2,88	1,19	-143,00

Tabela 42. Desvio (%) entre vazões reais e vazões obtidas por meio da função regional estabelecida com emprego do Método dos Parâmetros, utilizando a Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,59	0,98	39,59	13,28	16,74	20,66	2,44	2,44	0,15	18,38	23,78	22,71
$Q_{1,5}$	0,46	0,72	36,12	10,68	12,60	15,21	2,01	1,82	-10,48	15,39	17,77	13,40
$Q_{1,10}$	0,40	0,58	30,19	9,63	10,37	7,14	1,90	1,48	-28,29	14,15	14,53	2,60
$Q_{1,20}$	0,36	0,46	21,01	8,87	8,49	-4,55	1,84	1,20	-54,22	13,26	11,80	-12,37
$Q_{1,50}$	0,32	0,32	-0,37	8,14	6,34	-28,44	1,81	0,87	-108,17	12,39	8,69	-42,66
$Q_{1,100}$	0,30	0,23	-30,41	7,71	4,88	-57,87	1,80	0,65	-177,17	11,87	6,58	-80,57

6.3.4.3 Confrontação entre os métodos empregados para a regionalização da Curva de Probabilidades de Vazões Mínimas.

A Tabela 43 apresenta os erros percentuais entre as vazões estimadas a partir dos registros fluviométricos e vazões estimadas pelas funções regionais estabelecidas pelo Método dos Valores Característicos e pelo Método dos Parâmetros.

A função regional conformada pelo Método dos Valores Característicos utilizou como variáveis independentes Área, Perímetro e Declividade. A função regional definida a partir do emprego do Método dos Parâmetros, por sua vez, envolveu as variáveis Perímetro, Declividade e Precipitação.

Tabela 43. Comparação dos desvios percentuais associados às funções regionais estabelecidas a partir dos métodos dos Valores Característicos e dos Parâmetros.

Funções Regionais	Usina Fortaleza	Iúna	Terra Corrida	Itaici	Ibitirama	Rive	Castelo	Usina São Miguel	Coutinho	Caiana	Dores do Rio Preto	Guaçuí	São José do Calçado	Ponte do Itabapoana	Mimoso do Sul	Santa Cruz
Método dos Valores Característicos																
$Q_{1,2}$	13,97	-29,46	-11,08	-16,35	-21,60	-2,87	3,32	-3,45	8,91	-23,11	39,92	-47,28	31,59	14,68	-15,84	17,24
$Q_{1,5}$	18,14	-22,13	-18,56	-19,28	-23,23	-4,92	4,50	-5,80	12,53	-26,83	40,00	-49,78	31,14	16,38	-13,49	16,90
$Q_{1,10}$	20,83	-18,39	-22,71	-20,46	-22,03	-5,16	4,30	-5,22	13,39	-27,15	36,25	-48,03	32,07	17,12	-14,07	16,31
$Q_{1,20}$	22,89	-15,41	-26,49	-21,36	-20,60	-4,97	3,74	-3,95	13,74	-26,87	32,14	-45,64	33,24	17,68	-15,31	15,67
$Q_{1,50}$	24,91	-12,17	-30,97	-22,25	-18,52	-4,40	2,70	-1,79	13,84	-26,26	27,23	-42,48	34,45	18,23	-17,47	14,79
$Q_{1,100}$	26,00	-10,16	-34,32	-22,82	-17,26	-3,80	1,74	0,01	13,82	-25,82	24,15	-40,31	35,37	18,57	-19,28	14,14
Método dos Parâmetros																
$Q_{1,2}$	-35,92	18,00	3,02	9,08	5,08	-5,04	-10,78	-5,28	-13,97	10,04	-92,14	18,96	-65,55	-26,03	-0,15	-29,38
$Q_{1,5}$	-28,40	16,22	15,13	13,19	9,47	2,95	-14,26	-2,88	-18,08	16,92	-80,61	28,43	-56,55	-17,94	9,48	-15,47
$Q_{1,10}$	-15,88	21,16	26,30	20,44	15,49	11,08	-7,91	2,13	-13,61	25,09	-53,48	35,45	-43,25	-7,69	22,05	-2,67
$Q_{1,20}$	-0,67	29,84	38,47	29,66	22,82	20,26	1,87	8,73	-5,78	34,54	-26,57	42,43	-26,60	4,35	35,16	11,01
$Q_{1,50}$	21,84	46,43	55,60	44,03	33,72	33,61	17,78	19,27	7,94	48,50	5,28	51,75	0,37	22,14	51,96	29,90
$Q_{1,100}$	39,93	62,53	69,22	56,17	42,77	44,47	31,16	28,40	20,15	59,85	26,65	58,85	23,32	36,66	63,92	44,62

As figuras 15, 16 e 17 reúnem comparações gráficas entre as vazões da curva de probabilidades de vazões mínimas obtidas por meio da aplicação dos métodos dos Valores Característicos e dos Parâmetros e partir dos registros fluviométricos das estações Coutinho, Usina São Miguel e Castelo.

Curvas de probabilidade de vazões mínimas similares, produzidas para as demais estações fluviométricas analisadas, estão reunidas no APÊNDICE 7.

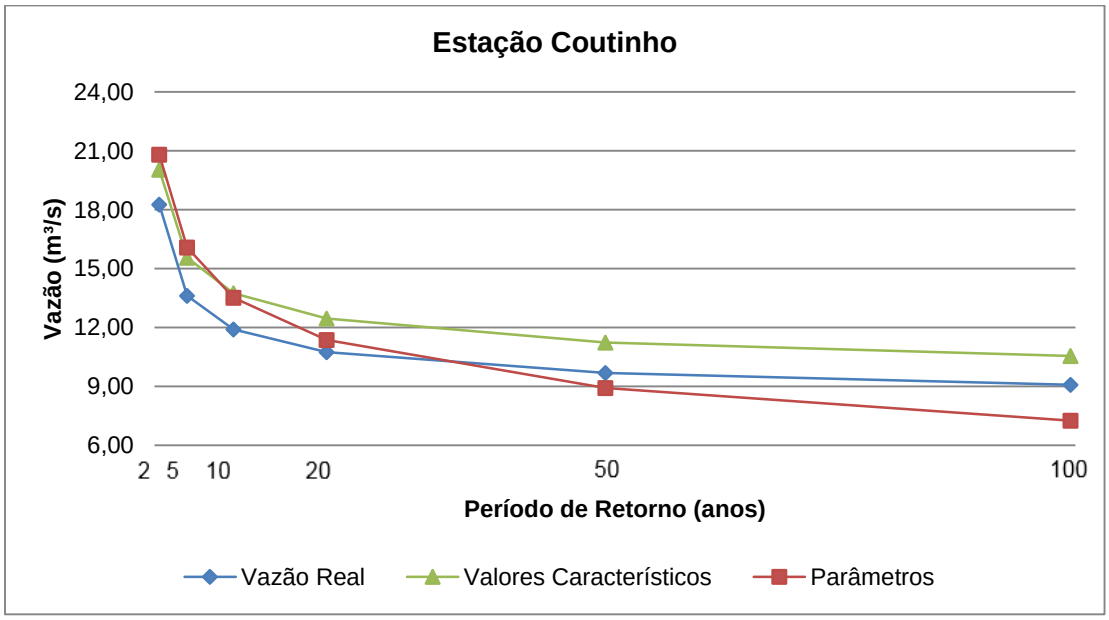

Figura 15. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se os Métodos dos Valores Característicos e dos Parâmetros para a estação Coutinho.

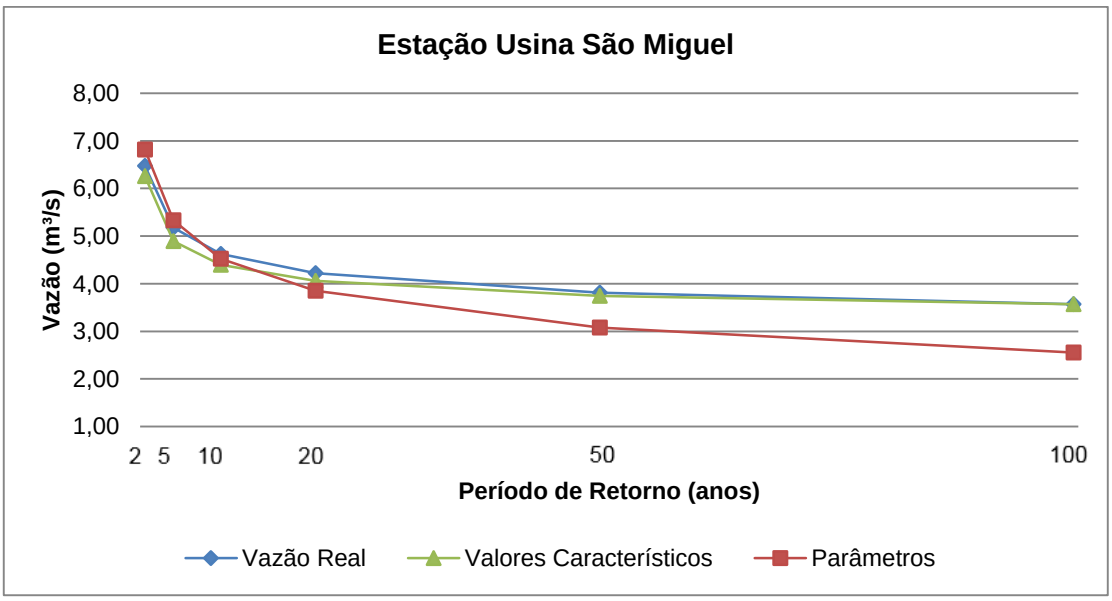

Figura 16. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se os Métodos dos Valores Característicos e dos Parâmetros para a estação Usina São Miguel.

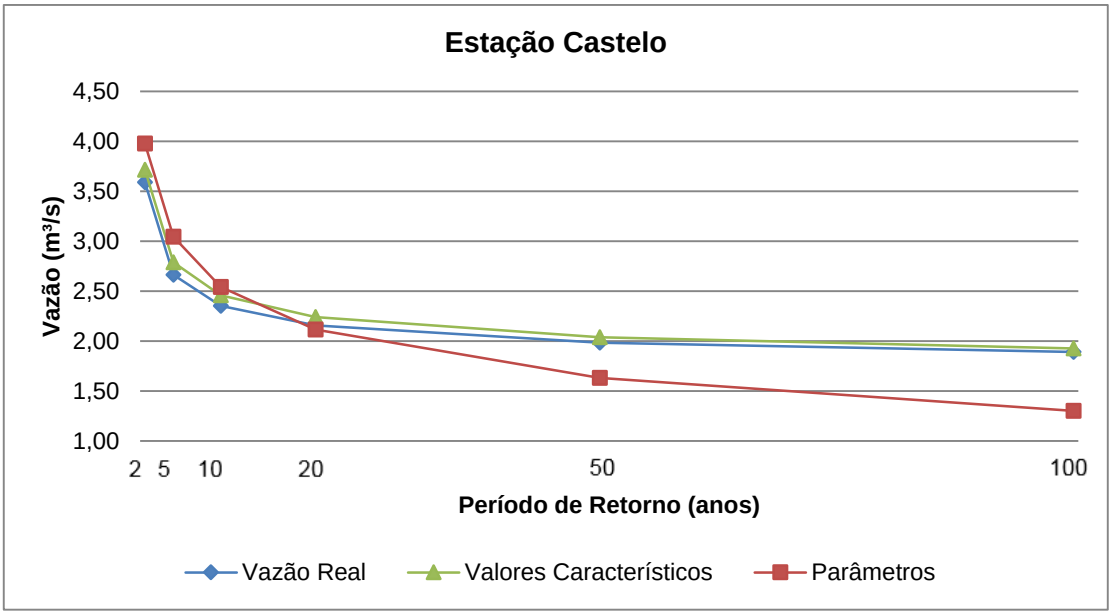

Figura 17. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se os Métodos dos Valores Característicos e dos Parâmetros para a estação Castelo.

A partir dos resultados dispostos na Tabela 43 e representados graficamente nas figuras 15, 16 e 17 (bem como nas figuras reunidas no APÊNDICE 7) apresentam-se como relevantes as seguintes considerações:

- As vazões da curva de probabilidade de vazões mínimas regionalizadas foram mais próximas daquelas estimadas a partir das séries históricas de registros fluviométricos quando do emprego das funções regionais estabelecidas pelo Método dos Valores Característicos;
- Os elevados desvios percentuais associados às funções regionais estabelecidas pelo Método dos Parâmetros podem ser decorrentes da imposição de escolha prévia de uma mesma distribuição de probabilidade para representar o regime de vazões mínimas em todas as estações fluviométricas. Neste estudo, conforme procedimento previamente apresentado, foi selecionada a distribuição de probabilidade Log Pearson III, decisão que demandou a conformação de funções regionais para os parâmetros Média, Variância e Assimetria. É relevante registrar, no entanto, que para algumas estações fluviométricas e em determinados períodos de retorno, outra distribuição de probabilidade foi sugerida pelo SisCAH como a mais adequada para a apropriação de vazões mínimas.

6.4 INDICADORES REGIONAIS

Determinadas as vazões Q_m, Q_{50}, Q_{90}, Q_{95} e $Q_{7,10}$, foram apropriados os indicadores regionais de vazão, cujos valores estão reunidos na Tabela 44. É relevante observar que para a apropriação da vazão mínima $Q_{7,10}$, a distribuição de probabilidade que apresentou menores erros padrões foi a Log Pearson III.

Tabela 44. Indicadores regionais de vazão utilizados para apropriação de vazões de referência para a região de estudo.

Estações	**Indicadores Regionais**					
	q	rcp_{50}	rcp_{90}	rcp_{95}	$r_{7,10}$	r_m
Usina Fortaleza	0,0244	0,6443	0,3035	0,2474	0,1763	1,4030
Iúna	0,0205	0,6753	0,4108	0,3566	0,2406	1,4819
Terra Corrida	0,0181	0,7276	0,3994	0,3597	0,2787	1,2909
Itaici	0,0185	0,6750	0,3515	0,3019	0,2175	1,3881
Ibitirama	0,0360	0,5477	0,2297	0,1972	0,1392	1,4168
Rive	0,0192	0,6546	0,3423	0,3010	0,2247	1,3398
Castelo	0,0153	0,6471	0,3260	0,2730	0,1762	1,5496
Usina São Miguel	0,0154	0,6795	0,3657	0,3119	0,2350	1,3276
Coutinho	0,0160	0,6622	0,3295	0,2766	0,1665	1,6614
Caiana	0,0162	0,7111	0,4107	0,3701	0,2833	1,3064
Dores do Rio Preto	0,0204	0,6297	0,2841	0,2298	0,1615	1,4230
Guaçuí	0,0255	0,6686	0,4389	0,4066	0,3401	1,1957
São José do Calçado	0,0131	0,6060	0,3445	0,3041	0,2124	1,4318
Ponte do Itabapoana	0,0162	0,7015	0,3576	0,3115	0,2218	1,4040
Mimoso do Sul	0,0192	0,7179	0,4088	0,3872	0,3153	1,2281
Santa Cruz	0,0154	0,6910	0,3722	0,3240	0,2557	1,2671
Média	**0,0193**	**0,6650**	**0,3547**	**0,3099**	**0,2278**	**1,3822**

Nota: *q* representa a vazão específica ($m^3/s/km$).

As comparações entre as vazões de referência apropriadas a partir das séries históricas de registros fluviométricos e as vazões de referência estimadas por meio dos indicadores regionais foram conduzidas utilizando-se o desvio percentual entre as referidas vazões.

Na Tabela 45 estão dispostos os valores das vazões reais, das vazões estimadas por meio dos indicadores regionais e os respectivos desvios percentuais.

Tabela 45. Desvios percentuais entre as vazões reais e as vazões estimadas aplicando os Indicadores Regionais de vazões.

Estações	Q_m			Q_{50}			Q_{90}			Q_{95}			$Q_{7,10}$		
	Real	Estimada	Desvio (%)	Real	Estimada	Desvio (%)	Real	Estimada	Desvio (%)	Real	Estimada	Desvio (%)	Real	Estimada	Desvio (%)
Usina Fortaleza	4,68	3,72	-26,09	3,02	2,47	-22,17	1,42	1,32	-7,89	1,16	1,15	-0,66	0,83	0,85	2,39
Iúna	8,30	7,84	-5,86	5,60	5,21	-7,50	3,41	2,78	-22,61	2,96	2,43	-21,80	2,00	1,79	-11,82
Terra Corrida	10,31	10,99	6,22	7,50	7,31	-2,62	4,12	3,90	-5,60	3,71	3,41	-8,86	2,87	2,50	-14,72
Itaici	18,81	19,64	4,21	12,70	13,06	2,76	6,61	6,97	5,07	5,68	6,09	6,70	4,09	4,47	8,55
Ibitirama	12,13	6,52	-86,05	6,65	4,34	-53,26	2,79	2,31	-20,50	2,39	2,02	-18,41	1,69	1,49	-13,71
Rive	42,12	42,43	0,74	27,57	28,22	2,29	14,42	15,05	4,22	12,68	13,15	3,60	9,46	9,67	2,11
Castelo	14,97	18,88	20,73	9,69	12,56	22,85	4,88	6,70	27,15	4,09	5,85	30,18	2,64	4,30	38,70
Usina São Miguel	22,52	28,21	20,16	15,30	18,76	18,41	8,24	10,01	17,69	7,03	8,74	19,64	5,29	6,43	17,65
Coutinho	73,04	88,54	17,51	48,37	58,88	17,85	24,06	31,41	23,38	20,20	27,44	26,38	12,16	20,17	39,72
Caiana	6,89	8,25	16,51	4,90	5,49	10,71	2,83	2,93	3,33	2,55	2,56	0,30	1,95	1,88	-3,83
Dores do Rio Preto	4,79	4,53	-5,69	3,01	3,01	-0,08	1,36	1,61	15,34	1,10	1,40	21,63	0,77	1,03	25,07
Guaçuí	10,47	7,94	-31,84	7,00	5,28	-32,57	4,60	2,82	-63,15	4,26	2,46	-73,00	3,56	1,81	-96,84
São José do Calçado	2,07	3,06	32,27	1,26	2,03	38,27	0,71	1,09	34,21	0,63	0,95	33,54	0,44	0,70	36,85
Ponte do Itabapoana	45,77	54,60	16,17	32,11	36,31	11,56	16,37	19,37	15,49	14,26	16,92	15,75	10,15	12,44	18,35
Mimoso do Sul	7,31	7,37	0,77	5,25	4,90	-7,13	2,99	2,61	-14,37	2,83	2,28	-23,98	2,31	1,68	-37,54
Santa Cruz	58,03	72,76	20,24	40,10	48,38	17,11	21,60	25,81	16,30	18,80	22,55	16,62	14,84	16,57	10,47

As figuras de 18 a 22 reúnem comparação gráfica entre os valores reais da vazão de referência $Q_{7,10}$ e as vazões obtidas por meio da utilização dos indicadores regionais. Em todos os gráficos, as barras de erro representam variações de 30% em torno do valor da vazão real.

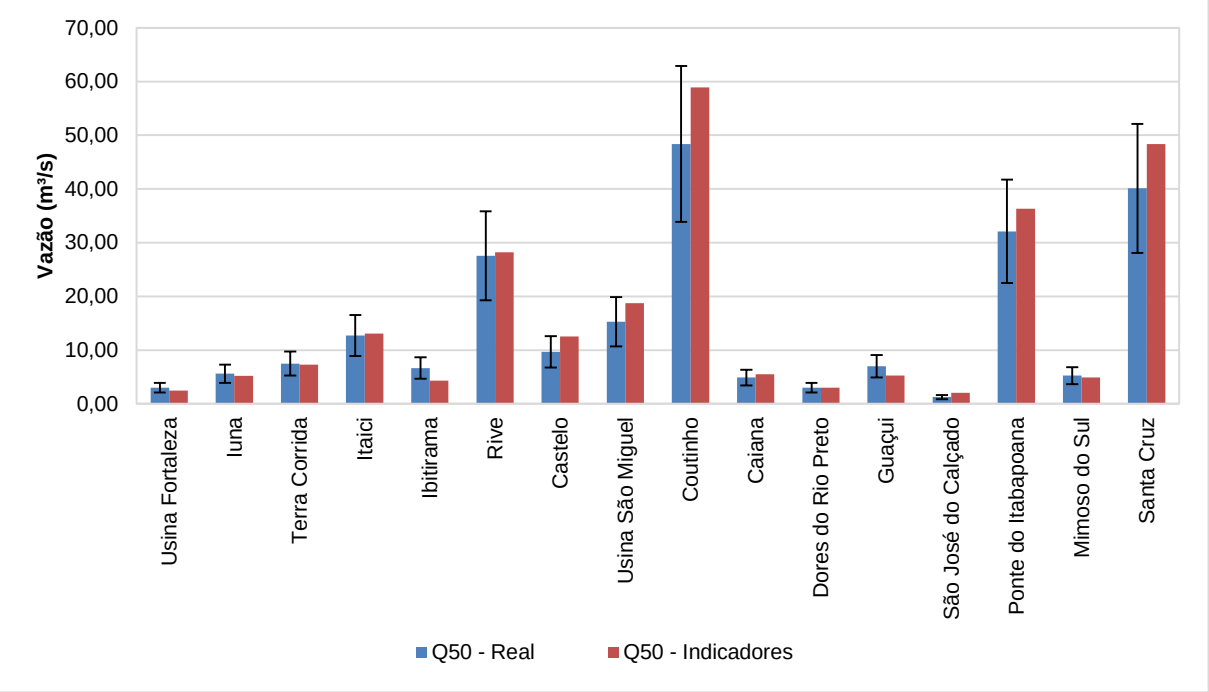

Figura 18. Comparação entre os valores das vazões Q_{50} Real e da obtida por meio dos Indicadores Regionais.

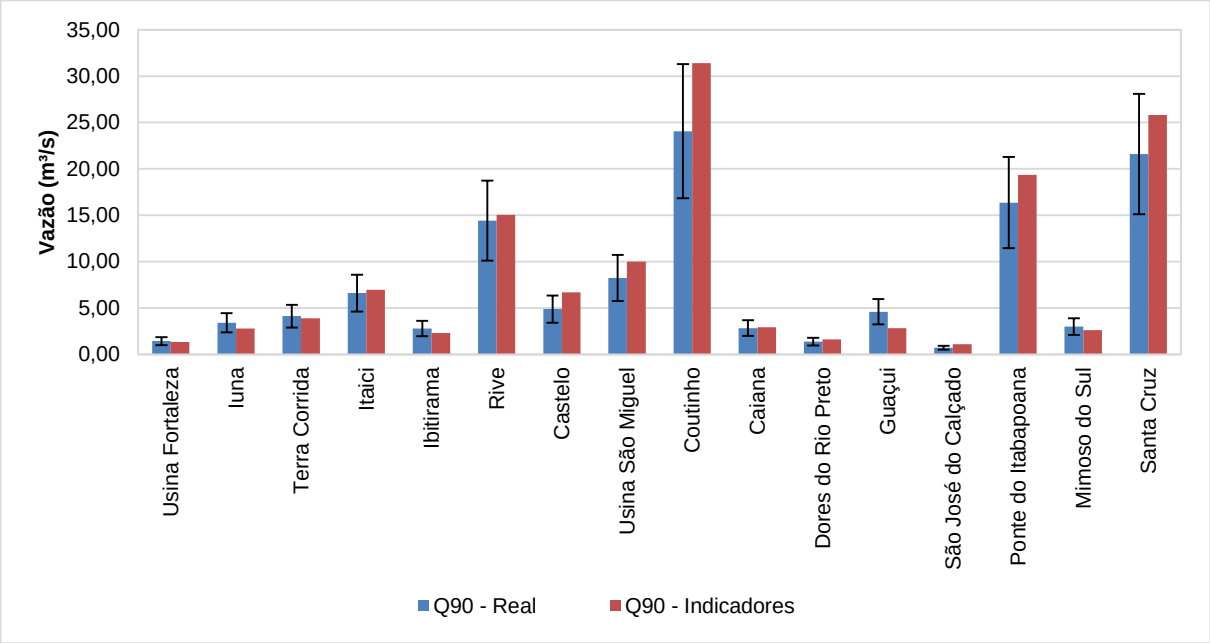

Figura 19. Comparação entre os valores das vazões Q_{90} Real e da obtida por meio dos Indicadores Regionais.

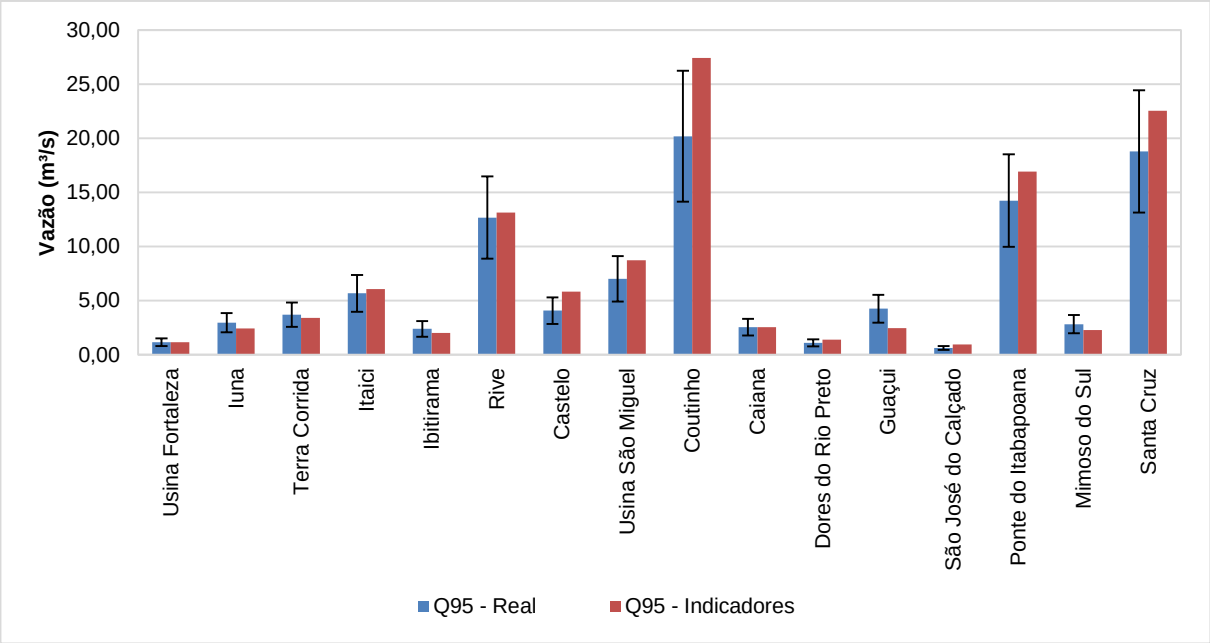

Figura 20. Comparação entre os valores das vazões Q_{95} Real e da obtida por meio dos Indicadores Regionais.

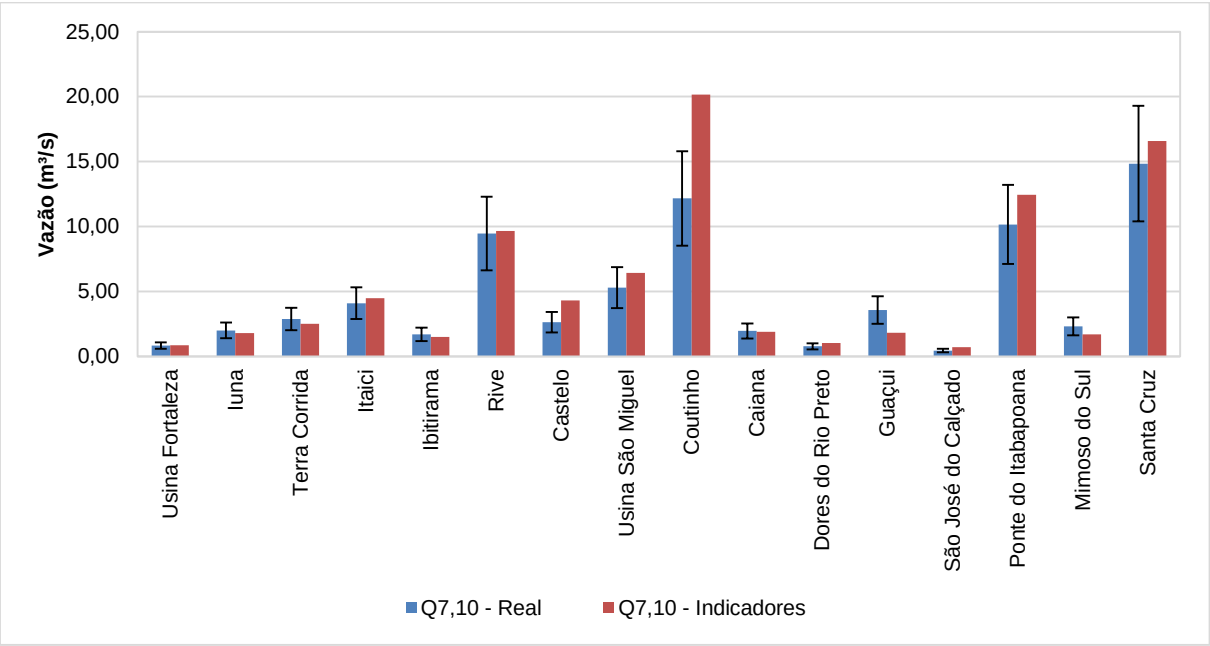

Figura 21. Comparação entre os valores das vazões $Q_{7,10}$ Real e da obtida por meio dos Indicadores Regionais.

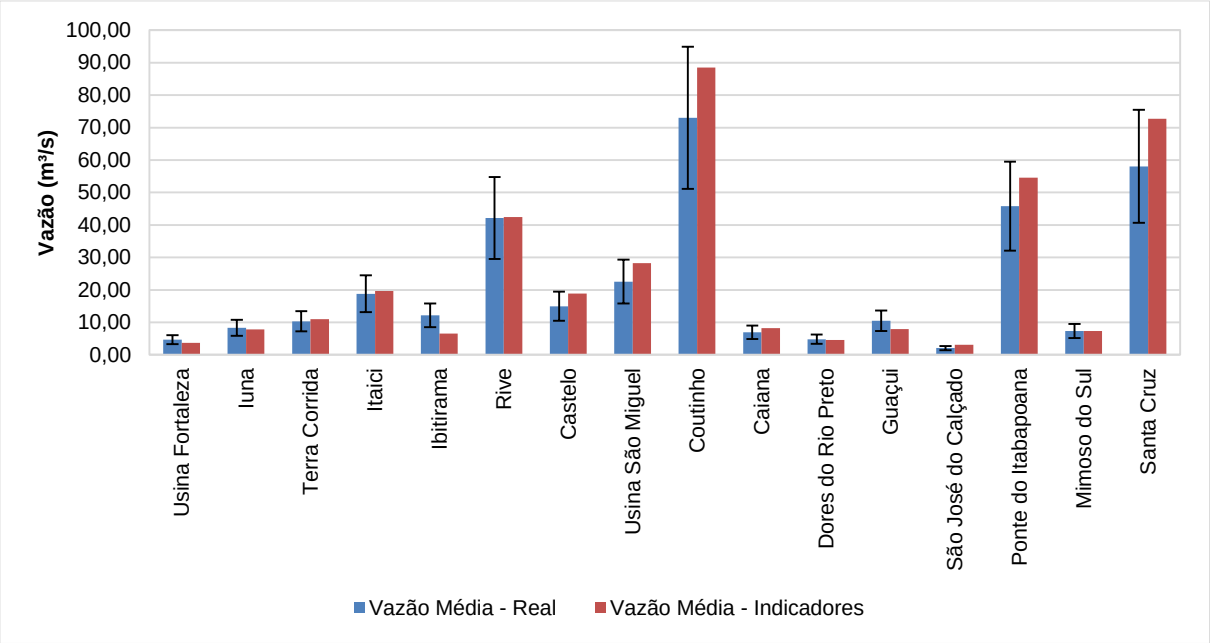

Figura 22. Comparação entre os valores das vazões média real e da obtida por meio dos Indicadores Regionais.

A partir da inspeção dos resultados apresentados na Tabela 45 e das figuras 18 a 22, são relevantes as seguintes considerações:

- A aplicação do indicador regional para a regionalização da vazão de referência Q_{90} apresentou os melhores resultados. Somente para duas estações fluviométricas (Guaçuí e São José do Calçado) os valores das vazões obtidas a partir do indicador regional apresentaram desvios superiores a 30% em relação às vazões reais;
- Resultados satisfatórios também foram obtidos por meio dos indicadores regionais referentes as vazões de referência Q_m, Q_{50} e Q_{95}. O emprego dos indicadores *q*, rcp_{50} e rcp_{95} produziram desvios percentuais entre vazões reais e vazões estimadas superiores a 30% em apenas três estações fluviométricas analisadas;
- As vazões estimadas por meio da aplicação dos indicadores regionais para as estações fluviométricas Guaçuí e São José do Calçado apresentaram desvios percentuais superiores a 30%, independentemente do indicador regional de vazão utilizado.

6.4.1 Confrontação dos resultados obtidos por meio dos Indicadores Regionais com os demais métodos de regionalização hidrológica da curva de permanência de vazões.

As figuras 23, 24 e 25 reúnem comparações gráficas entre as vazões obtidas pela aplicação dos Indicadores Regionais, do Método da Curva Exponencial e do Método dos Valores Característicos, para as melhores combinações de variáveis independentes definidas nas seções anteriores, e as vazões de referência Q_{50} (Figura 23), Q_{90} (Figura 24) e Q_{95} (Figura 25) obtidas a partir da série histórica de vazões.

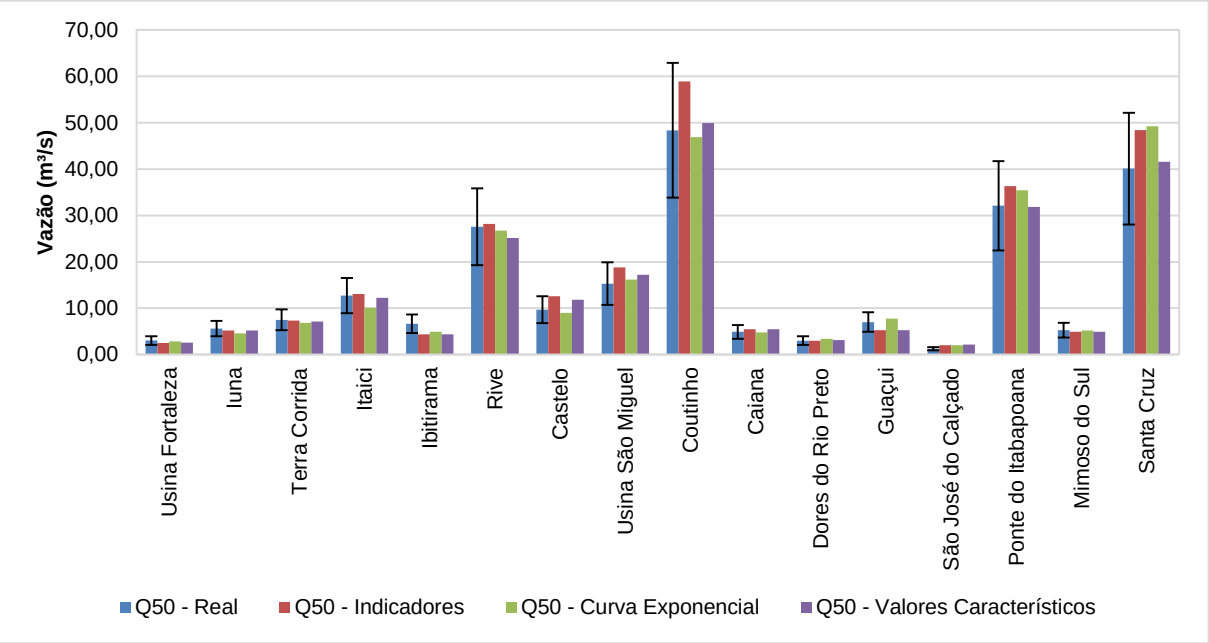

Figura 23. Comparação entre os valores das vazões Q_{50} Real, da obtida por meio dos Indicadores Regionais, do Método da Curva Exponencial e do Método dos Valores Característicos.

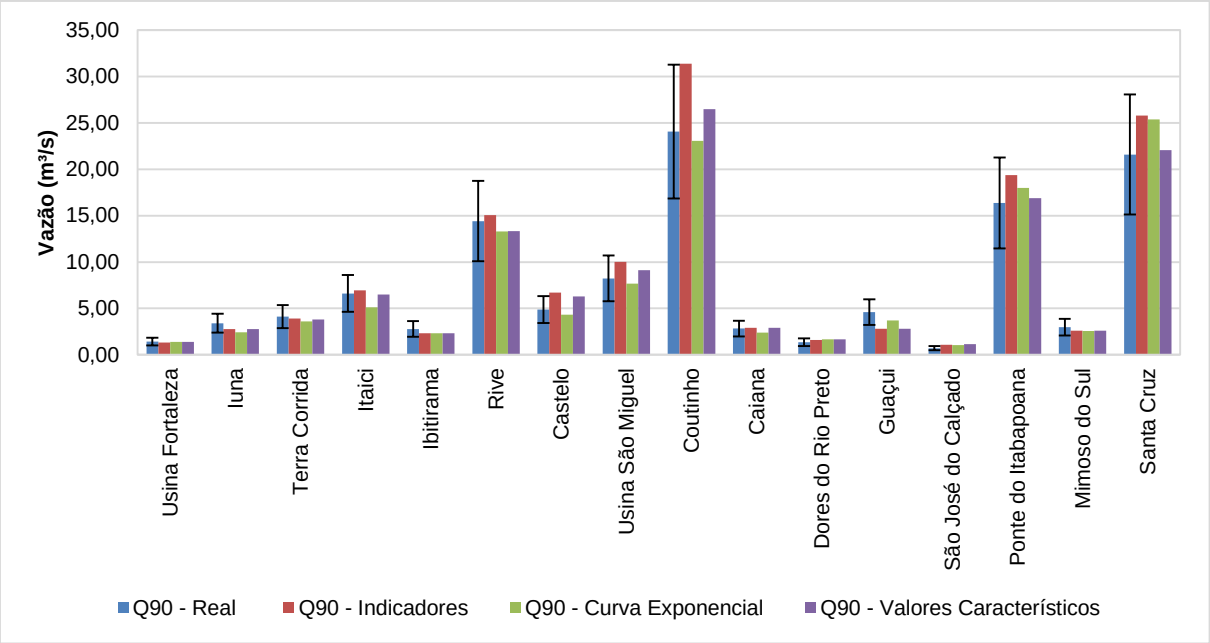

Figura 24. Comparação entre os valores das vazões Q_{90} Real, da obtida por meio dos Indicadores Regionais, do Método da Curva Exponencial e do Método dos Valores Característicos.

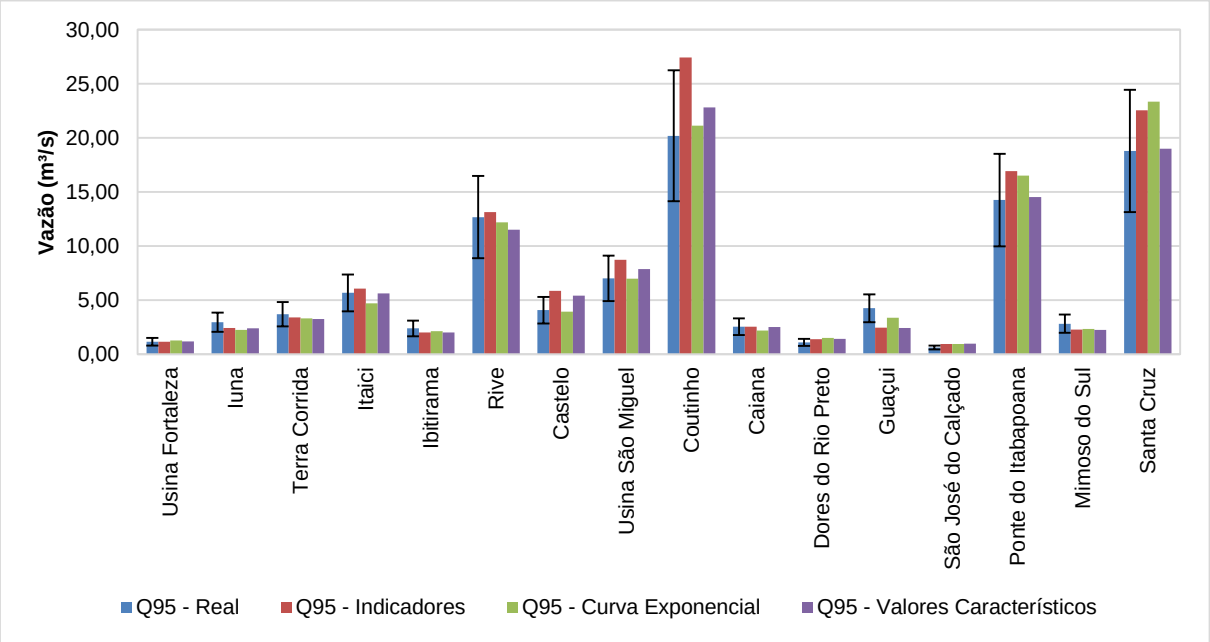

Figura 25. Comparação entre os valores das vazões Q_{95} Real, da obtida por meio dos Indicadores Regionais, do Método da Curva Exponencial e do Método dos Valores Característicos.

A partir da inspeção da Tabela 45 e das figuras 23, 24 e 25, são consideradas relevantes as seguintes considerações:

- Há tendência das vazões obtidas por meio dos indicadores regionais serem superestimadas quando comparadas as vazões obtidas por meio das funções regionais produzidas ao utilizar-se o Método da Curva Exponencial e o Método dos Valores Característicos e as vazões reais;
- Em estações como Iúna, Terra Corrida e Rive, os resultados obtidos para as vazões de referência Q_{50}, Q_{90} e Q_{95} a partir da aplicação dos indicadores foram similares ou melhores do que aqueles obtidos por meio da aplicação dos métodos de regionalização da curva de permanência;

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As conclusões do presente trabalho podem ser assim sumarizadas:

- Variações da extensão da série histórica na predição de vazões de referência, tanto da curva de permanência quanto da curva de probabilidade de vazões mínimas, não produziram, nas bacias hidrográficas dos rios Itapemirim e Itabapoana, variações significantes, observados os critérios estatísticos empregados para a avaliação estabelecida no corpo do trabalho;
- Os métodos dos Valores Característicos e da Curva Exponencial produziram resultados similares, quando do estabelecimento de curvas de permanência regionalizadas. Considerando-se os critérios de análise estatística empregados neste estudo, as funções regionais produzidas a partir do emprego do Método dos Valores Característicos apresentaram-se, no entanto, mais consistentes;
- Para a regionalização das curvas de probabilidade de vazões mínimas, o emprego do Método dos Valores Característicos produziu resultados mais consistentes, possibilitando a obtenção de curvas de probabilidade de vazões mínimas mais próximas daquelas estabelecidas a partir das séries históricas de registros fluviométricos. A utilização das funções regionais produzidas por meio da aplicação do Método dos Parâmetros conduziu a valores de vazões usualmente insatisfatórios, principalmente para vazões associadas à elevados períodos de retorno;
- A aplicação dos indicadores regionais de vazões apropriados para as bacias hidrográficas dos rios Itapemirim e Itabapoana apresentou-se como alternativa consistente para estimativa preliminar de diferentes vazões de referência.

Constituem recomendações para estudos futuros:

- Aplicação da metodologia empregada neste estudo para outras regiões hidrográficas, particularmente associadas a diversidade de condições climáticas e fisiográficas;
- Aplicação, para as bacias que constituíram a área de estudo deste trabalho, de outras metodologias de regionalização de curvas de probabilidade de vazões mínimas e de curvas de permanência;
- Função da qualidade das respostas associadas ao emprego combinado do Fator Inflacionário de Variância e da estatística *"Cp" de Mallows*, quando da seleção de funções regionais aplicáveis à conformação de curva de probabilidade de vazões mínimas, avaliar o emprego, para a área de estudo, abordagens diferenciadas para a seleção de variáveis independentes.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRA, S. G.; DE SOUZA V. C. B.; DAS NEVES M. G. F. P.; CRUZ M. A. S. Metodologias de regionalização de vazões: estudo comparativo na bacia do rio Carreiro – RS. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 15, 2003, Curitiba. Anais... Porto Alegre: ABRH, 2003.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. HIDRO - Sistema de Informações Hidrológicas - Versão 1.0.9. Brasília, ANA/SIH, 2002.

ARASH, T.; HOSSEINI S. H. Hydrological Regionalization in Relation to Accuracy of Maximum Discharge Estimation. Current World Environment, v. 9, p. 903-912, 2014.

BAENA, L. G. N. Regionalização de vazões para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante de Volta Redonda, a partir de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente. 2002. 135 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Ambientais) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2002.

BAENA, L. G. N.; SILVA, D. D. da; PRUSKI, F. F.; CALIJURI, M. L. Regionalização de vazões com base em modelo digital de elevação para a bacia do rio Paraíba do Sul. Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 612-624, 2004.

BARBOSA, S. E. S.; BARBOSA JUNIOR, A. R.; SILVA, G. Q.; CAMPOS, E. N. B.; RODRIGUES, V. C. Geração de Modelos de Regionalização de Vazões Máximas, 108 Médias de Longo Período e Mínimas de Sete Dias para a Bacia do Rio do Carmo, Minas Gerais. Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 10, n. 1, p. 64-71, 2005.

BÁRDOSSY, A. Calibration of hydrological model parameters for ungauged catchments. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, v. 11, n. 2, p. 703-710, 2007.

BAO, Z. *et al*. Comparison of regionalization approaches based on regression and similarity for predictions in ungauged catchments under multiple hydro-climatic conditions. Journal of Hydrology, v. 466, p. 37-46, 2012.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Brasília, 1997. Disponível em: <http://www. http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/leis/L9433.htm>. Acesso em: 22 dez. 2015.

BRATH, A.; CASTELLARIN, A.; MONTANARI, A. Assessing the reliability of regional depth-duration-frequency equations for gaged and ungaged sites. Water resources research, v. 39, n. 12, 2003.

BOOKER, D. J.; SNELDER, T. H. Comparing methods for estimating flow duration curves at ungauged sites. Journal of Hydrology, v. 434-435, p. 78, 2012.

CASTELLARIN, A.; MONTANARI, A.; GALEATI, G.; BRANDIMARTE, L. Prediction of low-flow indices in ungauged basins through physiographical space-based interpolation. Advances in Water Resources, v. 27, p. 953-965, 2004.

CEMIG (Companhia Elétrica de Minas Gerias). Disponível em: <http://www.cemig.com.br/ptbr/a_cemig_e_o_futuro/sustentabilidade/nossos_programas/ambientais/peixe_vivo/paginas/bacias_do_leste.aspx>. Acesso em: 08 dez. 2015.

CHAVES, H. M. L., ROSA, J. W. C., VADAS, R. G., & OLIVEIRA, R. V. Regionalização de vazões mínimas em bacias através de interpolação em sistemas de informação geográfica. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 7, n. 3, p. 43-51, 2002.

CÓRDOBA, R. N.; PINHEIRO, A.; PINHEIRO, I. G. Regionalização da curva de permanência como base para o gerenciamento da Bacia do Itajaí. In: XXVII Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2000, Porto Alegre. Anais eletrônicos.... Disponível em <http:// http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/caliagua/v-001.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2015.

COSER, M. C. Regionalização de vazões Q7,10 no estado do Espírito Santo. 2003. 160 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, ES.

COSTA, V. A. F. Modelos Regionais para Curvas de Permanência de Vazões de Rios Perenes, Intermitentes e Efêmeros, com emprego da distribuição Burr XII Estendida. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 17, n. 2, p. 171-180, 2012.

CORTÊS, F. C. Obtenção e validação de modelos de regionalização de vazões na Bacia do Rios dos Bois, Estado de Goiás. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UNB, Brasília, 2004.

CURADO, L. C. Indicadores de vazões mínimas de referência em sub bacias do Rio Miranda. 2003. 86 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2003.

ELETROBRÁS: Centrais Elétricas Brasileira. Metodologia para regionalização de vazões. Rio de Janeiro. 2 v., 1985.

EUCLYDES, H. P. Hidrotec: uma ferramenta para planejamento e gestão de recursos hídricos. In: Encontro de Preservação de Mananciais da Zona da Mata Mineira, 2001, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: UFV, p. 78-80, 2001.

EUCLYDES, H. P.; FERREIRA, P. A; SANTOS, R. M. Regionalização Hidrológica na Bacia do Rio das Velhas, Minas Gerais. In: XIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos e V Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Oficial Portuguesa. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 2001a, Aracaju. Anais... Gestão de Recursos Hídricos: O desafio da prática. 20 p. CD-ROM.

EUCLYDES, H. P.; SOUZA, E.; FERREIRA, P. A.; RUBERT, O. A. V.; SANTOS, W. L. Regionalização Hidrológica na Bacia do Alto São Francisco a montante da Barragem de Três Marias, Minas Gerais. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 6, n. 2, p. 81-105, 2001b.

EUCLYDES, H. P.; FERREIRA, P. A.; FARIA FILHO, R. F.; DA SILVA, M. V. J. Regionalização Hidrológica na Bacia do Rio Paranaíba, Minas Gerais. In: XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2003, Curitiba.

ESLAMIAN, S.; BIABANAKI, M. Low flow regionalization modeling. International Journal of Ecological Economics & Statistics, v. 12, n. 8, 2008.

FILL, H. D. Informações hidrológicas. Modelos para gerenciamento de recursos hídricos. Nobel: ABRH. cap. 2, p. 93-210, 1987.

FIOREZE, A. P.; OLIVEIRA, L. F. C.; FRANCO, A. P. B. Avaliação do desempenho de equações de regionalização de vazões na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás, Brasil. Ambi-Água, Taubaté, v.3, n. 2, p. 62-76, 2008.

GAUDIO, A. C.; ZANDONADE, E. Proposição, validação e análise dos modelos que correlacionam estrutura química e atividade biológica. Proposition, validation and analysis of QSAR models, v. 24, n. 5, p. 658-671, 2001.

HAIR, Jr., J. H.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L.; BLACK, W. C. trad. Adonai Schlup Sant'Ana e Anselmo Chaves Neto. Analise Multivariada de Dados. 5 ed. Porto Alegre: Bookman. 2005.

HEUVELMANS, G.; MUYS, B.; FEYEN, J. Regionalisation of the parameters of a hydrological model: Comparison of linear regression models with artificial neural nets. Journal of Hydrology, v. 319, n. 1, p. 245-265, 2006.

HUGHES, D. A. Estimation of the parameters of an isolated event conceptual model from physical catchment characteristics. Hydrological sciences journal, v. 34, n. 5, p. 539-557, 1989.

HUNDECHA, Y., BÁRDOSSY, A. Modeling of the effects of land use changes on the runoff generation of a river basin through parameter regionalization of a watershed model. Journal of Hydrology, v. 292, p. 281–295, 2004.

IBIAPINA, A. V. et al. In: FREITAS, M.A.V. (Org). O estado das águas no Brasil. Brasília, DF: ANEEL, SIH; MMA, SRH; MME, 1999.

ISIK, S.; SINGH, V. Hydrologic Regionalization of Watersheds in Turkey. J. Hydrol. Eng, v.13, p. 824-834, 2008.

KIM, U.; KALUARACHCHI, J. J. Application of parameter estimation and regionalization methodologies to ungauged basins of the Upper Blue Nile River Basin, Ethiopia. Journal of Hydrology, v. 362, p. 39-56, 2008.

KITE, G. W. Frequency and Risk Analysis in Hydrology. Fort Collins (CO): Water Resources Publications, 1977.

KLIGERMAN, D. C. Gestão Ambiental Integrada: Recursos Hídricos, Saneamento e Saúde. 2001. 318 f. Tese (Doutorado em Planejamento Energético) – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

KROLL, C., LUZ, J., ALLEN, B., VOGEL, R. Developing a watershed characteristics database to improve low streamflow prediction. Journal of Hydrology. v. 9 (2), p. 116-125, 2004.

KOKKONEN, T. S.; JAKEMAN, A. J.; YOUNG, P. C.; KOIVUSALO, H. J. Predicting daily flows in ungauged catchments: model regionalization from catchment descriptors at the Coweeta Hydrologic Laboratory, North Carolina. Hydrological Processes, v. 17, n. 11, p. 2219-2238, 2003.

LAAHA, G.; BLÖSCHL, G. A comparison of low flow regionalisation methods—catchment grouping. Journal of Hydrology, v. 323, n. 1, p. 193-214, 2006.

LALL, U.; OLDS, J. A parameter estimation model for ungagged streamflows. Journal of Hydrology, v. 92, p. 245-262, 1987.

LEMOS, A. F. Avaliação de metodologias de regionalização de vazões mínimas de referência para a bacia hidrográfica do rio São Francisco, a montante do reservatório de Três Marias. 2006. 157f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2006.

LEVINE, D. M.; STEPHAN, D. F. SZABAT, K. A. Estatística: teoria e aplicações. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2005.

LIAZI, A; CONEJO, J. L.; PALOS, J. C.; CINTRA, P. S. Regionalização hidrológica no estado de São Paulo. São Paulo: Revista Águas e Energia Elétrica – DAEE, ano 5, n. 14, p. 4-10, 1998.

MALLOWS, C. L. Some comments on Cp. Technometrics, v. 15, p.661-675, 1973

MALLOWS, C. L. More comments on Cp. Technometrics, v. 37, p. 362-372, 1995.

MAMUN, A. A.; HASHIM A.; DAOUD, J. I. Regionalization of low flow frequency curves for the Peninsular Malaysia. Journal of Hydrology, v. 381, p. 174-180, 2010.

MARCUZZO, F. F. N.; PICKBRENNER, K. Regionalização de Vazões nas Bacias Hidrográficas Brasileiras: estudo da vazão de 80, 85, 90 e 95% de permanência da sub-bacia 87. Porto Alegre: CPRM, 2015. 1 DVD. Projeto Disponibilidade Hídrica do Brasil - Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Levantamento da Geodiversidade.

MARQUADT, D. W. You Should Standardize the Predictor Variables in Your Regression Modelos" (Discussion of "A Critique of Some Ridge Regression Methods", por G. Smith e F. Campbell). Journal of de American Statistical Association, v. 75, p. 87-91, 1980.

MARQUES, F. A. Sistema multi-usuário de gestão de recursos hídricos. 2006. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

MATONDO, J. I. A comparison between conventional and integrated water resources planning and management. Physics and Chemistry of the Earth, v. 27, p. 831-838, 2002.

MIMIKOU, M. Regional Analysis of Hidrological Variables in Greece. In: Regionalization in Hidrology. IAHS Publication, n. 191, p. 195-201, 1990.

MWAKALILA, S. Estimation of stream flows of ungauged catchments for river basin management. Physics and Chemistry of the Earth, v. 28, p. 935-942, 2003.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. Hidrologia Estatística. Belo Horizonte: CPRM. 552 p., 2007.

OBREGON, E., TUCCI, C. E.; GOLDENFUM, J. A. Regionalização de vazões com base em séries estendidas: bacias afluentes à Lagoa Mirim, RS. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 4, n. 1, p. 57-75, 1999.

OLIVEIRA, F. A. Procedimentos para aprimorar a regionalização de vazões: estudo de caso da bacia do Rio Grande. 2008. 106 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2008.

OLIVEIRA, V. A. Regionalização de vazões nas regiões das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos GD1 e GD2, Minas Gerais. 103 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas) – Universidade Federal de Lavras, MG, 2013.

PANDEY, G. R.; NGUYEN, V.T.V. A comparative study of regression based methods in regional frequency analysis. Journal of Hydrology, v. 225, p. 92-101, 1999.

PINTO, J. A. O. Avaliação de métodos para a regionalização de curva de permanência de vazões para a bacia do Rio das Velhas. 2006. 219f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal De Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

QUIMPO, R. G.; MCNALLY, T.A. Regionalized flow duration for Philippines. In: Journal of Water Resources Planning and Management, v. 109, n. 4, p. 320-330, 1983.

RAMEH, I. M. B., FREITAS, V. A. L., CIRILO, J. A. Importância da escolha das variáveis explicativas na regionalização de vazões em áreas com escassez de dados. In: Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba, 2003. CD-ROM.

REIS, J. A. T.; CRISTO, J. N.; ELESBON A. A. A.; MENDONÇA, A. S. F. Regionalização de curvas de permanência de vazão para rios do Estado do Espírito Santo. Revista Capixaba de Ciência e Tecnologia. Vitória, v. 2, n. 1, p. 28-35, 2006.

REIS, J. A. T.; GUIMARÃES, M. A.; BARRETO NETO, A. A.; BRINGHENTI, J. Indicadores Regionais Aplicáveis à Avaliação do Regime de Vazão dos Cursos D'Água da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana. Geociências. São Paulo, v. 27, n. 4, p. 509-516, 2008.

RIANNA, M. Regionalization of flow duration curves in flow regimes of intermittent streams. Tese (PhD em Engenharia Hidráulica), 130 p., Universidade de Roma "La Sapienza", 2010.

RIFAI, H.S.; BROCK, S.M.; ENSOR, K.B.; BEDIENT, P.B. Determination of low-flow characteristics for Texas streams. Journal of the Water Resources Planning and Management, v. 126, p. 310-319, 2000.

ROJANAMON, P.; CHAISOMPHOB, T.; RATTANAPITIKON, W. Regional flow duration model for the Salawin river basin of Thailand. Science Asia, v. 33, n. 4, p. 411-419, 2007.

SARHADI, A.; MODARRES, R. Flood seasonality-based regionalization methods: a data-based comparison. Hydrological Processes, v. 25, p. 3613-3624, 2011.

SCHNIER S; CAI X. Prediction of regional streamflow frequency using model tree ensembles. Journal of. Hydrology, v. 517, p. 298-309, 2014.

SERVAT, E.; DEZETTER, A. Rainfall-runoff modelling and water resources assessment in northwestern Ivory Coast. Tentative extension to ungauged catchments. Journal of Hydrology, v. 148, n. 1, p. 231-248, 1993.

SILVA, B. C.; TIAGO FILHO, G. L.; SILVA, A. P. M.; de PAULO, R. G. F. Regionalização de vazões na bacia do rio Grande. In: Anais do XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba, 2003. CD-ROM.

SILVA, D.D. *et al.* Regionalização de vazões para a Sub-Bacia 51. Brasília: ANEEL; Viçosa: UFV, 207p., 2002.

SILVA, D. D.; RAMOS, M.M. Curso de especialização por tutoria a distância: uso racional dos recursos naturais e seus reflexos no meio ambiente – Módulo 10. Planejamento e gestão integrados de recursos hídricos. Brasília: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, DEA, 89 p., 2001.

SILVA JUNIOR, C. A. Análise regional de funções hidrológicas aplicáveis à avaliação de vazões mínimas nas bacias hidrográficas dos rios Itapemirim e Itabapoana (ES). 2014. 388 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

SNEE, R. D. Some Aspects of Nonorthogonal Data Analysis, Part I. Developing Prediction Equations. Journal of Quality Technology, v. 5, p. 67-79, 1973.

STENDINGER, J. R.; TASKER, G. D. Regional hydrologic analysis 1: Ordinary, weighted, and generalized least squares compared. Water Resources Research, v. 21, n.9, p. 1421- 1432, 1985.

TAVAKKOLI, A.; HOSSEINI, S. H. Hydrological regionalization in relation to accuracy of maximum discharge estimation. Currant World Environment, v.9, p. 903-912, 2014.

TUCCI, C. E. M.; ALBUQUERQUE, F.; SILVEIRA, A. L.; SANCHEZ, J. E. Estudo regional de vazões máximas e médias do Alto Paraguai. In: V Simpósio Brasileiro de Hidrologia e Recursos Hídricos, Blumenau, 1983. Anais... Florianópolis: ABRH, p. 17-42, 1983.

TUCCI, C. E. M. Regionalização de Vazões. Editora Universidade/UFRGS, 2002. 256p.

TUCCI, C. E. M. CLARK R. T.; COLLISCHONN W.; DIAS, P. L. S.; OLIVEIRA, G. S. Long-term flow forecasts based on climate and hydrologic modeling: Uruguay River basin. Water Resources Research, v. 39, n. 7, 2003.

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. 4ª Ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH. 2014.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia Aplicada. São Paulo: Ed. McGraw-Hill do Brasil. 1975.

VIRÃES, M. V. Regionalização de Vazões nas Bacias Hidrográficas Brasileiras: estudo da vazão de 95% de permanência da sub-bacia 50 – Bacias dos rios Itapicuru, Vaza Barris, Real, Inhambupe, Pojuca, Sergipe, Japaratuba, Subaúma e Jacuípe. Recife: CPRM, 2014. 1 DVD. Projeto Disponibilidade Hídrica do Brasil - Estudos de Regionalização nas Bacias Hidrográficas Brasileiras. Levantamento da Geodiversidade.

VOGUEL, R. M.; FENNESSEY, N. M. Flow-duration curves. I: New interpretation and confidence intervals. In: Journal of Water Resources Planning and Management, v. 120, n. 4, p. 485-504, 1994.

VOGEL, R. M.; WILSON, I. Probability distribution of annual maximum, mean, and minimum streamflows in the United States. Journal of Hydrologic Engineering, v.1, n. 2, 69-76, 1996.

WALTEMEYER, S.D., 2002. Analysis of the magnitude of frequency of the 4-day annual low flow and regression equations for estimating the 4-day, 3-year low-flow frequency at ungaged sites on unregulated streams in New Mexico, U.S. Geological Survey Water-Resources Investigations Report 01-4271, 22p.

WOLFF, W. Avaliação e nova proposta de regionalização hidrográfica para o Estado de São Paulo. 2013. 113f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

XU, C. Testing the transferability of regression equations derived from small sub-catchments to a large area in central Sweden. Hydrology and Earth System Sciences Discussions, v. 7, n. 3, p. 317-324, 2003.

ZHANG, Z.; KROLL, C. The baseflow correlation method with multiple gauged sites. Journal of hydrology, v. 347, n. 3, p. 371-380, 2007.

APÊNDICE

APÊNDICE 1 – CURVAS DE PERMANÊNCIAS DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS DAS BACIAS DOS RIOS ITAPEMIRIM E ITABAPOANA.

Tabela 46. Vazões (m³/s) extraídas da curva de permanência para as estações fluviométricas da bacia do rio Itapemirim.

Estações	Usina Fortaleza	Iúna	Terra Corrida	Itaici	Ibitirama	Rive	Castelo	Usina São Miguel	Coutinho
Q_{50}	3,02	5,60	7,50	12,70	6,64	27,57	9,69	15,30	48,37
Q_{55}	2,85	5,18	6,97	11,57	5,82	25,43	8,91	14,17	44,63
Q_{60}	2,64	4,92	6,45	10,72	5,27	23,32	8,19	13,06	41,15
Q_{65}	2,39	4,67	6,04	9,93	4,74	21,70	7,54	12,27	38,43
Q_{70}	2,24	4,43	5,65	9,27	4,33	20,14	7,03	11,60	35,35
Q_{75}	2,06	4,15	5,23	8,63	3,92	18,79	6,59	10,87	32,70
Q_{80}	1,83	3,88	4,90	7,96	3,48	17,34	6,01	9,99	29,58
Q_{85}	1,59	3,67	4,52	7,29	3,14	16,05	5,43	9,07	27,10
Q_{90}	1,42	3,41	4,12	6,61	2,79	14,42	4,88	8,27	24,06
Q_{95}	1,16	2,96	3,71	5,68	2,39	12,67	4,09	7,03	20,20

Tabela 47. Vazões (m³/s) extraídas da curva de permanência para as estações fluviométricas da bacia do rio Itabapoana.

Estações	Caiana	Dores do Rio Preto	Guaçuí	São José do Calçado	Ponte do Itabapoana	Mimoso do Sul	Santa Cruz
Q_{50}	4,85	3,01	7,00	1,26	32,11	5,25	40,10
Q_{55}	4,50	2,77	6,54	1,16	29,35	4,88	36,50
Q_{60}	4,21	2,54	6,19	1,09	27,24	4,60	34,20
Q_{65}	3,95	2,32	5,95	1,00	25,26	4,36	31,90
Q_{70}	3,69	2,12	5,72	0,94	23,37	4,11	29,50
Q_{75}	3,46	1,94	5,38	0,90	21,97	3,87	27,86
Q_{80}	3,20	1,78	5,15	0,83	20,40	3,64	25,80
Q_{85}	2,95	1,60	4,93	0,76	18,48	3,33	23,80
Q_{90}	2,70	1,36	4,60	0,71	16,37	2,99	21,60
Q_{95}	2,37	1,10	4,26	0,63	14,26	2,83	18,80

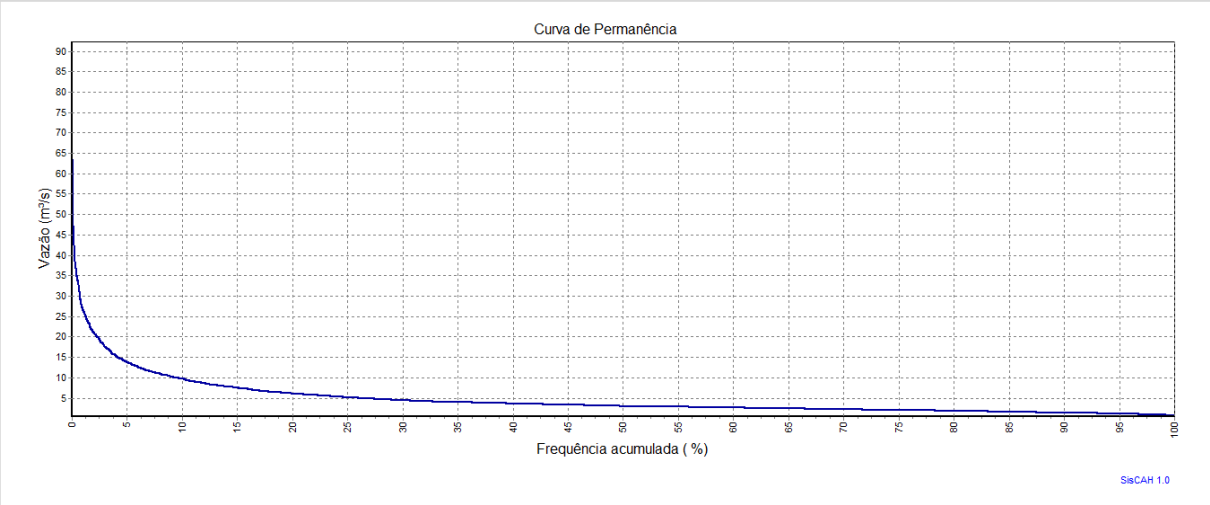

Figura 26. Curva de Permanência da estação fluviométrica Usina Fortaleza (57350000).

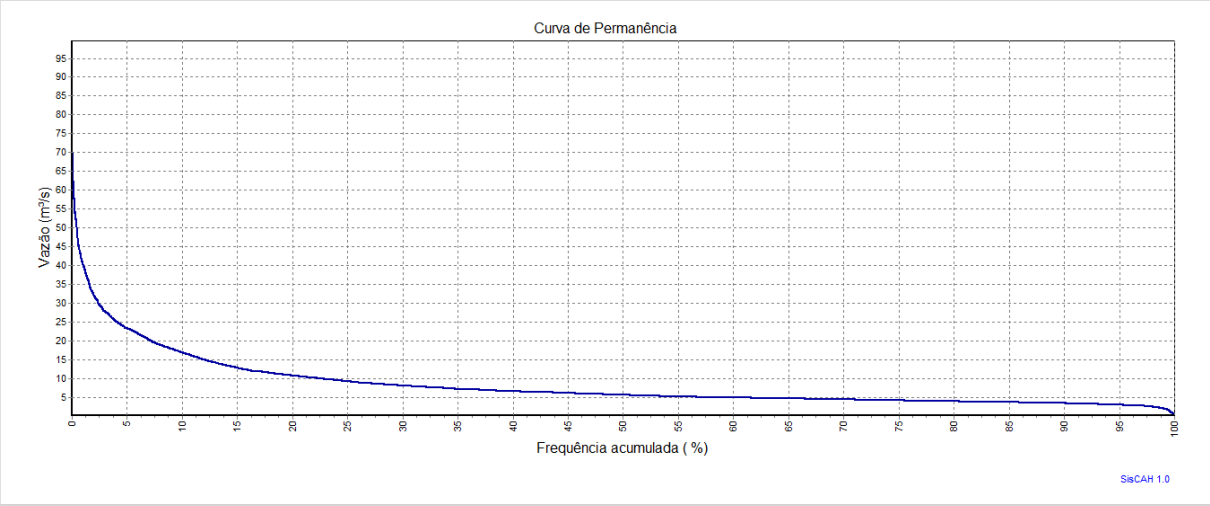

Figura 27. Curva de Permanência da estação fluviométrica Iúna (57360000).

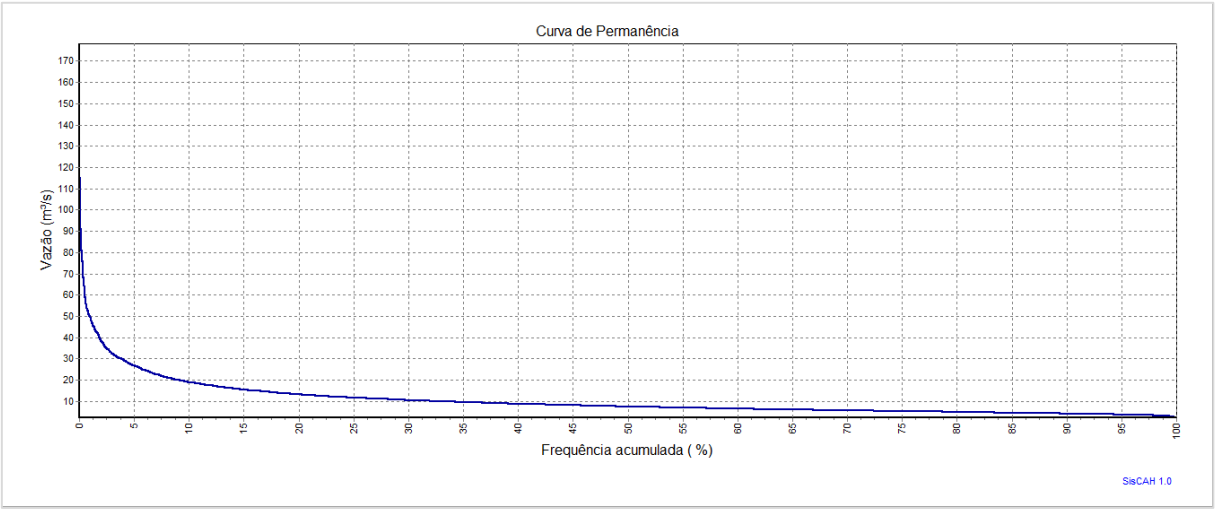

Figura 28. Curva de Permanência da estação fluviométrica Terra Corrida (57370000).

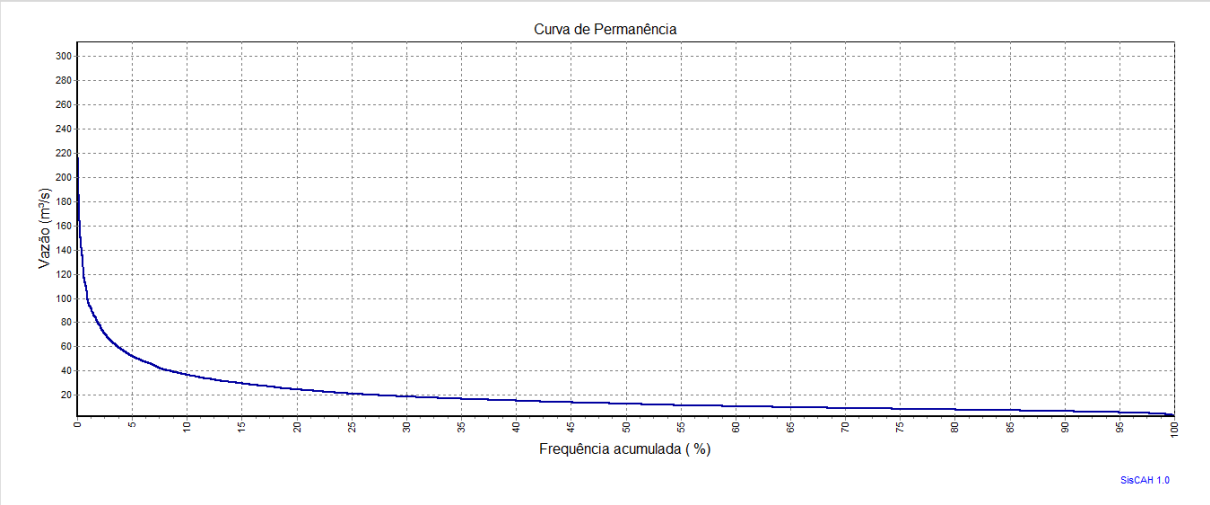

Figura 29. Curva de Permanência da estação fluviométrica Itaici (57400000).

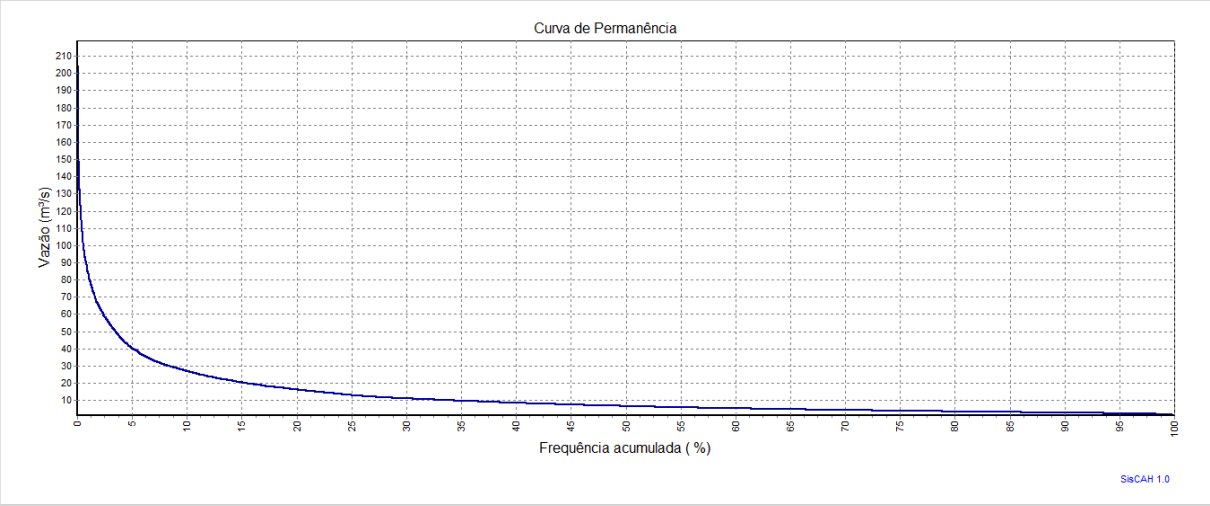

Figura 30. Curva de Permanência da estação fluviométrica Ibitirama (57420000).

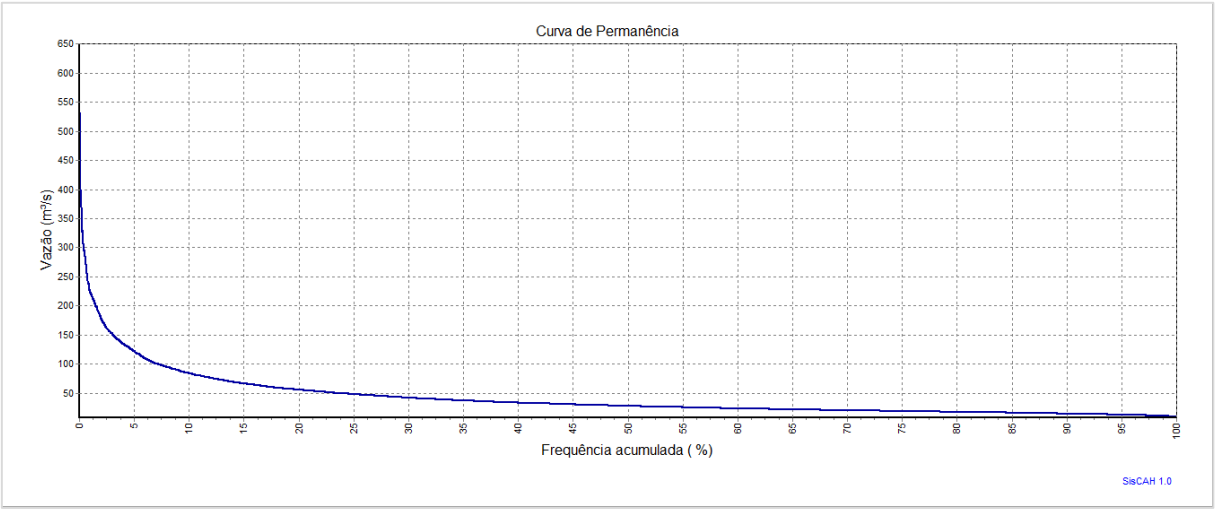

Figura 31. Curva de Permanência da estação fluviométrica Rive (57450000).

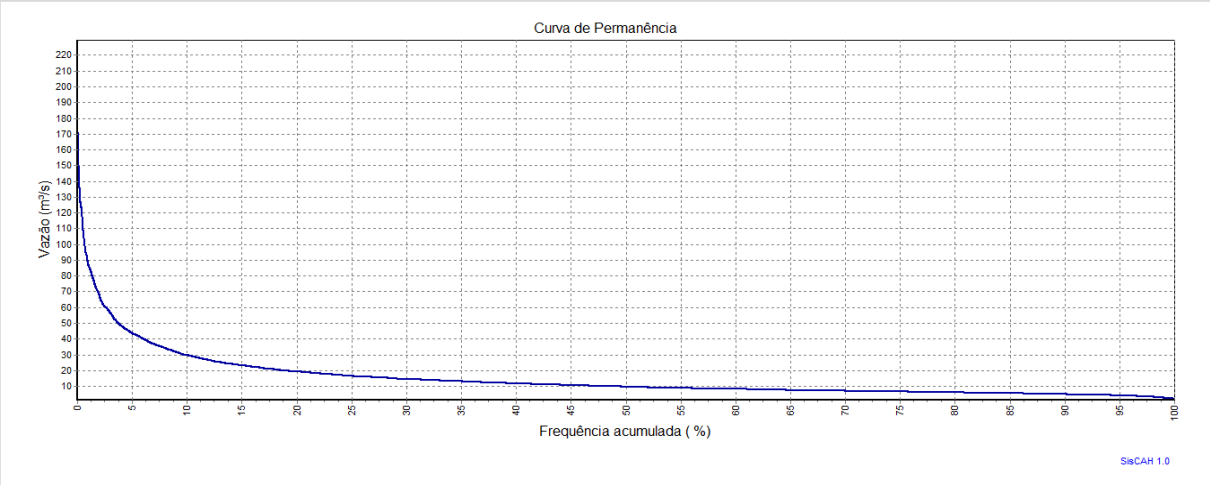

Figura 32. Curva de Permanência da estação fluviométrica Castelo (57490000).

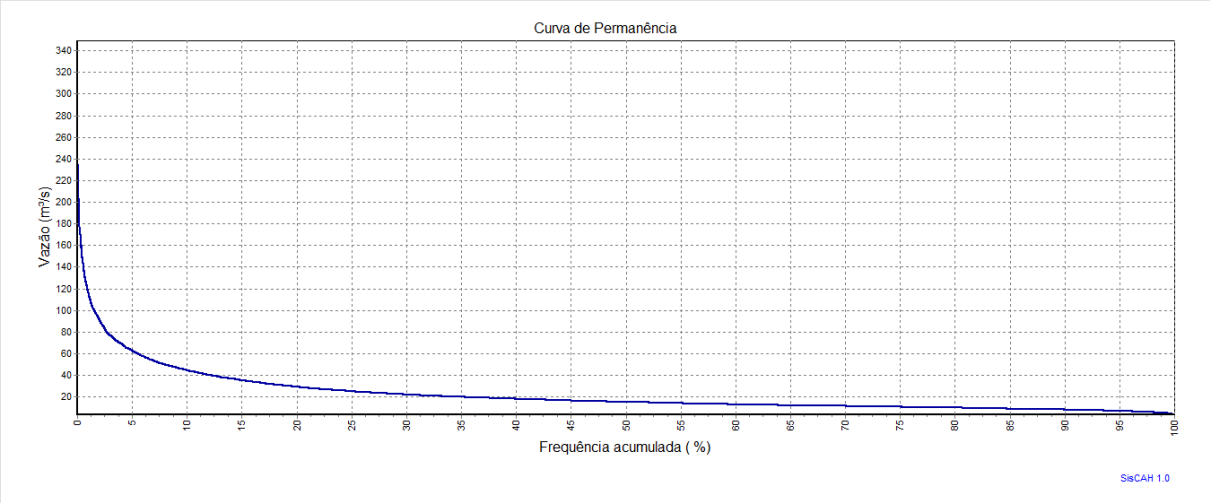

Figura 33. Curva de Permanência da estação fluviométrica Usina São Miguel (57550000).

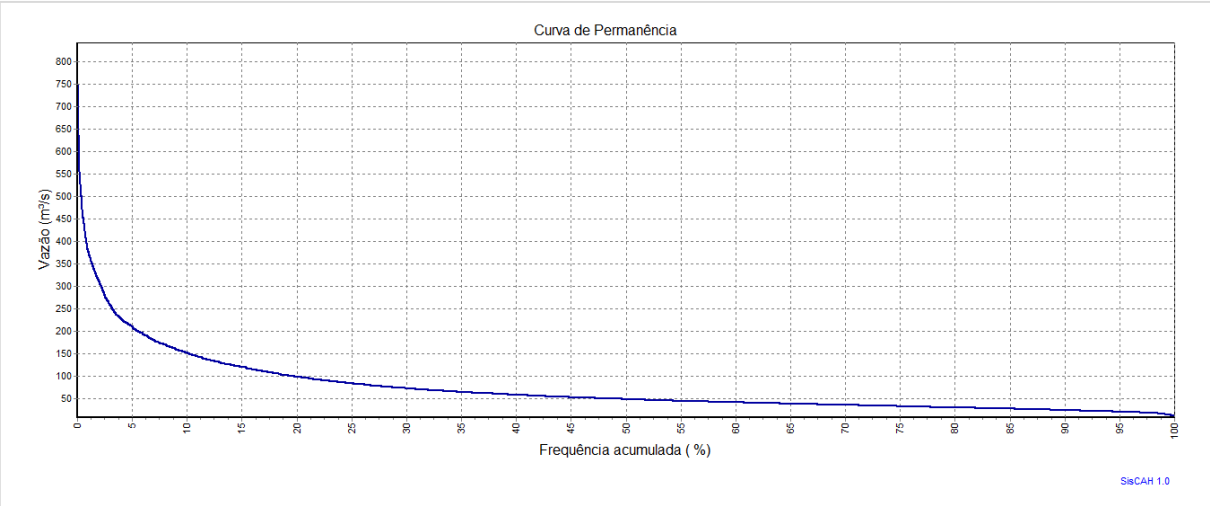

Figura 34. Curva de Permanência da estação fluviométrica Coutinho (57555000).

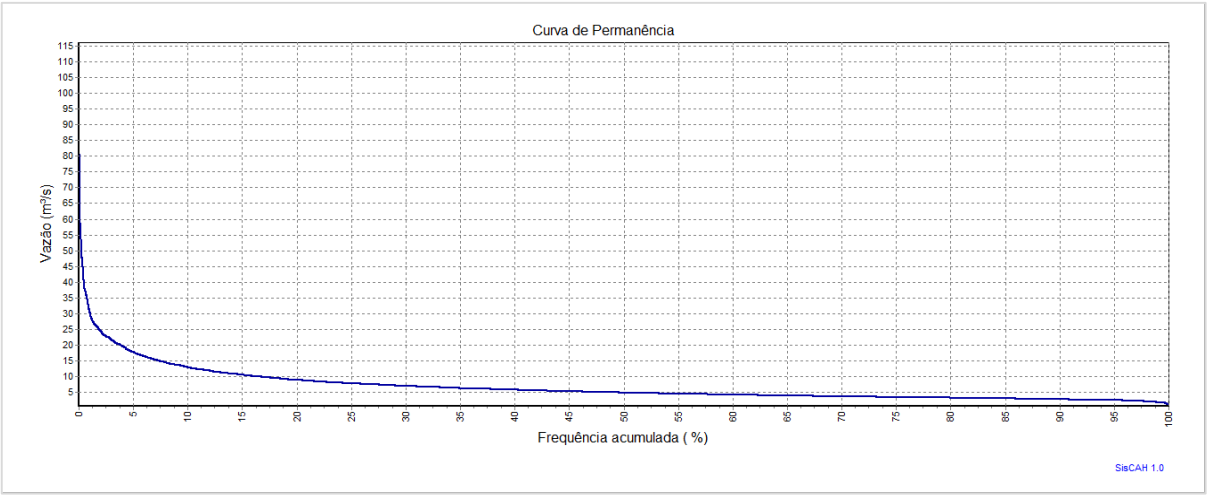

Figura 35. Curva de Permanência da estação fluviométrica Caiana (57700000).

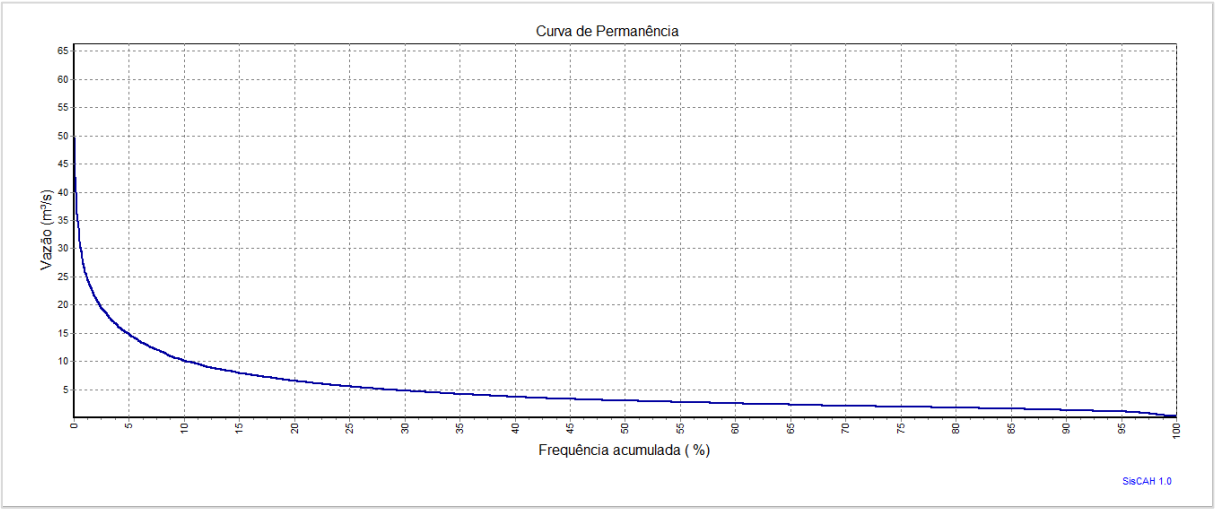

Figura 36. Curva de Permanência da estação fluviométrica Dores do Rio Preto (57720000).

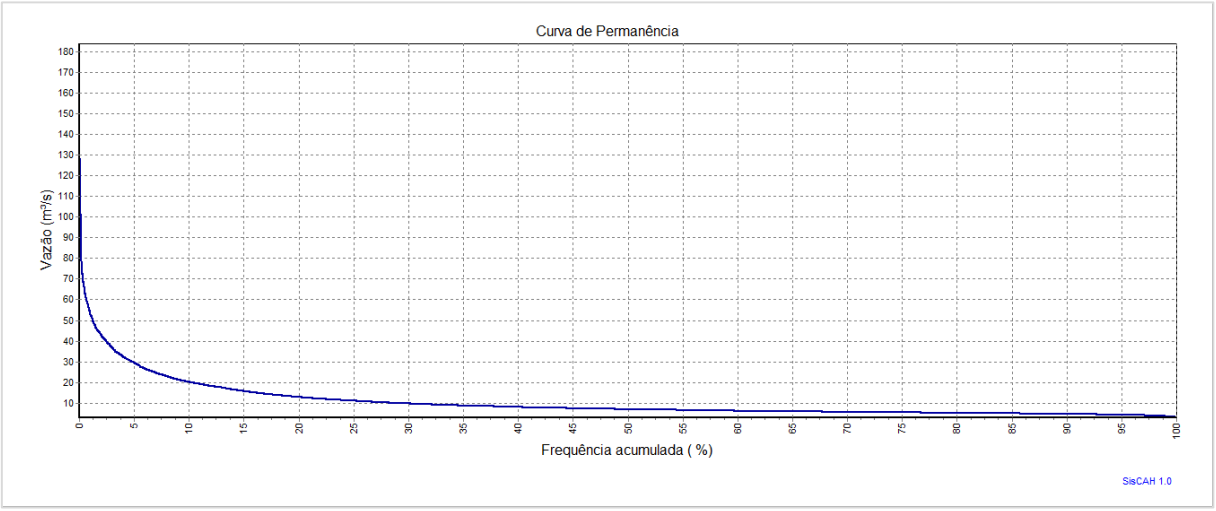

Figura 37. Curva de Permanência da estação fluviométrica Guaçuí (57740000).

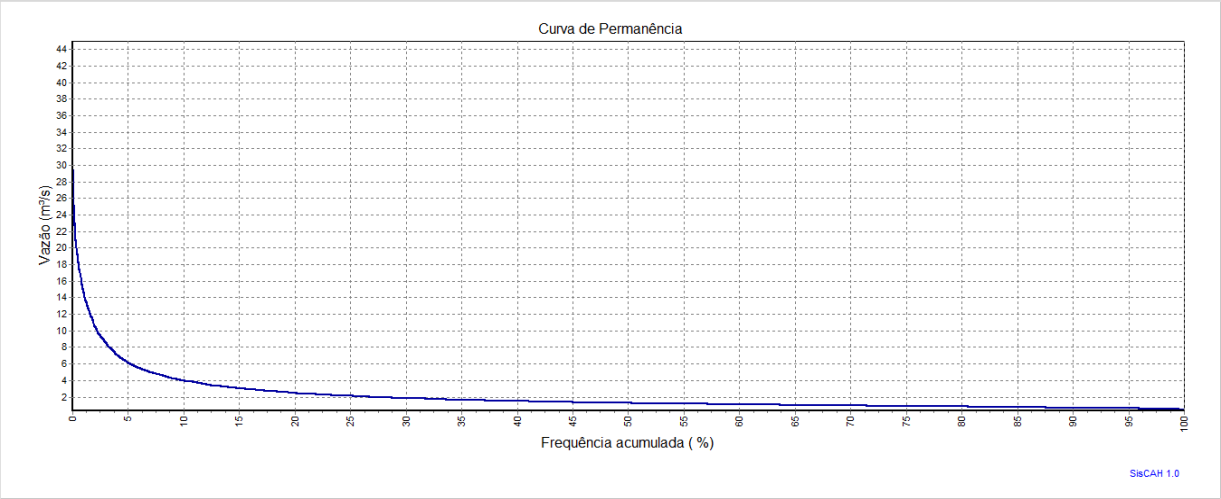

Figura 38. Curva de Permanência da estação fluviométrica São José do Calçado (57770000).

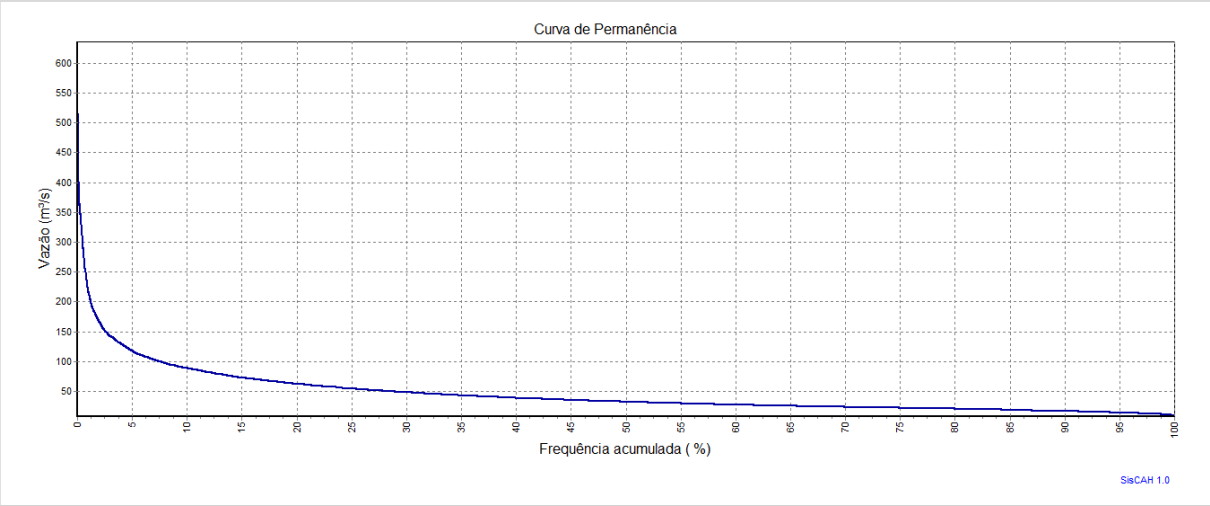

Figura 39. Curva de Permanência da estação fluviométrica Ponte do Itabapoana (57830000).

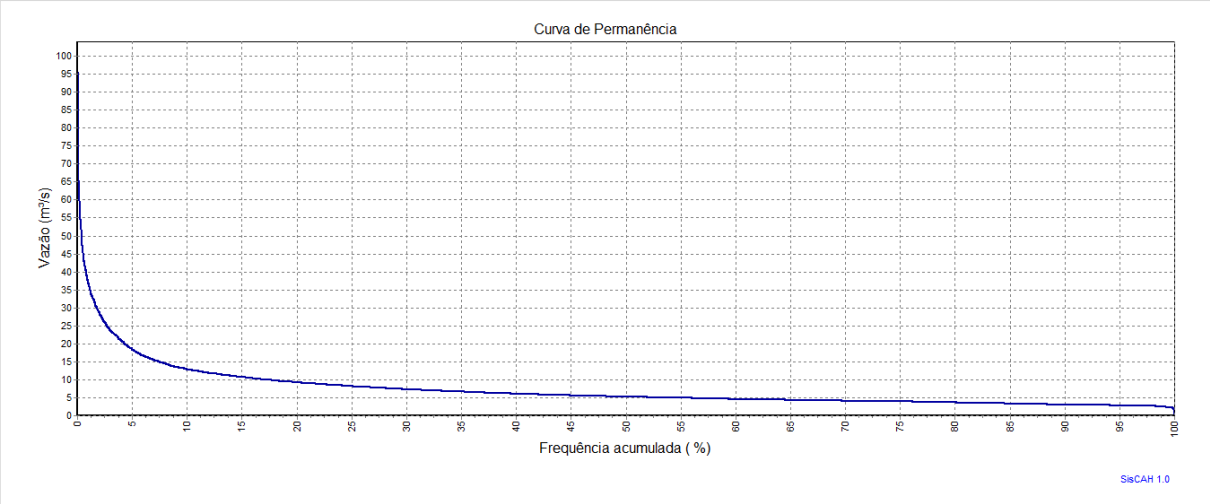

Figura 40. Curva de Permanência da estação fluviométrica Mimoso do Sul (57880000).

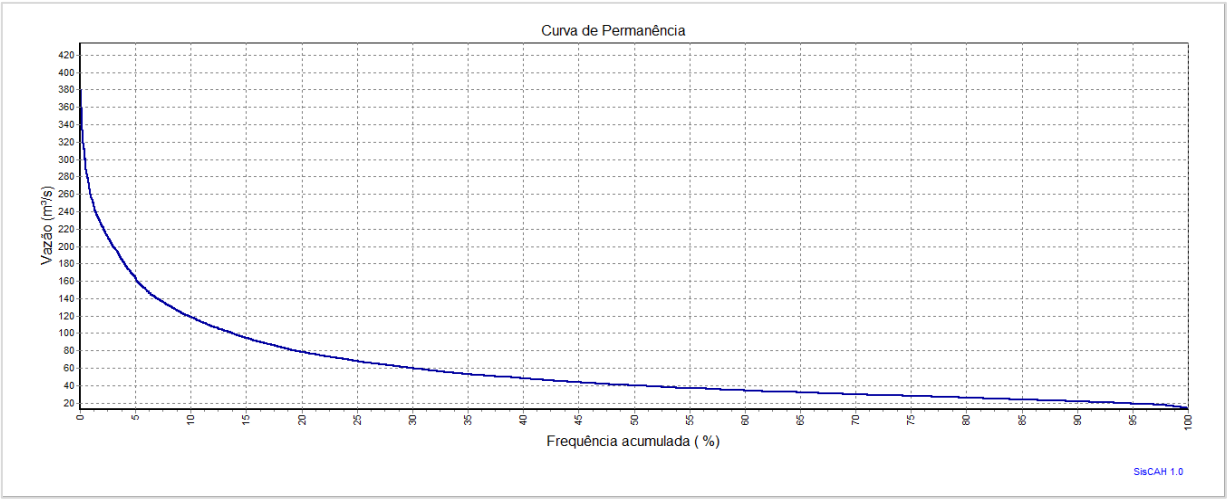

Figura 41. Curva de Permanência da estação fluviométrica Santa Cruz (57930000).

APÊNDICE 2 – CURVAS DE PROBABILIDADES DE VAZÕES MÍNIMAS DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS DAS BACIAS DOS RIOS ITAPEMIRIM E ITABAPOANA.

Tabela 48. Vazões (m³/s) da curva de probabilidades de vazões mínimas das estações da bacia do rio Itapemirim.

Estações	Usina Fortaleza	Iúna	Terra Corrida	Itaici	Ibitirama	Rive	Castelo	Usina São Miguel	Coutinho
$Q_{1,2}$	0,98	2,88	3,60	5,36	2,19	11,63	3,59	6,47	18,27
$Q_{1,5}$	0,77	2,00	2,95	4,15	1,78	9,58	2,66	5,18	13,62
$Q_{1,10}$	0,69	1,66	2,68	3,66	1,61	8,69	2,35	4,63	11,90
$Q_{1,20}$	0,63	1,42	2,48	3,32	1,49	8,03	2,16	4,22	10,76
$Q_{1,50}$	0,59	1,20	2,29	2,99	1,37	7,37	1,98	3,81	9,69
$Q_{1,100}$	0,56	1,07	2,17	2,80	1,30	6,96	1,89	3,57	9,09

Tabela 49. Vazões (m³/s) da curva de probabilidades de vazões mínimas das estações da bacia do rio Itabapoana.

Estações	Caiana	Dores do Rio Preto	Guaçuí	São José do Calçado	Ponte do Itabapoana	Mimoso do Sul	Santa Cruz
$Q_{1,2}$	2,53	0,80	4,06	0,59	13,28	2,44	18,38
$Q_{1,5}$	2,03	0,64	3,57	0,46	10,68	2,01	15,39
$Q_{1,10}$	1,83	0,62	3,35	0,40	9,63	1,90	14,15
$Q_{1,20}$	1,68	0,62	3,18	0,36	8,87	1,84	13,26
$Q_{1,50}$	1,54	0,62	3,00	0,32	8,14	1,81	12,39
$Q_{1,100}$	1,45	0,62	2,88	0,30	7,71	1,80	11,87

APÊNDICE 3 – PERCENTUAIS DE REGISTROS DE VAZÕES MÉDIAS DIÁRIAS DISPONÍVEIS ANUALMENTE PARA AS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NO PRESENTE ESTUDO.

Tabela 50. Percentuais de registros de vazões médias diárias disponíveis anualmente para as estações fluviométricas utilizadas no presente estudo.

Estações	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935	1936	1937	1938	1939	1940	1941	1942	1943	1944	1945	1946	1947	1948	1949	1950	1951	1952	1953	1954	1955	1956
Usina Fortaleza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Iúna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37	100	100	100	100
Terra Corrida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Itaici	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ibitirama	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	100	100	100	100
Rive	0	0	0	0	0	0	0	38	100	98	94	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Castelo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Usina São Miguel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coutinho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caiana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Dores do Rio Preto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	100	100	100	100	100	100	100	100
Guaçuí	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	67	100	100	100	100	100	100	100	100
São José do Calçado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33	100	100	100	100
Ponte do Itabapoana	0	0	32	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Mimoso do Sul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Santa Cruz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabela 50. Percentuais de registros de vazões médias diárias disponíveis anualmente para as estações fluviométricas utilizadas no presente estudo (Continuação).

Estação	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
Usina Fortaleza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Iúna	100	100	100	96	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100	100	100	96	100	100	67	0	57	100	100	100	100
Terra Corrida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Itaici	0	0	0	0	44	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ibitirama	100	100	100	100	100	100	100	90	79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Rive	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Castelo	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Usina São Miguel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Coutinho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Caiana	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	80	70	92	100	100	100	100
Dores do Rio Preto	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	95	100	92	100	100	100	100	100	94	98	94	90	100	100
Guaçuí	100	100	100	100	100	100	79	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
São José do Calçado	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ponte do Itabapoana	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	96	100	100	100
Mimoso do Sul	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Santa Cruz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	99	62	100	100	100	100	84	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabela 50. Percentuais de registros de vazões médias diárias disponíveis anualmente para as estações fluviométricas utilizadas no presente estudo (Continuação).

Estação	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Usina Fortaleza	100	100	100	100	100	92	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Iúna	100	100	86	99	90	34	100	100	50	99	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Terra Corrida	100	100	100	100	100	92	100	100	100	100	85	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Itaici	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Ibitirama	100	100	100	100	97	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Rive	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Castelo	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Usina São Miguel	100	100	100	100	100	76	100	100	100	100	100	100	80	76	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0
Coutinho	100	100	100	100	100	11	37	100	100	100	100	100	54	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	33	0	0	0
Caiana	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Dores do Rio Preto	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Guaçuí	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0
São José do Calçado	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	90	100	100	100	0	0	0	0	0	0
Ponte do Itabapoana	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	100	100	0	0	0	0	0	0
Mimoso do Sul	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
Santa Cruz	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	99	0	0	0	0	0	0	0	0

APÊNDICE 4 – DESVIO (%) ENTRE AS VAZÕES OBTIDAS UTILIZANDO OS MÉTODOS DE REGIONALIZAÇÃO DA CURVA DE PERMANÊNCIA E A VAZÃO REAL.

Tabela 51. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	3,02	2,59	-16,43	5,60	5,20	-7,71	7,50	7,13	-5,18	12,70	12,26	-3,61
Q_{55}	2,85	2,41	-18,68	5,18	4,82	-7,47	6,97	6,60	-5,53	11,57	11,33	-2,09
Q_{60}	2,64	2,24	-17,79	4,92	4,48	-9,80	6,45	6,14	-5,17	10,72	10,52	-1,96
Q_{65}	2,39	2,07	-15,51	4,67	4,15	-12,60	6,04	5,69	-6,15	9,93	9,78	-1,58
Q_{70}	2,24	1,94	-15,14	4,43	3,89	-14,06	5,65	5,32	-6,11	9,27	9,13	-1,55
Q_{75}	2,06	1,81	-13,68	4,15	3,62	-14,63	5,23	4,97	-5,31	8,63	8,53	-1,22
Q_{80}	1,83	1,67	-9,77	3,88	3,34	-16,10	4,90	4,58	-7,00	7,96	7,87	-1,15
Q_{85}	1,59	1,52	-4,99	3,68	3,05	-20,68	4,52	4,18	-8,11	7,29	7,19	-1,45
Q_{90}	1,42	1,38	-3,00	3,41	2,77	-23,18	4,12	3,79	-8,58	6,61	6,51	-1,56
Q_{95}	1,16	1,20	3,05	2,96	2,39	-23,61	3,71	3,28	-13,13	5,68	5,62	-0,99

Tabela 51. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	6,65	4,38	-51,67	27,57	25,15	-9,63	9,69	11,82	18,01	15,30	17,18	10,93
Q_{55}	5,82	4,06	-43,45	25,43	23,22	-9,54	8,91	10,93	18,44	14,17	15,88	10,75
Q_{60}	5,27	3,78	-39,39	23,32	21,51	-8,40	8,19	10,14	19,26	13,06	14,72	11,28
Q_{65}	4,74	3,50	-35,49	21,70	20,07	-8,11	7,54	9,43	19,99	12,27	13,71	10,53
Q_{70}	4,33	3,28	-32,11	20,14	18,67	-7,87	7,03	8,80	20,08	11,60	12,78	9,20
Q_{75}	3,92	3,05	-28,31	18,79	17,48	-7,50	6,59	8,22	19,90	10,87	11,95	9,06
Q_{80}	3,48	2,82	-23,64	17,34	16,14	-7,45	6,01	7,59	20,82	10,00	11,03	9,41
Q_{85}	3,14	2,56	-22,44	16,05	14,78	-8,63	5,44	6,93	21,58	9,07	10,09	10,07
Q_{90}	2,79	2,33	-19,55	14,42	13,35	-8,01	4,88	6,28	22,27	8,27	9,12	9,37
Q_{95}	2,39	2,02	-18,64	12,68	11,51	-10,14	4,09	5,42	24,63	7,03	7,88	10,78

Tabela 51. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	48,37	49,95	3,17	4,85	5,46	11,14	3,01	3,12	3,34	7,00	5,27	-32,94
Q_{55}	44,63	46,05	3,07	4,50	5,06	10,99	2,77	2,89	4,20	6,54	4,88	-34,02
Q_{60}	41,15	42,58	3,36	4,21	4,70	10,42	2,54	2,69	5,71	6,19	4,54	-36,34
Q_{65}	38,43	39,87	3,61	3,95	4,36	9,30	2,32	2,49	6,73	5,95	4,20	-41,57
Q_{70}	35,35	36,98	4,40	3,69	4,08	9,63	2,12	2,34	9,24	5,72	3,94	-45,21
Q_{75}	32,70	34,68	5,79	3,46	3,80	9,02	1,94	2,18	10,78	5,38	3,67	-46,54
Q_{80}	29,58	32,04	7,68	3,20	3,51	8,88	1,78	2,01	11,22	5,15	3,39	-52,09
Q_{85}	27,10	29,39	7,79	2,95	3,20	7,79	1,60	1,82	12,25	4,93	3,08	-59,74
Q_{90}	24,06	26,48	9,14	2,70	2,90	7,01	1,36	1,66	18,07	4,60	2,80	-64,06
Q_{95}	20,20	22,81	11,44	2,37	2,51	5,61	1,10	1,44	23,46	4,26	2,42	-75,74

Tabela 51. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	1,26	2,16	41,93	32,11	31,82	-0,92	5,25	4,91	-6,89	40,10	41,59	3,58
Q_{55}	1,16	2,01	42,06	29,35	29,36	0,02	4,88	4,55	-7,25	36,50	38,35	4,83
Q_{60}	1,09	1,87	41,51	27,24	27,18	-0,23	4,60	4,23	-8,65	34,20	35,48	3,62
Q_{65}	1,00	1,73	42,28	25,26	25,39	0,51	4,36	3,92	-11,27	31,90	33,20	3,90
Q_{70}	0,94	1,62	41,86	23,37	23,60	0,97	4,11	3,67	-11,91	29,50	30,81	4,25
Q_{75}	0,90	1,51	40,68	21,97	22,11	0,61	3,87	3,42	-13,07	27,86	28,88	3,53
Q_{80}	0,83	1,39	40,67	20,40	20,42	0,10	3,64	3,16	-15,30	25,80	26,68	3,31
Q_{85}	0,76	1,26	40,05	18,48	18,70	1,20	3,33	2,88	-15,82	23,80	24,46	2,71
Q_{90}	0,71	1,15	38,02	16,37	16,88	3,04	2,99	2,61	-14,43	21,60	22,06	2,06
Q_{95}	0,63	1,00	36,85	14,26	14,55	2,02	2,83	2,26	-25,29	18,80	19,00	1,07

Tabela 52. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	3,02	2,99	-1,05	5,60	4,01	-39,61	7,50	6,34	-18,29	12,70	10,36	-22,56
Q_{55}	2,85	2,75	-3,66	5,18	3,70	-40,09	6,97	5,83	-19,43	11,57	9,52	-21,55
Q_{60}	2,64	2,56	-3,13	4,92	3,43	-43,32	6,45	5,41	-19,21	10,72	8,82	-21,54
Q_{65}	2,39	2,37	-0,70	4,67	3,19	-46,63	6,04	5,04	-19,94	9,93	8,23	-20,73
Q_{70}	2,24	2,22	-0,78	4,43	2,98	-48,85	5,65	4,70	-20,23	9,27	7,66	-20,99
Q_{75}	2,06	2,07	0,80	4,15	2,78	-49,31	5,23	4,39	-19,04	8,63	7,17	-20,33
Q_{80}	1,83	1,90	3,46	3,88	2,55	-52,41	4,90	4,02	-21,87	7,96	6,57	-21,13
Q_{85}	1,59	1,74	8,54	3,68	2,34	-57,14	4,52	3,70	-22,09	7,29	6,05	-20,50
Q_{90}	1,42	1,58	9,97	3,41	2,12	-60,72	4,12	3,35	-22,97	6,61	5,47	-20,98
Q_{95}	1,16	1,37	15,33	2,96	1,84	-60,93	3,71	2,90	-27,75	5,68	4,74	-19,82

Tabela 52. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	6,65	4,64	-43,34	27,57	26,48	-4,10	9,69	9,99	3,01	15,30	16,52	7,35
Q_{55}	5,82	4,27	-36,45	25,43	24,27	-4,80	8,91	9,18	2,89	14,17	15,15	6,49
Q_{60}	5,27	3,96	-32,86	23,32	22,45	-3,88	8,19	8,51	3,74	13,06	14,03	6,92
Q_{65}	4,74	3,68	-28,64	21,70	21,04	-3,15	7,54	7,93	4,90	12,27	13,12	6,48
Q_{70}	4,33	3,44	-25,86	20,14	19,51	-3,25	7,03	7,39	4,80	11,60	12,19	4,81
Q_{75}	3,92	3,21	-21,91	18,79	18,31	-2,62	6,59	6,92	4,76	10,87	11,43	4,91
Q_{80}	3,48	2,94	-18,37	17,34	16,80	-3,26	6,01	6,34	5,16	10,00	10,48	4,60
Q_{85}	3,14	2,70	-16,16	16,05	15,51	-3,50	5,44	5,83	6,85	9,07	9,66	6,10
Q_{90}	2,79	2,45	-13,78	14,42	13,95	-3,34	4,88	5,27	7,40	8,27	8,71	5,03
Q_{95}	2,39	2,12	-12,70	12,68	12,10	-4,78	4,09	4,57	10,57	7,03	7,55	6,96

Tabela 52. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	48,37	45,69	-5,86	4,85	5,20	6,67	3,01	3,29	8,47	7,00	7,12	1,68
Q_{55}	44,63	41,80	-6,78	4,50	4,78	5,91	2,77	3,03	8,71	6,54	6,55	0,16
Q_{60}	41,15	38,61	-6,58	4,21	4,44	5,14	2,54	2,82	9,95	6,19	6,08	-1,84
Q_{65}	38,43	36,29	-5,89	3,95	4,13	4,28	2,32	2,62	11,27	5,95	5,66	-5,19
Q_{70}	35,35	33,57	-5,30	3,69	3,85	4,34	2,12	2,45	13,35	5,72	5,27	-8,38
Q_{75}	32,70	31,56	-3,60	3,46	3,60	3,94	1,94	2,28	15,06	5,38	4,93	-9,00
Q_{80}	29,58	28,97	-2,11	3,20	3,30	3,06	1,78	2,09	14,82	5,15	4,52	-13,95
Q_{85}	27,10	26,79	-1,17	2,95	3,03	2,75	1,60	1,92	16,58	4,93	4,16	-18,51
Q_{90}	24,06	24,04	-0,10	2,70	2,75	1,64	1,36	1,74	21,87	4,60	3,76	-22,26
Q_{95}	20,20	20,86	3,14	2,37	2,38	0,40	1,10	1,51	27,09	4,26	3,26	-30,65

Tabela 52. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	1,26	1,99	36,74	32,11	35,04	8,37	5,25	6,10	13,89	40,10	47,93	16,33
Q_{55}	1,16	1,83	36,53	29,35	32,08	8,51	4,88	5,61	13,00	36,50	43,84	16,74
Q_{60}	1,09	1,71	35,81	27,24	29,65	8,13	4,60	5,21	11,65	34,20	40,49	15,54
Q_{65}	1,00	1,58	36,84	25,26	27,83	9,23	4,36	4,84	9,95	31,90	38,07	16,21
Q_{70}	0,94	1,48	36,18	23,37	25,78	9,34	4,11	4,52	9,05	29,50	35,21	16,21
Q_{75}	0,90	1,38	35,05	21,97	24,22	9,27	3,87	4,23	8,40	27,86	33,10	15,83
Q_{80}	0,83	1,26	34,51	20,40	22,22	8,21	3,64	3,87	5,91	25,80	30,39	15,10
Q_{85}	0,76	1,16	34,41	18,48	20,53	10,01	3,33	3,56	6,38	23,80	28,11	15,32
Q_{90}	0,71	1,05	32,04	16,37	18,45	11,28	2,99	3,22	7,13	21,60	25,22	14,34
Q_{95}	0,63	0,91	30,78	14,26	16,00	10,90	2,83	2,79	-1,46	18,80	21,88	14,06

Tabela 53. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	3,02	2,82	-7,23	5,60	4,54	-23,39	7,50	6,82	-9,92	12,70	10,09	-25,82
Q_{55}	2,85	2,61	-9,30	5,18	4,19	-23,51	6,97	6,31	-10,46	11,57	9,34	-23,92
Q_{60}	2,64	2,43	-8,50	4,92	3,94	-24,78	6,45	5,92	-9,02	10,72	8,70	-23,22
Q_{65}	2,39	2,25	-6,32	4,67	3,67	-27,17	6,04	5,52	-9,40	9,93	8,11	-22,57
Q_{70}	2,24	2,11	-6,17	4,43	3,45	-28,52	5,65	5,17	-9,22	9,27	7,57	-22,49
Q_{75}	2,06	1,97	-4,63	4,15	3,22	-29,09	5,23	4,84	-8,15	8,63	7,09	-21,83
Q_{80}	1,83	1,81	-1,33	3,88	3,00	-29,36	4,90	4,50	-8,97	7,96	6,55	-21,59
Q_{85}	1,59	1,64	2,68	3,68	2,80	-31,44	4,52	4,17	-8,36	7,29	5,98	-21,91
Q_{90}	1,42	1,48	3,90	3,41	2,57	-32,52	4,12	3,81	-7,96	6,61	5,41	-22,25
Q_{95}	1,16	1,29	9,90	2,96	2,25	-31,59	3,71	3,33	-11,19	5,68	4,72	-20,38

Tabela 53. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	6,65	4,90	-35,67	27,57	26,74	-3,11	9,69	9,00	-7,62	15,30	16,16	5,32
Q_{55}	5,82	4,47	-30,22	25,43	24,53	-3,66	8,91	8,31	-7,20	14,17	14,79	4,17
Q_{60}	5,27	4,12	-27,87	23,32	22,72	-2,63	8,19	7,68	-6,64	13,06	13,59	3,88
Q_{65}	4,74	3,80	-24,59	21,70	21,23	-2,20	7,54	7,11	-6,06	12,27	12,61	2,73
Q_{70}	4,33	3,56	-21,74	20,14	19,73	-2,07	7,03	6,63	-6,06	11,60	11,73	1,09
Q_{75}	3,92	3,28	-19,46	18,79	18,44	-1,89	6,59	6,19	-6,43	10,87	10,90	0,27
Q_{80}	3,48	3,00	-16,01	17,34	17,02	-1,92	6,01	5,66	-6,11	10,00	9,97	-0,24
Q_{85}	3,14	2,75	-14,06	16,05	15,64	-2,62	5,44	5,10	-6,49	9,07	9,09	0,15
Q_{90}	2,79	2,48	-12,31	14,42	14,06	-2,50	4,88	4,56	-6,91	8,27	8,12	-1,86
Q_{95}	2,39	2,13	-12,55	12,68	12,20	-3,93	4,09	3,95	-3,41	7,03	6,98	-0,64

Tabela 53. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	48,37	46,88	-3,18	4,85	4,80	-0,98	3,01	3,39	11,17	7,00	7,74	9,56
Q_{55}	44,63	42,83	-4,20	4,50	4,46	-0,97	2,77	3,12	11,24	6,54	7,05	7,30
Q_{60}	41,15	39,53	-4,10	4,21	4,15	-1,49	2,54	2,90	12,30	6,19	6,50	4,74
Q_{65}	38,43	37,02	-3,81	3,95	3,84	-2,76	2,32	2,68	13,26	5,95	6,01	1,07
Q_{70}	35,35	34,32	-3,01	3,69	3,60	-2,48	2,12	2,51	15,47	5,72	5,62	-1,78
Q_{75}	32,70	32,05	-2,02	3,46	3,36	-2,87	1,94	2,32	16,53	5,38	5,18	-3,75
Q_{80}	29,58	29,56	-0,08	3,20	3,09	-3,32	1,78	2,14	16,66	5,15	4,75	-8,31
Q_{85}	27,10	27,25	0,52	2,95	2,80	-5,31	1,60	1,96	18,14	4,93	4,38	-12,39
Q_{90}	24,06	24,42	1,47	2,70	2,53	-6,90	1,36	1,77	23,23	4,60	3,95	-16,28
Q_{95}	20,20	21,12	4,37	2,37	2,20	-7,74	1,10	1,53	28,09	4,26	3,39	-25,71

Tabela 53. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro, Declividade e Precipitação como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	1,26	2,04	38,48	32,11	35,45	9,42	5,25	5,21	-0,85	40,10	49,21	18,51
Q_{55}	1,16	1,89	38,39	29,35	32,58	9,91	4,88	4,85	-0,66	36,50	45,24	19,31
Q_{60}	1,09	1,76	37,91	27,24	30,27	9,99	4,60	4,51	-2,03	34,20	42,11	18,78
Q_{65}	1,00	1,63	38,81	25,26	28,37	10,96	4,36	4,17	-4,52	31,90	39,60	19,44
Q_{70}	0,94	1,53	38,35	23,37	26,35	11,31	4,11	3,90	-5,40	29,50	36,74	19,70
Q_{75}	0,90	1,42	37,02	21,97	24,71	11,08	3,87	3,66	-5,86	27,86	34,52	19,29
Q_{80}	0,83	1,31	37,03	20,40	22,88	10,84	3,64	3,35	-8,57	25,80	32,06	19,53
Q_{85}	0,76	1,20	36,84	18,48	21,08	12,32	3,33	3,00	-10,98	23,80	29,65	19,73
Q_{90}	0,71	1,09	34,72	16,37	18,98	13,79	2,99	2,69	-11,04	21,60	26,75	19,25
Q_{95}	0,63	0,95	33,63	14,26	16,53	13,76	2,83	2,35	-20,59	18,80	23,35	19,49

Tabela 54. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método da Curva Exponencial, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	3,02	2,60	-15,95	5,60	5,23	-7,19	7,50	7,17	-4,64	12,70	12,32	-3,04
Q_{55}	2,85	2,39	-19,54	5,18	4,79	-8,05	6,97	6,57	-6,01	11,57	11,30	-2,41
Q_{60}	2,64	2,19	-20,56	4,92	4,39	-12,01	6,45	6,02	-7,13	10,72	10,35	-3,58
Q_{65}	2,39	2,01	-18,91	4,67	4,03	-15,97	6,04	5,52	-9,35	9,93	9,49	-4,68
Q_{70}	2,24	1,84	-21,45	4,43	3,69	-20,03	5,65	5,06	-11,55	9,27	8,70	-6,56
Q_{75}	2,06	1,69	-21,65	4,15	3,39	-22,65	5,23	4,64	-12,66	8,63	7,97	-8,28
Q_{80}	1,83	1,55	-18,06	3,88	3,11	-24,95	4,90	4,26	-15,20	7,96	7,31	-8,96
Q_{85}	1,59	1,42	-11,90	3,68	2,85	-29,03	4,52	3,90	-15,76	7,29	6,70	-8,89
Q_{90}	1,42	1,30	-9,04	3,41	2,61	-30,52	4,12	3,58	-15,09	6,61	6,14	-7,72
Q_{95}	1,16	1,20	3,10	2,96	2,39	-23,54	3,71	3,28	-13,06	5,68	5,63	-0,93

Tabela 54. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método da Curva Exponencial, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	6,65	4,40	-50,97	27,57	25,30	-8,96	9,69	11,88	18,46	15,30	17,28	11,45
Q_{55}	5,82	4,04	-44,29	25,43	23,18	-9,69	8,91	10,89	18,17	14,17	15,84	10,54
Q_{60}	5,27	3,70	-42,31	23,32	21,24	-9,76	8,19	9,98	17,96	13,06	14,52	10,01
Q_{65}	4,74	3,39	-39,53	21,70	19,47	-11,48	7,54	9,15	17,54	12,27	13,30	7,77
Q_{70}	4,33	3,11	-39,10	20,14	17,84	-12,92	7,03	8,39	16,15	11,60	12,19	4,83
Q_{75}	3,92	2,85	-37,29	18,79	16,34	-14,98	6,59	7,69	14,31	10,87	11,17	2,73
Q_{80}	3,48	2,62	-33,05	17,34	14,97	-15,83	6,01	7,05	14,71	10,00	10,24	2,38
Q_{85}	3,14	2,40	-30,81	16,05	13,72	-16,98	5,44	6,46	15,84	9,07	9,38	3,32
Q_{90}	2,79	2,20	-26,64	14,42	12,57	-14,67	4,88	5,92	17,56	8,27	8,60	3,83
Q_{95}	2,39	2,02	-18,57	12,68	11,52	-10,05	4,09	5,43	24,68	7,03	7,88	10,85

Tabela 54. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método da Curva Exponencial, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	48,37	50,29	3,82	4,85	5,49	11,57	3,01	3,13	3,76	7,00	5,29	-32,30
Q_{55}	44,63	46,06	3,11	4,50	5,03	10,52	2,77	2,87	3,56	6,54	4,85	-34,74
Q_{60}	41,15	42,19	2,47	4,21	4,61	8,64	2,54	2,63	3,58	6,19	4,45	-39,08
Q_{65}	38,43	38,65	0,56	3,95	4,23	6,58	2,32	2,42	3,97	5,95	4,08	-45,81
Q_{70}	35,35	35,40	0,15	3,69	3,88	4,91	2,12	2,22	4,32	5,72	3,74	-52,80
Q_{75}	32,70	32,43	-0,83	3,46	3,56	2,66	1,94	2,03	4,54	5,38	3,43	-56,78
Q_{80}	29,58	29,70	0,41	3,20	3,26	1,92	1,78	1,86	4,50	5,15	3,15	-63,70
Q_{85}	27,10	27,21	0,39	2,95	2,99	1,39	1,60	1,71	6,40	4,93	2,88	-70,80
Q_{90}	24,06	24,92	3,45	2,70	2,74	1,47	1,36	1,57	13,25	4,60	2,64	-73,83
Q_{95}	20,20	22,83	11,52	2,37	2,51	5,67	1,10	1,44	23,50	4,26	2,42	-75,64

Tabela 54. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método da Curva Exponencial, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	1,26	2,17	42,16	32,11	32,02	-0,28	5,25	4,94	-6,39	40,10	41,86	4,21
Q_{55}	1,16	1,99	41,62	29,35	29,33	-0,06	4,88	4,53	-7,84	36,50	38,35	4,82
Q_{60}	1,09	1,83	40,09	27,24	26,88	-1,36	4,60	4,15	-10,86	34,20	35,13	2,65
Q_{65}	1,00	1,68	40,59	25,26	24,62	-2,60	4,36	3,81	-14,60	31,90	32,18	0,88
Q_{70}	0,94	1,54	38,63	23,37	22,56	-3,59	4,11	3,49	-17,79	29,50	29,48	-0,06
Q_{75}	0,90	1,41	36,52	21,97	20,67	-6,30	3,87	3,20	-20,98	27,86	27,01	-3,17
Q_{80}	0,83	1,29	36,20	20,40	18,94	-7,72	3,64	2,93	-24,09	25,80	24,74	-4,28
Q_{85}	0,76	1,19	36,16	18,48	17,35	-6,51	3,33	2,69	-23,80	23,80	22,66	-5,01
Q_{90}	0,71	1,09	34,41	16,37	15,89	-2,96	2,99	2,47	-21,23	21,60	20,76	-4,04
Q_{95}	0,63	1,00	36,89	14,26	14,56	2,10	2,83	2,26	-25,22	18,80	19,02	1,15

Tabela 55. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método da Curva Exponencial, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	3,02	2,96	-1,85	5,60	3,98	-40,71	7,50	6,29	-19,22	12,70	10,28	-23,52
Q_{55}	2,85	2,74	-4,16	5,18	3,68	-40,66	6,97	5,82	-19,76	11,57	9,50	-21,72
Q_{60}	2,64	2,53	-4,20	4,92	3,40	-44,61	6,45	5,38	-20,02	10,72	8,79	-22,07
Q_{65}	2,39	2,34	-1,96	4,67	3,15	-48,48	6,04	4,97	-21,49	9,93	8,12	-22,32
Q_{70}	2,24	2,17	-3,29	4,43	2,91	-52,41	5,65	4,60	-22,89	9,27	7,51	-23,45
Q_{75}	2,06	2,00	-2,64	4,15	2,69	-54,44	5,23	4,25	-23,08	8,63	6,94	-24,37
Q_{80}	1,83	1,85	1,19	3,88	2,49	-56,04	4,90	3,93	-24,80	7,96	6,42	-24,08
Q_{85}	1,59	1,71	7,10	3,68	2,30	-59,80	4,52	3,63	-24,36	7,29	5,93	-22,95
Q_{90}	1,42	1,58	10,20	3,41	2,13	-60,29	4,12	3,36	-22,61	6,61	5,48	-20,60
Q_{95}	1,16	1,46	20,83	2,96	1,97	-50,47	3,71	3,10	-19,44	5,68	5,07	-12,03

Tabela 55. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método da Curva Exponencial, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	6,65	4,60	-44,47	27,57	26,28	-4,90	9,69	9,91	2,25	15,30	16,39	6,62
Q_{55}	5,82	4,25	-36,94	25,43	24,29	-4,69	8,91	9,16	2,74	14,17	15,15	6,47
Q_{60}	5,27	3,93	-33,96	23,32	22,45	-3,85	8,19	8,47	3,31	13,06	14,01	6,73
Q_{65}	4,74	3,64	-30,27	21,70	20,75	-4,56	7,54	7,83	3,65	12,27	12,95	5,23
Q_{70}	4,33	3,36	-28,80	20,14	19,18	-5,00	7,03	7,24	2,84	11,60	11,97	3,04
Q_{75}	3,92	3,11	-26,09	18,79	17,73	-5,99	6,59	6,69	1,56	10,87	11,06	1,75
Q_{80}	3,48	2,87	-21,19	17,34	16,39	-5,84	6,01	6,19	2,85	10,00	10,23	2,25
Q_{85}	3,14	2,66	-18,18	16,05	15,15	-5,97	5,44	5,72	4,96	9,07	9,45	4,02
Q_{90}	2,79	2,46	-13,47	14,42	14,00	-2,97	4,88	5,29	7,69	8,27	8,74	5,35
Q_{95}	2,39	2,27	-5,38	12,68	12,94	2,03	4,09	4,89	16,38	7,03	8,08	13,01

Tabela 55. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método da Curva Exponencial, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	48,37	45,34	-6,68	4,85	5,16	5,93	3,01	3,27	7,74	7,00	7,07	0,91
Q_{55}	44,63	41,90	-6,52	4,50	4,77	5,60	2,77	3,02	8,30	6,54	6,53	-0,09
Q_{60}	41,15	38,73	-6,26	4,21	4,41	4,41	2,54	2,79	9,06	6,19	6,04	-2,47
Q_{65}	38,43	35,79	-7,38	3,95	4,08	3,06	2,32	2,58	10,16	5,95	5,58	-6,55
Q_{70}	35,35	33,08	-6,86	3,69	3,77	2,15	2,12	2,39	11,22	5,72	5,16	-10,74
Q_{75}	32,70	30,57	-6,95	3,46	3,48	0,66	1,94	2,21	12,13	5,38	4,77	-12,69
Q_{80}	29,58	28,25	-4,70	3,20	3,22	0,73	1,78	2,04	12,80	5,15	4,41	-16,70
Q_{85}	27,10	26,11	-3,79	2,95	2,98	1,02	1,60	1,89	15,23	4,93	4,08	-20,77
Q_{90}	24,06	24,13	0,30	2,70	2,75	1,91	1,36	1,75	22,07	4,60	3,77	-21,90
Q_{95}	20,20	22,31	9,44	2,37	2,55	6,88	1,10	1,61	31,83	4,26	3,49	-22,16

Tabela 55. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método da Curva Exponencial, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	1,26	1,97	36,24	32,11	34,77	7,66	5,25	6,05	13,21	40,10	47,56	15,68
Q_{55}	1,16	1,82	36,15	29,35	32,14	8,67	4,88	5,59	12,74	36,50	43,95	16,96
Q_{60}	1,09	1,68	35,01	27,24	29,70	8,29	4,60	5,17	11,04	34,20	40,62	15,81
Q_{65}	1,00	1,56	36,07	25,26	27,45	7,97	4,36	4,78	8,79	31,90	37,54	15,03
Q_{70}	0,94	1,44	34,49	23,37	25,37	7,90	4,11	4,42	7,02	29,50	34,70	14,98
Q_{75}	0,90	1,33	32,78	21,97	23,45	6,31	3,87	4,09	5,29	27,86	32,07	13,11
Q_{80}	0,83	1,23	32,98	20,40	21,68	5,90	3,64	3,78	3,64	25,80	29,64	12,95
Q_{85}	0,76	1,14	33,47	18,48	20,03	7,76	3,33	3,49	4,65	23,80	27,39	13,11
Q_{90}	0,71	1,05	32,20	16,37	18,52	11,61	2,99	3,23	7,40	21,60	25,31	14,67
Q_{95}	0,63	0,97	35,28	14,26	17,11	16,69	2,83	2,99	5,14	18,80	23,40	19,64

Tabela 56. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método da Curva Exponencial, utilizando o Perímetro e Declividade como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	3,02	2,91	-3,67	5,60	4,55	-23,01	7,50	6,97	-7,63	12,70	10,48	-21,15
Q_{55}	2,85	2,66	-7,11	5,18	4,21	-22,94	6,97	6,43	-8,34	11,57	9,62	-20,30
Q_{60}	2,64	2,44	-8,25	4,92	3,89	-26,38	6,45	5,93	-8,79	10,72	8,82	-21,57
Q_{65}	2,39	2,23	-7,00	4,67	3,60	-29,74	6,04	5,47	-10,35	9,93	8,09	-22,75
Q_{70}	2,24	2,04	-9,52	4,43	3,33	-33,15	5,65	5,05	-11,85	9,27	7,42	-24,84
Q_{75}	2,06	1,87	-9,94	4,15	3,08	-34,90	5,23	4,66	-12,25	8,63	6,81	-26,75
Q_{80}	1,83	1,71	-6,93	3,88	2,85	-36,27	4,90	4,30	-14,05	7,96	6,25	-27,42
Q_{85}	1,59	1,57	-1,56	3,68	2,63	-39,53	4,52	3,97	-13,88	7,29	5,73	-27,23
Q_{90}	1,42	1,43	0,83	3,41	2,44	-39,95	4,12	3,66	-12,50	6,61	5,26	-25,76
Q_{95}	1,16	1,31	11,67	2,96	2,25	-31,35	3,71	3,38	-9,82	5,68	4,82	-17,72

Tabela 56. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método da Curva Exponencial, utilizando o Perímetro e Declividade como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	6,65	4,50	-47,61	27,57	26,58	-3,73	9,69	9,21	-5,18	15,30	15,51	1,30
Q_{55}	5,82	4,12	-41,40	25,43	24,36	-4,38	8,91	8,40	-6,12	14,17	14,15	-0,13
Q_{60}	5,27	3,77	-39,77	23,32	22,34	-4,39	8,19	7,66	-6,98	13,06	12,92	-1,13
Q_{65}	4,74	3,45	-37,35	21,70	20,48	-5,97	7,54	6,98	-8,11	12,27	11,79	-4,08
Q_{70}	4,33	3,16	-37,23	20,14	18,77	-7,29	7,03	6,36	-10,54	11,60	10,76	-7,85
Q_{75}	3,92	2,89	-35,75	18,79	17,21	-9,19	6,59	5,80	-13,57	10,87	9,82	-10,69
Q_{80}	3,48	2,64	-31,85	17,34	15,78	-9,94	6,01	5,29	-13,66	10,00	8,96	-11,54
Q_{85}	3,14	2,42	-29,92	16,05	14,46	-10,98	5,44	4,82	-12,76	9,07	8,18	-10,92
Q_{90}	2,79	2,21	-26,06	14,42	13,26	-8,73	4,88	4,39	-11,07	8,27	7,46	-10,79
Q_{95}	2,39	2,02	-18,30	12,68	12,15	-4,30	4,09	4,01	-2,02	7,03	6,81	-3,14

Tabela 56. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método da Curva Exponencial, utilizando o Perímetro e Declividade como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	48,37	45,63	-5,99	4,85	5,04	3,79	3,01	3,28	8,21	7,00	7,05	0,74
Q_{55}	44,63	41,82	-6,74	4,50	4,61	2,43	2,77	3,01	7,96	6,54	6,46	-1,18
Q_{60}	41,15	38,32	-7,39	4,21	4,22	0,15	2,54	2,76	7,93	6,19	5,92	-4,53
Q_{65}	38,43	35,11	-9,45	3,95	3,86	-2,33	2,32	2,53	8,26	5,95	5,42	-9,68
Q_{70}	35,35	32,18	-9,86	3,69	3,53	-4,38	2,12	2,32	8,55	5,72	4,97	-15,04
Q_{75}	32,70	29,49	-10,89	3,46	3,23	-7,09	1,94	2,13	8,71	5,38	4,55	-18,14
Q_{80}	29,58	27,02	-9,48	3,20	2,96	-8,14	1,78	1,95	8,62	5,15	4,17	-23,46
Q_{85}	27,10	24,76	-9,47	2,95	2,70	-8,98	1,60	1,79	10,39	4,93	3,82	-28,93
Q_{90}	24,06	22,69	-6,05	2,70	2,47	-9,13	1,36	1,64	16,91	4,60	3,50	-31,33
Q_{95}	20,20	20,79	2,84	2,37	2,26	-4,71	1,10	1,50	26,68	4,26	3,21	-32,81

Tabela 56. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método da Curva Exponencial, utilizando o Perímetro e Declividade como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de permanência de vazões (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
Q_{50}	1,26	2,04	38,36	32,11	35,98	10,75	5,25	5,65	7,02	40,10	50,37	20,39
Q_{55}	1,16	1,87	37,86	29,35	33,03	11,14	4,88	5,15	5,23	36,50	46,32	21,20
Q_{60}	1,09	1,72	36,32	27,24	30,33	10,17	4,60	4,70	2,05	34,20	42,59	19,70
Q_{65}	1,00	1,58	36,94	25,26	27,84	9,26	4,36	4,28	-1,81	31,90	39,17	18,55
Q_{70}	0,94	1,45	34,95	23,37	25,56	8,58	4,11	3,91	-5,21	29,50	36,01	18,09
Q_{75}	0,90	1,33	32,80	21,97	23,47	6,39	3,87	3,56	-8,65	27,86	33,12	15,86
Q_{80}	0,83	1,22	32,56	20,40	21,55	5,34	3,64	3,25	-12,06	25,80	30,45	15,28
Q_{85}	0,76	1,12	32,60	18,48	19,78	6,60	3,33	2,96	-12,41	23,80	28,00	15,00
Q_{90}	0,71	1,03	30,85	16,37	18,16	9,90	2,99	2,70	-10,68	21,60	25,75	16,11
Q_{95}	0,63	0,95	33,55	14,26	16,68	14,51	2,83	2,46	-14,94	18,80	23,68	20,60

APÊNDICE 5 – DESVIO (%) ENTRE AS VAZÕES OBTIDAS UTILIZANDO OS MÉTODOS DE REGIONALIZAÇÃO DA CURVA DE PROBABILIDADE DE VAZÕES MÍNIMAS E A VAZÃO REAL.

Tabela 57. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,98	1,07	8,57	2,88	2,17	-32,33	3,60	3,00	-20,10	5,36	5,20	-3,03
$Q_{1,5}$	0,77	0,85	9,88	2,00	1,73	-15,94	2,95	2,38	-24,08	4,15	4,13	-0,37
$Q_{1,10}$	0,69	0,77	10,86	1,66	1,56	-6,39	2,68	2,15	-24,82	3,66	3,72	1,47
$Q_{1,20}$	0,63	0,72	11,47	1,42	1,45	1,53	2,48	1,99	-25,06	3,32	3,43	3,09
$Q_{1,50}$	0,59	0,66	11,86	1,20	1,33	10,11	2,29	1,83	-24,96	2,99	3,15	4,95
$Q_{1,100}$	0,56	0,63	11,81	1,07	1,27	15,54	2,17	1,74	-24,89	2,80	2,98	6,14

Tabela 57. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	2,19	1,83	-19,65	11,63	10,80	-7,68	3,59	5,01	28,32	6,47	7,33	11,69
$Q_{1,5}$	1,78	1,45	-22,61	9,58	8,59	-11,58	2,66	3,98	33,08	5,18	5,83	11,13
$Q_{1,10}$	1,61	1,31	-22,61	8,69	7,70	-12,87	2,35	3,58	34,29	4,63	5,24	11,65
$Q_{1,20}$	1,49	1,22	-22,32	8,03	7,08	-13,52	2,16	3,31	34,73	4,22	4,82	12,45
$Q_{1,50}$	1,37	1,12	-21,61	7,37	6,47	-13,81	1,98	3,04	34,66	3,81	4,42	13,72
$Q_{1,100}$	1,30	1,07	-21,33	6,96	6,12	-13,74	1,89	2,88	34,24	3,57	4,18	14,71

Tabela 57. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	18,27	21,70	15,81	2,53	2,28	-10,83	0,80	1,29	37,94	4,06	2,20	-84,43
$Q_{1,5}$	13,62	17,27	21,13	2,03	1,81	-11,92	0,64	1,03	37,32	3,57	1,75	-104,37
$Q_{1,10}$	11,90	15,43	22,84	1,83	1,64	-11,43	0,62	0,93	32,96	3,35	1,58	-111,94
$Q_{1,20}$	10,76	14,13	23,90	1,68	1,52	-10,73	0,62	0,86	28,26	3,18	1,46	-117,03
$Q_{1,50}$	9,69	12,88	24,76	1,54	1,40	-9,84	0,62	0,80	22,63	3,00	1,35	-121,81
$Q_{1,100}$	9,09	12,16	25,22	1,45	1,33	-9,35	0,62	0,76	19,05	2,88	1,28	-124,74

Tabela 57. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,59	0,89	33,52	13,28	13,71	3,14	2,44	2,05	-18,81	18,38	18,01	-2,07
$Q_{1,5}$	0,46	0,71	35,05	10,68	10,91	2,08	2,01	1,63	-23,14	15,39	14,33	-7,37
$Q_{1,10}$	0,40	0,64	37,17	9,63	9,77	1,49	1,90	1,47	-28,83	14,15	12,82	-10,39
$Q_{1,20}$	0,36	0,60	39,32	8,87	8,97	1,07	1,84	1,36	-35,11	13,26	11,75	-12,86
$Q_{1,50}$	0,32	0,55	41,63	8,14	8,20	0,67	1,81	1,26	-43,78	12,39	10,72	-15,58
$Q_{1,100}$	0,30	0,53	43,25	7,71	7,74	0,46	1,80	1,20	-50,52	11,87	10,12	-17,31

Tabela 58. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,98	1,23	20,27	2,88	1,66	-73,59	3,60	2,64	-36,44	5,36	4,34	-23,29
$Q_{1,5}$	0,77	0,98	21,64	2,00	1,32	-51,39	2,95	2,11	-39,87	4,15	3,49	-18,78
$Q_{1,10}$	0,69	0,87	21,42	1,66	1,18	-40,38	2,68	1,89	-42,01	3,66	3,12	-17,42
$Q_{1,20}$	0,63	0,81	21,77	1,42	1,10	-29,88	2,48	1,75	-42,09	3,32	2,89	-15,10
$Q_{1,50}$	0,59	0,75	21,48	1,20	1,01	-19,10	2,29	1,61	-42,48	2,99	2,65	-13,05
$Q_{1,100}$	0,56	0,71	21,18	1,07	0,96	-12,06	2,17	1,52	-42,48	2,80	2,51	-11,52

Tabela 58. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	2,19	1,92	-13,84	11,63	11,27	-3,16	3,59	4,19	14,22	6,47	6,98	7,22
$Q_{1,5}$	1,78	1,53	-15,98	9,58	9,12	-5,03	2,66	3,36	20,78	5,18	5,63	7,96
$Q_{1,10}$	1,61	1,37	-17,31	8,69	8,15	-6,69	2,35	3,01	21,66	4,63	5,03	7,98
$Q_{1,20}$	1,49	1,27	-17,10	8,03	7,53	-6,69	2,16	2,78	22,44	4,22	4,65	9,22
$Q_{1,50}$	1,37	1,17	-17,10	7,37	6,90	-6,85	1,98	2,55	22,23	3,81	4,26	10,51
$Q_{1,100}$	1,30	1,11	-17,05	6,96	6,54	-6,49	1,89	2,42	21,80	3,57	4,04	11,70

Tabela 58. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	18,27	19,61	6,85	2,53	2,16	-17,43	0,80	1,36	40,85	4,06	2,97	-36,83
$Q_{1,5}$	13,62	15,94	14,58	2,03	1,72	-17,81	0,64	1,08	40,48	3,57	2,38	-50,27
$Q_{1,10}$	11,90	14,23	16,32	1,83	1,54	-18,54	0,62	0,97	35,51	3,35	2,13	-57,54
$Q_{1,20}$	10,76	13,14	18,15	1,68	1,43	-17,74	0,62	0,90	30,87	3,18	1,97	-61,36
$Q_{1,50}$	9,69	12,02	19,40	1,54	1,31	-17,36	0,62	0,82	24,91	3,00	1,81	-65,82
$Q_{1,100}$	9,09	11,40	20,26	1,45	1,24	-16,98	0,62	0,78	21,22	2,88	1,71	-68,25

Tabela 58. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,59	0,81	26,99	13,28	14,98	11,31	2,44	2,54	3,87	18,38	20,59	10,71
$Q_{1,5}$	0,46	0,64	28,67	10,68	12,15	12,07	2,01	2,03	1,14	15,39	16,74	8,09
$Q_{1,10}$	0,40	0,58	30,00	9,63	10,85	11,25	1,90	1,81	-4,58	14,15	14,94	5,30
$Q_{1,20}$	0,36	0,53	32,20	8,87	10,02	11,45	1,84	1,68	-9,72	13,26	13,80	3,88
$Q_{1,50}$	0,32	0,49	34,24	8,14	9,17	11,27	1,81	1,54	-17,42	12,39	12,62	1,86
$Q_{1,100}$	0,30	0,47	35,83	7,71	8,70	11,38	1,80	1,46	-23,12	11,87	11,97	0,79

Tabela 59. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro e Declividade como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,98	1,17	16,03	2,88	2,17	-32,82	3,60	3,22	-11,69	5,36	4,46	-20,10
$Q_{1,5}$	0,77	0,92	17,06	2,00	1,66	-20,46	2,95	2,50	-18,21	4,15	3,54	-17,26
$Q_{1,10}$	0,69	0,84	18,08	1,66	1,45	-14,22	2,68	2,20	-21,76	3,66	3,18	-15,23
$Q_{1,20}$	0,63	0,78	18,82	1,42	1,30	-9,33	2,48	1,99	-25,01	3,32	2,93	-13,49
$Q_{1,50}$	0,59	0,73	19,44	1,20	1,15	-4,17	2,29	1,77	-28,89	2,99	2,68	-11,55
$Q_{1,100}$	0,56	0,69	19,65	1,07	1,06	-1,01	2,17	1,65	-31,83	2,80	2,54	-10,33

Tabela 59. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro e Declividade como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	2,19	1,81	-20,86	11,63	11,37	-2,22	3,59	3,54	-1,49	6,47	6,12	-5,75
$Q_{1,5}$	1,78	1,44	-23,63	9,58	9,10	-5,28	2,66	2,86	6,96	5,18	4,95	-4,55
$Q_{1,10}$	1,61	1,31	-23,07	8,69	8,19	-6,10	2,35	2,63	10,59	4,63	4,53	-2,02
$Q_{1,20}$	1,49	1,22	-22,16	8,03	7,55	-6,38	2,16	2,48	13,13	4,22	4,25	0,79
$Q_{1,50}$	1,37	1,13	-20,63	7,37	6,93	-6,33	1,98	2,35	15,44	3,81	3,99	4,49
$Q_{1,100}$	1,30	1,08	-19,70	6,96	6,57	-6,05	1,89	2,27	16,62	3,57	3,84	7,19

Tabela 59. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro e Declividade como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	18,27	19,60	6,78	2,53	2,03	-24,93	0,80	1,35	40,61	4,06	2,92	-39,33
$Q_{1,5}$	13,62	15,76	13,61	2,03	1,61	-25,83	0,64	1,07	39,63	3,57	2,32	-54,33
$Q_{1,10}$	11,90	14,20	16,14	1,83	1,47	-24,56	0,62	0,96	35,21	3,35	2,09	-60,01
$Q_{1,20}$	10,76	13,09	17,85	1,68	1,37	-23,00	0,62	0,89	30,47	3,18	1,94	-63,79
$Q_{1,50}$	9,69	12,02	19,39	1,54	1,27	-21,02	0,62	0,82	24,77	3,00	1,79	-67,28
$Q_{1,100}$	9,09	11,40	20,29	1,45	1,21	-19,73	0,62	0,78	21,14	2,88	1,70	-69,31

Tabela 59. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro e Declividade como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,59	0,86	30,99	13,28	15,86	16,23	2,44	2,16	-12,72	18,38	22,90	19,71
$Q_{1,5}$	0,46	0,67	31,46	10,68	12,65	15,56	2,01	1,74	-15,17	15,39	18,21	15,52
$Q_{1,10}$	0,40	0,60	32,90	9,63	11,32	14,96	1,90	1,60	-18,52	14,15	16,20	12,66
$Q_{1,20}$	0,36	0,55	34,46	8,87	10,37	14,43	1,84	1,51	-22,16	13,26	14,75	10,07
$Q_{1,50}$	0,32	0,51	36,08	8,14	9,44	13,79	1,81	1,43	-27,11	12,39	13,32	6,96
$Q_{1,100}$	0,30	0,48	37,25	7,71	8,90	13,37	1,80	1,38	-30,82	11,87	12,48	4,84

Tabela 60. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro, Declividade e Precipitação como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,98	1,15	14,96	2,88	2,16	-32,98	3,60	3,20	-12,58	5,36	4,40	-21,81
$Q_{1,5}$	0,77	0,90	15,25	2,00	1,66	-20,70	2,95	2,47	-19,82	4,15	3,45	-20,13
$Q_{1,10}$	0,69	0,82	16,09	1,66	1,45	-14,47	2,68	2,17	-23,60	3,66	3,10	-18,37
$Q_{1,20}$	0,63	0,76	16,79	1,42	1,30	-9,57	2,48	1,96	-26,95	3,32	2,85	-16,67
$Q_{1,50}$	0,59	0,71	17,52	1,20	1,15	-4,39	2,29	1,75	-30,81	2,99	2,61	-14,54
$Q_{1,100}$	0,56	0,68	17,85	1,07	1,06	-1,22	2,17	1,62	-33,65	2,80	2,48	-13,09

Tabela 60. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro, Declividade e Precipitação como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	2,19	1,87	-17,09	11,63	11,40	-1,99	3,59	3,51	-2,37	6,47	6,22	-4,12
$Q_{1,5}$	1,78	1,52	-17,13	9,58	9,14	-4,87	2,66	2,82	5,58	5,18	5,09	-1,80
$Q_{1,10}$	1,61	1,39	-15,91	8,69	8,23	-5,64	2,35	2,59	9,13	4,63	4,67	0,95
$Q_{1,20}$	1,49	1,30	-14,87	8,03	7,58	-5,92	2,16	2,44	11,66	4,22	4,38	3,75
$Q_{1,50}$	1,37	1,20	-13,72	7,37	6,96	-5,89	1,98	2,31	14,07	3,81	4,11	7,23
$Q_{1,100}$	1,30	1,14	-13,28	6,96	6,59	-5,63	1,89	2,24	15,36	3,57	3,95	9,68

Tabela 60. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro, Declividade e Precipitação como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	18,27	19,79	7,72	2,53	1,99	-27,22	0,80	1,37	41,34	4,06	3,02	-34,54
$Q_{1,5}$	13,62	16,03	15,08	2,03	1,56	-29,79	0,64	1,09	40,88	3,57	2,46	-45,41
$Q_{1,10}$	11,90	14,47	17,73	1,83	1,42	-28,92	0,62	0,98	36,71	3,35	2,24	-49,77
$Q_{1,20}$	10,76	13,35	19,44	1,68	1,32	-27,42	0,62	0,91	32,11	3,18	2,08	-53,04
$Q_{1,50}$	9,69	12,25	20,89	1,54	1,23	-25,19	0,62	0,84	26,48	3,00	1,91	-56,74
$Q_{1,100}$	9,09	11,61	21,68	1,45	1,18	-23,57	0,62	0,80	22,82	2,88	1,81	-59,32

Tabela 60. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Valores Característicos, utilizando o Perímetro, Declividade e Precipitação como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,59	0,86	31,04	13,28	15,77	15,76	2,44	2,10	-16,22	18,38	22,69	19,01
$Q_{1,5}$	0,46	0,67	31,54	10,68	12,53	14,75	2,01	1,65	-21,33	15,39	17,94	14,25
$Q_{1,10}$	0,40	0,60	32,99	9,63	11,20	14,06	1,90	1,51	-25,57	14,15	15,93	11,20
$Q_{1,20}$	0,36	0,55	34,55	8,87	10,26	13,50	1,84	1,42	-29,62	13,26	14,50	8,52
$Q_{1,50}$	0,32	0,51	36,17	8,14	9,34	12,89	1,81	1,35	-34,55	12,39	13,10	5,42
$Q_{1,100}$	0,30	0,48	37,33	7,71	8,81	12,52	1,80	1,31	-37,96	11,87	12,29	3,37

Tabela 61. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,98	1,22	20,01	2,88	2,43	-17,95	3,60	3,52	-7,95	5,36	5,07	6,03
$Q_{1,5}$	0,77	0,93	17,59	2,00	1,59	-7,85	2,95	2,52	-16,31	4,15	3,49	4,65
$Q_{1,10}$	0,69	0,77	10,84	1,66	1,14	-7,68	2,68	1,97	-27,01	3,66	2,64	-1,19
$Q_{1,20}$	0,63	0,64	0,42	1,42	0,76	-11,46	2,48	1,51	-41,96	3,32	1,92	-10,54
$Q_{1,50}$	0,59	0,48	-21,08	1,20	0,32	-23,25	2,29	0,99	-71,20	2,99	1,10	-30,03
$Q_{1,100}$	0,56	0,38	-46,92	1,07	0,03	-39,52	2,17	0,63	-105,52	2,80	0,54	-53,42

Tabela 61. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	2,19	2,04	-6,16	11,63	12,11	-0,12	3,59	4,21	34,70	6,47	6,94	18,73
$Q_{1,5}$	1,78	1,56	-13,56	9,58	9,33	-7,90	2,66	2,86	36,48	5,18	5,09	14,87
$Q_{1,10}$	1,61	1,30	-23,73	8,69	7,83	-17,34	2,35	2,13	32,56	4,63	4,09	8,74
$Q_{1,20}$	1,49	1,08	-38,24	8,03	6,57	-30,29	2,16	1,52	25,58	4,22	3,25	-0,15
$Q_{1,50}$	1,37	0,83	-66,82	7,37	5,13	-55,30	1,98	0,82	10,61	3,81	2,29	-17,90
$Q_{1,100}$	1,30	0,66	-100,85	6,96	4,15	-84,11	1,89	0,34	-7,54	3,57	1,64	-38,80

Tabela 61. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	18,27	21,29	20,25	2,53	2,33	1,09	0,80	1,52	45,43	4,06	3,06	-64,44
$Q_{1,5}$	13,62	15,42	22,42	2,03	1,70	-4,23	0,64	1,16	42,43	3,57	2,54	-90,15
$Q_{1,10}$	11,90	12,25	18,85	1,83	1,36	-12,88	0,62	0,96	32,74	3,35	2,27	-114,55
$Q_{1,20}$	10,76	9,58	12,18	1,68	1,07	-25,39	0,62	0,80	19,17	3,18	2,03	-145,69
$Q_{1,50}$	9,69	6,53	-2,26	1,54	0,74	-50,60	0,62	0,62	-6,22	3,00	1,77	-204,13
$Q_{1,100}$	9,09	4,46	-19,57	1,45	0,51	-80,54	0,62	0,49	-34,55	2,88	1,58	-271,20

Tabela 61. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando a Área como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,59	0,99	42,12	13,28	16,44	9,37	2,44	2,39	-5,74	18,38	23,07	3,80
$Q_{1,5}$	0,46	0,71	40,88	10,68	12,92	4,76	2,01	1,93	-14,38	15,39	18,47	-5,14
$Q_{1,10}$	0,40	0,56	37,35	9,63	11,02	-2,83	1,90	1,68	-30,26	14,15	16,00	-15,74
$Q_{1,20}$	0,36	0,43	31,85	8,87	9,43	-13,77	1,84	1,47	-52,85	13,26	13,92	-30,07
$Q_{1,50}$	0,32	0,28	19,79	8,14	7,61	-35,39	1,81	1,23	-97,18	12,39	11,54	-57,30
$Q_{1,100}$	0,30	0,18	5,26	7,71	6,37	-60,52	1,80	1,07	-148,83	11,87	9,93	-88,28

Tabela 62. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,98	1,40	30,21	2,88	1,88	-53,14	3,60	2,95	-21,84	5,36	4,80	-11,55
$Q_{1,5}$	0,77	1,04	26,45	2,00	1,40	-43,07	2,95	2,21	-33,57	4,15	3,61	-14,74
$Q_{1,10}$	0,69	0,85	18,82	1,66	1,14	-45,55	2,68	1,81	-48,07	3,66	2,97	-23,20
$Q_{1,20}$	0,63	0,68	7,02	1,42	0,92	-54,26	2,48	1,47	-68,62	3,32	2,43	-36,54
$Q_{1,50}$	0,59	0,49	-18,59	1,20	0,67	-78,29	2,29	1,09	-110,56	2,99	1,82	-64,94
$Q_{1,100}$	0,56	0,37	-52,39	1,07	0,50	-112,69	2,17	0,82	-163,27	2,80	1,40	-100,62

Tabela 62. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	2,19	2,17	-0,82	11,63	12,15	4,30	3,59	4,63	22,47	6,47	7,62	15,01
$Q_{1,5}$	1,78	1,62	-9,96	9,58	9,24	-3,73	2,66	3,48	23,54	5,18	5,76	10,11
$Q_{1,10}$	1,61	1,32	-21,84	8,69	7,67	-13,36	2,35	2,87	17,84	4,63	4,76	2,85
$Q_{1,20}$	1,49	1,07	-39,04	8,03	6,35	-26,60	2,16	2,34	7,99	4,22	3,92	-7,68
$Q_{1,50}$	1,37	0,78	-74,57	7,37	4,83	-52,48	1,98	1,75	-13,56	3,81	2,95	-29,09
$Q_{1,100}$	1,30	0,59	-120,24	6,96	3,81	-82,87	1,89	1,34	-40,94	3,57	2,30	-55,12

Tabela 62. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	18,27	20,83	12,31	2,53	2,43	-4,31	0,80	1,55	48,09	4,06	3,31	-22,56
$Q_{1,5}$	13,62	15,93	14,51	2,03	1,81	-12,00	0,64	1,15	44,00	3,57	2,48	-43,89
$Q_{1,10}$	11,90	13,29	10,41	1,83	1,48	-23,29	0,62	0,93	33,30	3,35	2,04	-64,50
$Q_{1,20}$	10,76	11,07	2,81	1,68	1,20	-39,77	0,62	0,75	17,85	3,18	1,66	-91,46
$Q_{1,50}$	9,69	8,53	-13,66	1,54	0,88	-74,39	0,62	0,55	-13,07	3,00	1,23	-144,28
$Q_{1,100}$	9,09	6,81	-33,53	1,45	0,67	-118,64	0,62	0,41	-51,38	2,88	0,93	-208,85

Tabela 62. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando o Perímetro como variável independente, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m³/s)	Vazão Estimada (m³/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,59	0,94	36,78	13,28	16,02	17,10	2,44	2,84	14,24	18,38	21,84	15,84
$Q_{1,5}$	0,46	0,69	33,66	10,68	12,22	12,57	2,01	2,13	5,67	15,39	16,71	7,91
$Q_{1,10}$	0,40	0,56	28,02	9,63	10,17	5,33	1,90	1,74	-8,99	14,15	13,94	-1,46
$Q_{1,20}$	0,36	0,45	19,31	8,87	8,44	-5,11	1,84	1,42	-30,21	13,26	11,62	-14,13
$Q_{1,50}$	0,32	0,32	-0,62	8,14	6,47	-25,85	1,81	1,04	-73,70	12,39	8,96	-38,26
$Q_{1,100}$	0,30	0,24	-27,49	7,71	5,13	-50,21	1,80	0,79	-128,00	11,87	7,16	-65,77

Tabela 63. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando o Perímetro e Declividade como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,98	1,34	26,76	2,88	2,36	-21,90	3,60	3,50	-2,83	5,36	4,90	-9,43
$Q_{1,5}$	0,77	1,00	23,49	2,00	1,68	-19,14	2,95	2,54	-16,41	4,15	3,67	-12,93
$Q_{1,10}$	0,69	0,82	16,21	1,66	1,31	-26,42	2,68	2,02	-32,89	3,66	3,01	-21,61
$Q_{1,20}$	0,63	0,67	4,99	1,42	1,00	-41,78	2,48	1,58	-57,27	3,32	2,46	-35,28
$Q_{1,50}$	0,59	0,49	-18,82	1,20	0,65	-84,85	2,29	1,08	-112,34	2,99	1,82	-64,55
$Q_{1,100}$	0,56	0,37	-49,04	1,07	0,41	-162,29	2,17	0,74	-194,49	2,80	1,39	-101,82

Tabela 63. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando o Perímetro e Declividade como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	2,19	2,05	-6,55	11,63	12,20	4,72	3,59	3,99	10,01	6,47	6,78	4,48
$Q_{1,5}$	1,78	1,55	-15,07	9,58	9,27	-3,35	2,66	3,08	13,43	5,18	5,23	0,91
$Q_{1,10}$	1,61	1,27	-26,39	8,69	7,69	-13,00	2,35	2,59	8,95	4,63	4,39	-5,34
$Q_{1,20}$	1,49	1,04	-42,65	8,03	6,36	-26,30	2,16	2,17	0,65	4,22	3,69	-14,45
$Q_{1,50}$	1,37	0,78	-75,38	7,37	4,84	-52,31	1,98	1,70	-16,94	3,81	2,88	-32,33
$Q_{1,100}$	1,30	0,60	-115,73	6,96	3,81	-82,93	1,89	1,38	-37,58	3,57	2,34	-52,75

Tabela 63. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando o Perímetro e Declividade como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	18,27	20,74	11,94	2,53	2,29	-10,44	0,80	1,53	47,72	4,06	3,25	-24,94
$Q_{1,5}$	13,62	15,87	14,21	2,03	1,73	-17,38	0,64	1,14	43,68	3,57	2,45	-46,17
$Q_{1,10}$	11,90	13,25	10,15	1,83	1,43	-28,06	0,62	0,93	33,00	3,35	2,01	-66,60
$Q_{1,20}$	10,76	11,05	2,62	1,68	1,17	-43,56	0,62	0,75	17,61	3,18	1,64	-93,17
$Q_{1,50}$	9,69	8,52	-13,72	1,54	0,88	-75,33	0,62	0,55	-13,06	3,00	1,22	-144,68
$Q_{1,100}$	9,09	6,82	-33,38	1,45	0,68	-114,26	0,62	0,41	-50,79	2,88	0,94	-206,69

Tabela 63. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando o Perímetro e Declividade como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,59	0,98	39,58	13,28	16,78	20,81	2,44	2,47	1,23	18,38	23,86	22,95
$Q_{1,5}$	0,46	0,72	36,05	10,68	12,69	15,84	2,01	1,89	-6,04	15,39	17,98	14,43
$Q_{1,10}$	0,40	0,58	30,06	9,63	10,49	8,27	1,90	1,58	-19,99	14,15	14,82	4,51
$Q_{1,20}$	0,36	0,46	20,79	8,87	8,64	-2,67	1,84	1,32	-39,69	13,26	12,15	-9,11
$Q_{1,50}$	0,32	0,32	-0,86	8,14	6,52	-24,77	1,81	1,02	-77,63	12,39	9,11	-36,03
$Q_{1,100}$	0,30	0,23	-31,42	7,71	5,09	-51,43	1,80	0,82	-120,61	11,87	7,05	-68,49

Tabela 64. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando a Área, Perímetro e Declividade como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas.

Funções Regionais	Usina Fortaleza			Iúna			Terra Corrida			Itaici		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,98	1,30	24,75	2,88	2,43	-18,41	3,60	3,52	-2,19	5,36	5,07	-5,60
$Q_{1,5}$	0,77	1,03	25,30	2,00	1,59	-25,64	2,95	2,52	-17,45	4,15	3,49	-18,76
$Q_{1,10}$	0,69	0,88	21,63	1,66	1,14	-45,42	2,68	1,97	-36,00	3,66	2,64	-38,80
$Q_{1,20}$	0,63	0,75	15,60	1,42	0,76	-87,05	2,48	1,51	-64,13	3,32	1,92	-72,96
$Q_{1,50}$	0,59	0,61	3,68	1,20	0,32	-270,11	2,29	0,99	-131,42	2,99	1,10	-172,59
$Q_{1,100}$	0,56	0,51	-9,24	1,07	0,03	-3752,26	2,17	0,63	-243,05	2,80	0,54	-417,90

Tabela 64. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando a Área, Perímetro e Declividade como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	Ibitirama			Rive			Castelo			Usina São Miguel		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	2,19	2,04	-7,27	11,63	12,11	4,03	3,59	4,21	14,77	6,47	6,94	6,79
$Q_{1,5}$	1,78	1,56	-14,29	9,58	9,33	-2,68	2,66	2,86	6,91	5,18	5,09	-1,70
$Q_{1,10}$	1,61	1,30	-24,10	8,69	7,83	-10,97	2,35	2,13	-10,36	4,63	4,09	-12,98
$Q_{1,20}$	1,49	1,08	-38,07	8,03	6,57	-22,27	2,16	1,52	-41,93	4,22	3,25	-29,69
$Q_{1,50}$	1,37	0,83	-65,36	7,37	5,13	-43,74	1,98	0,82	-142,86	3,81	2,29	-66,36
$Q_{1,100}$	1,30	0,66	-97,39	6,96	4,15	-67,84	1,89	0,34	-455,02	3,57	1,64	-117,47

Tabela 64. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando a Área, Perímetro e Declividade como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	Coutinho			Caiana			Dores do Rio Preto			Guaçuí		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	18,27	21,29	14,21	2,53	2,33	-8,64	0,80	1,52	47,05	4,06	3,06	-32,87
$Q_{1,5}$	13,62	15,42	11,68	2,03	1,70	-19,65	0,64	1,16	44,43	3,57	2,54	-40,57
$Q_{1,10}$	11,90	12,25	2,81	1,83	1,36	-34,79	0,62	0,96	35,37	3,35	2,27	-47,84
$Q_{1,20}$	10,76	9,58	-12,26	1,68	1,07	-57,48	0,62	0,80	22,74	3,18	2,03	-56,30
$Q_{1,50}$	9,69	6,53	-48,50	1,54	0,74	-108,75	0,62	0,62	-0,55	3,00	1,77	-69,79
$Q_{1,100}$	9,09	4,46	-103,98	1,45	0,51	-183,38	0,62	0,49	-26,00	2,88	1,58	-82,09

Tabela 64. Desvio (%) entre as vazões obtidas por meio do Método dos Parâmetros, utilizando a Área, Perímetro e Declividade como variáveis independentes, e as vazões reais obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas (Continuação).

Funções Regionais	São José do Calçado			Ponte do Itabapoana			Mimoso do Sul			Santa Cruz		
	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)	Vazão Real (m^3/s)	Vazão Estimada (m^3/s)	Desvio (%)
$Q_{1,2}$	0,59	0,99	40,17	13,28	16,44	19,18	2,44	2,39	-1,81	18,38	23,07	20,31
$Q_{1,5}$	0,46	0,71	35,20	10,68	12,92	17,30	2,01	1,93	-3,82	15,39	18,47	16,71
$Q_{1,10}$	0,40	0,56	27,57	9,63	11,02	12,67	1,90	1,68	-12,71	14,15	16,00	11,57
$Q_{1,20}$	0,36	0,43	15,50	8,87	9,43	5,88	1,84	1,47	-25,08	13,26	13,92	4,72
$Q_{1,50}$	0,32	0,28	-14,72	8,14	7,61	-7,03	1,81	1,23	-46,86	12,39	11,54	-7,36
$Q_{1,100}$	0,30	0,18	-64,33	7,71	6,37	-20,97	1,80	1,07	-68,26	11,87	9,93	-19,56

APÊNDICE 6 – COMPARAÇÕES GRÁFICAS ENTRE AS MELHORES COMBINAÇÕES DE VARIÁVEIS INDEPENDENTES DOS MÉTODOS DOS VALORES CARACTERÍSTICOS E DA CURVA EXPONENCIAL E A VAZÃO REAL PARA A REGIONALIZAÇÃO DA CURVA DE PERMANÊNCIA DE VAZÕES.

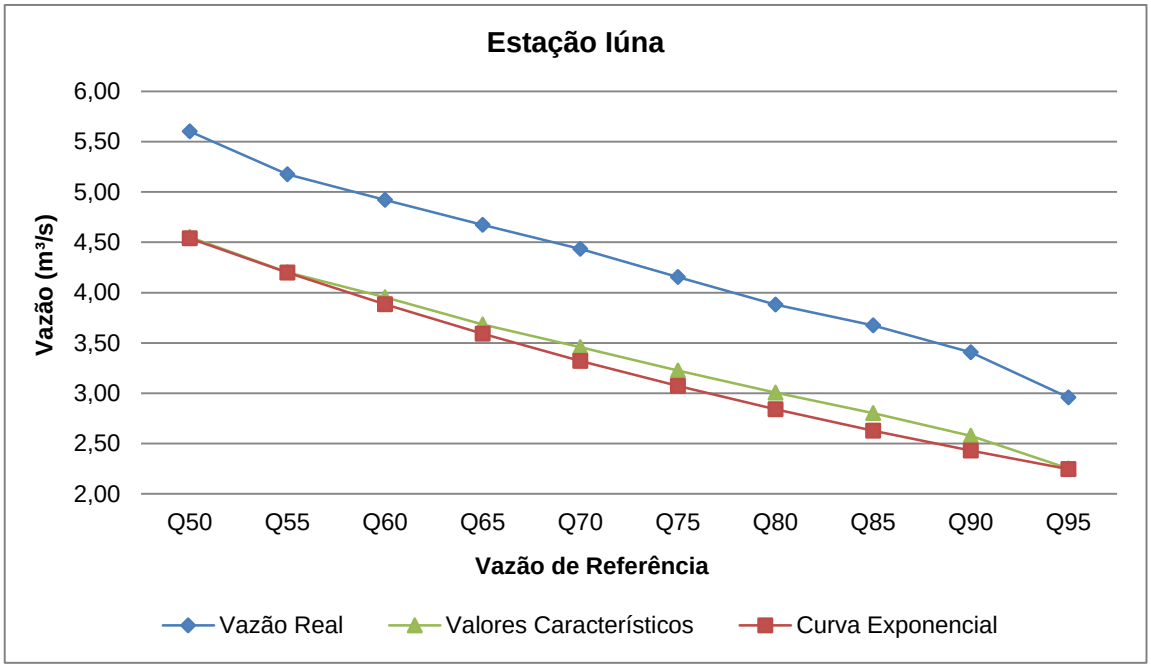

Figura 42. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Iúna.

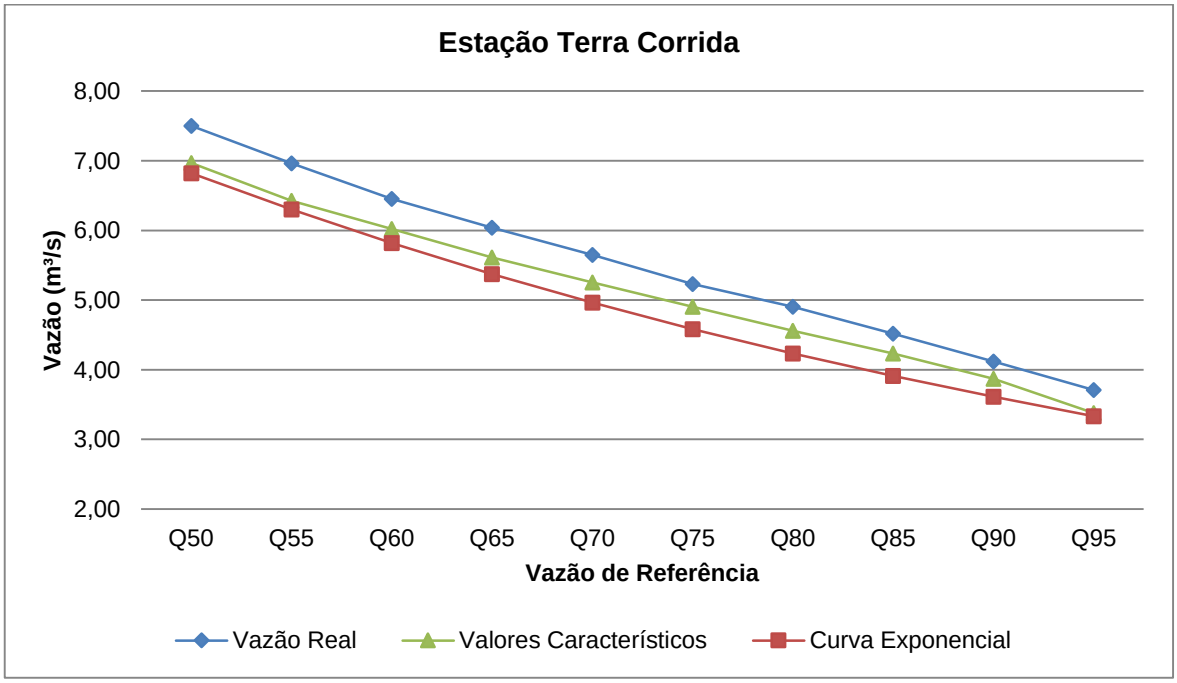

Figura 43. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Terra Corrida.

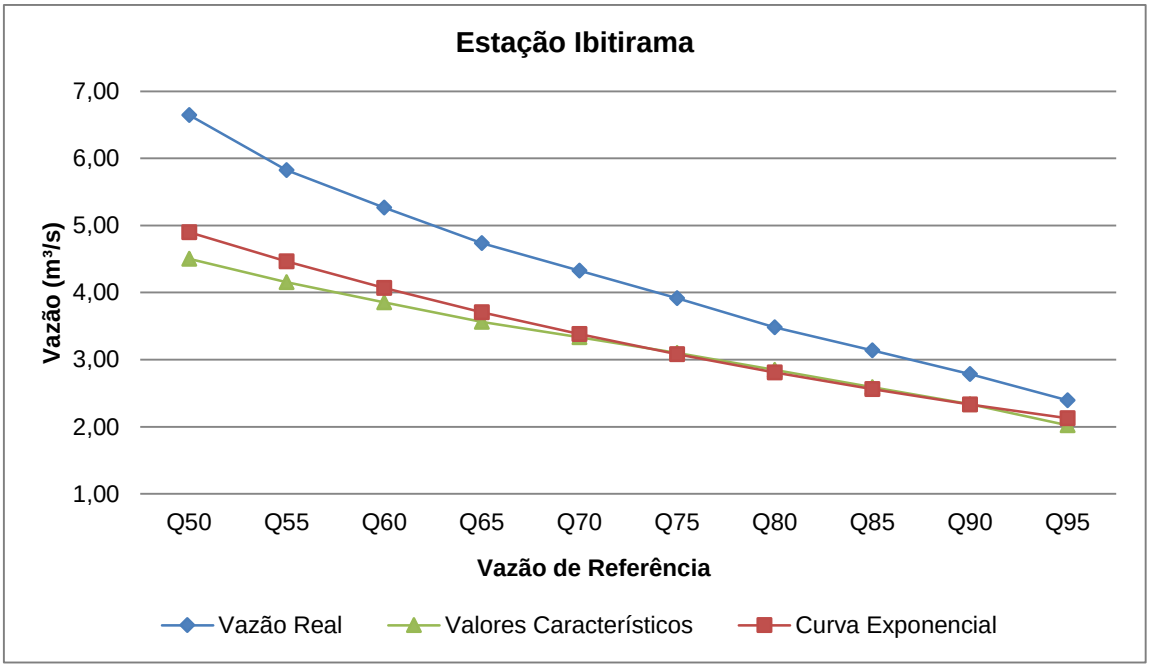

Figura 44. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Ibitirama.

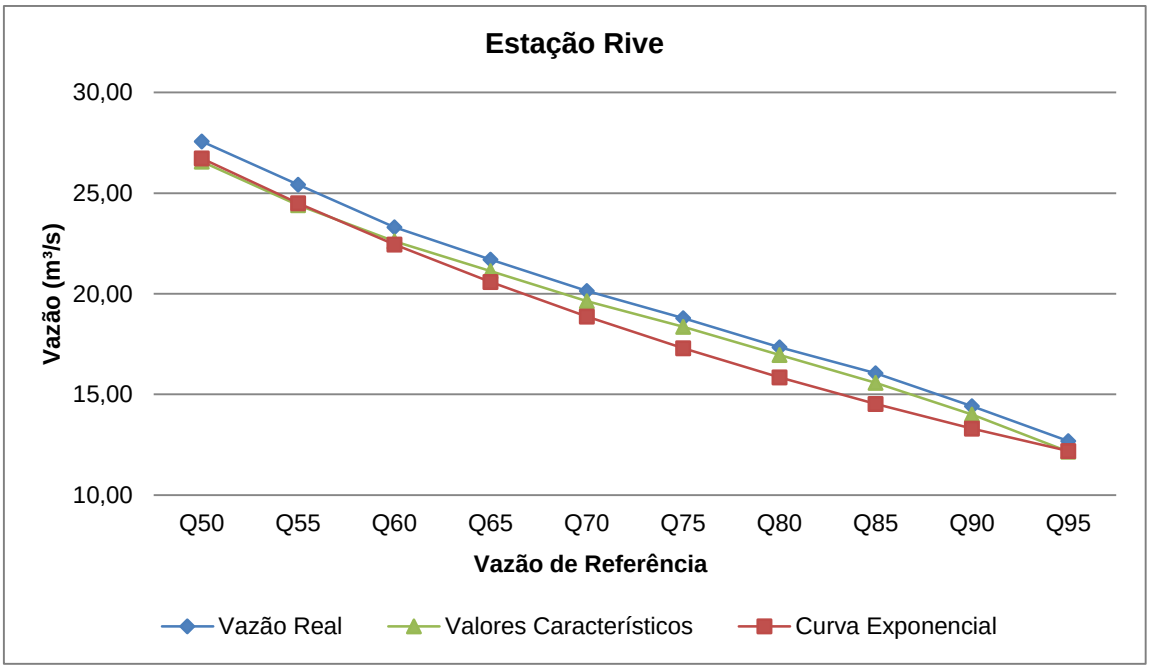

Figura 45. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Rive.

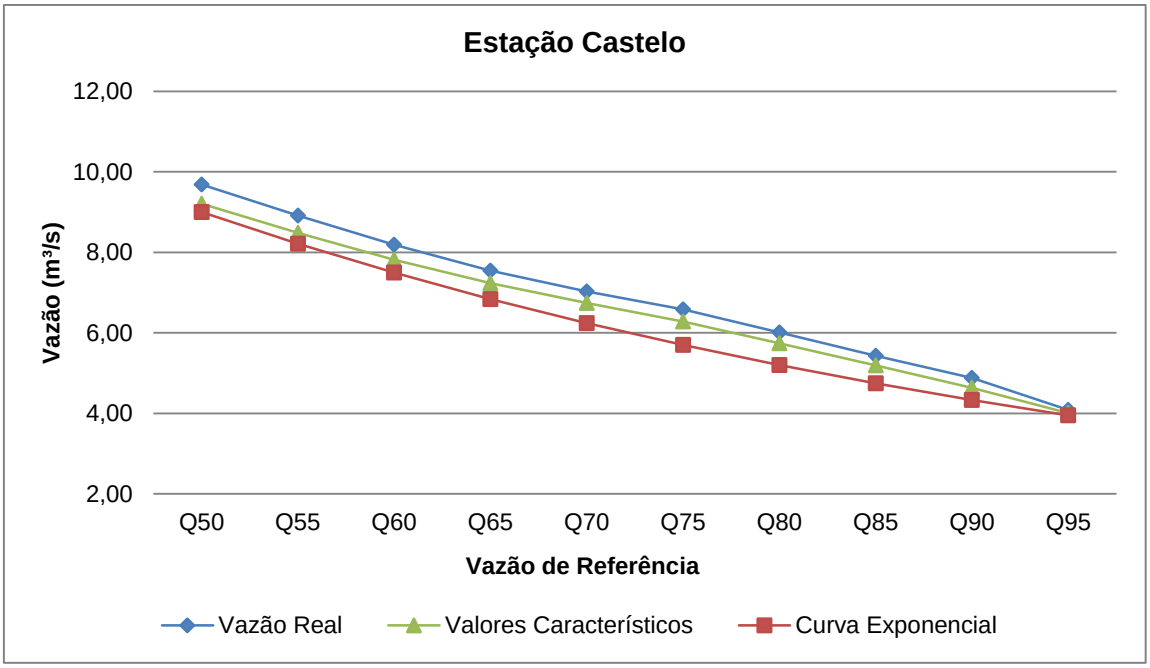

Figura 46. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Castelo.

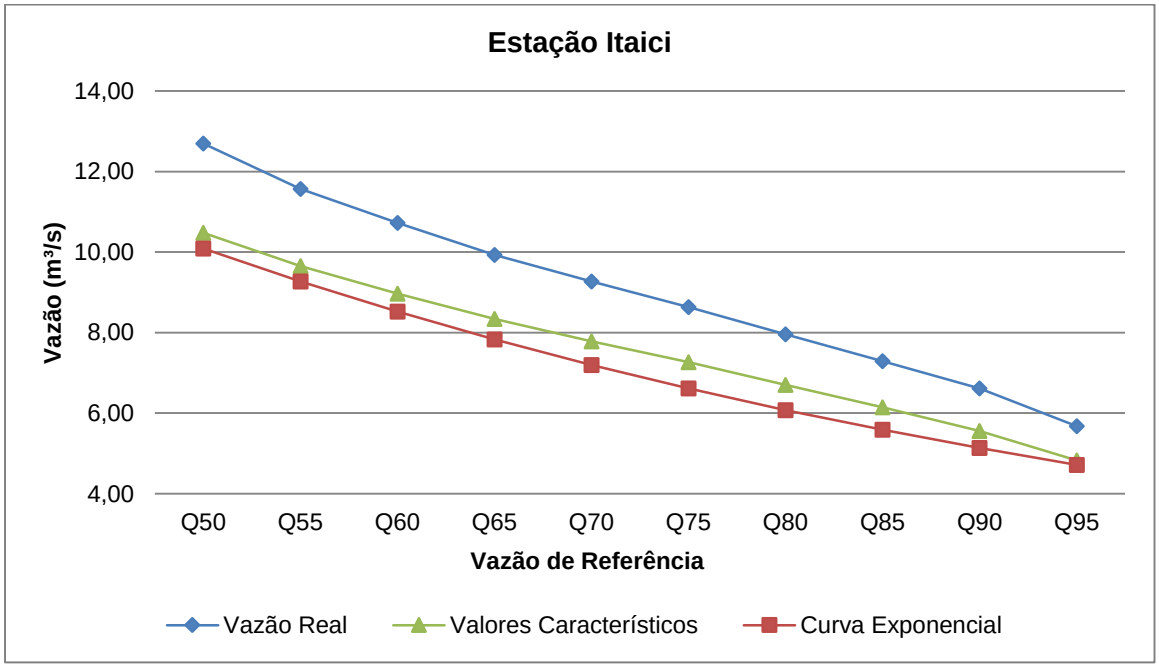

Figura 47. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Itaici.

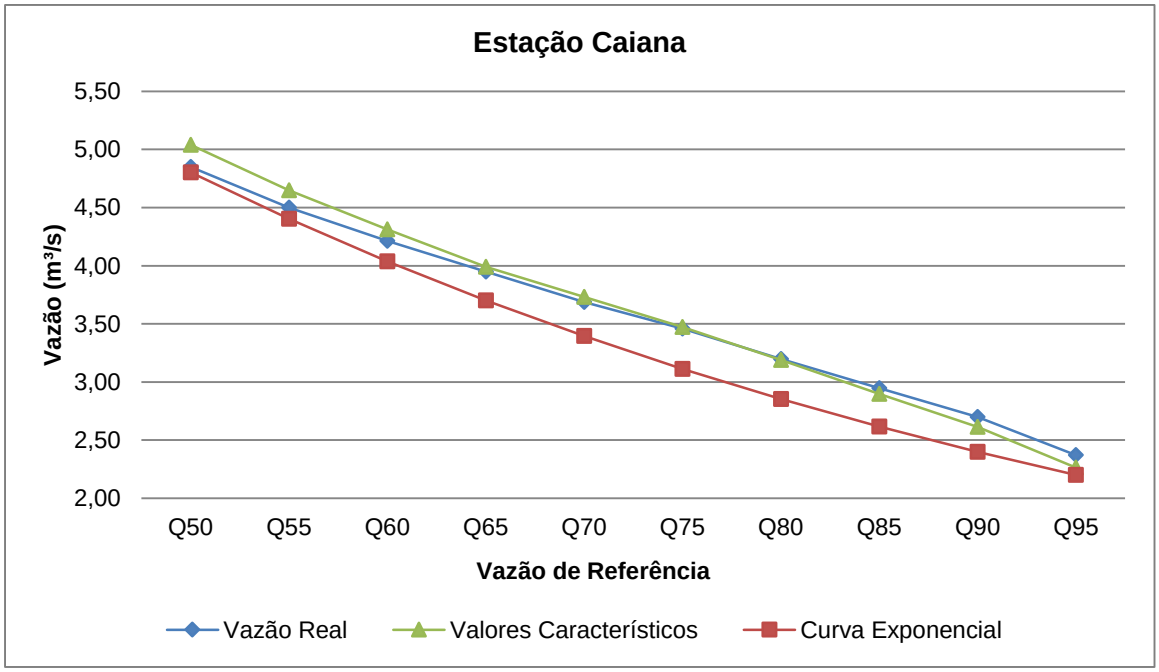

Figura 48. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Caiana.

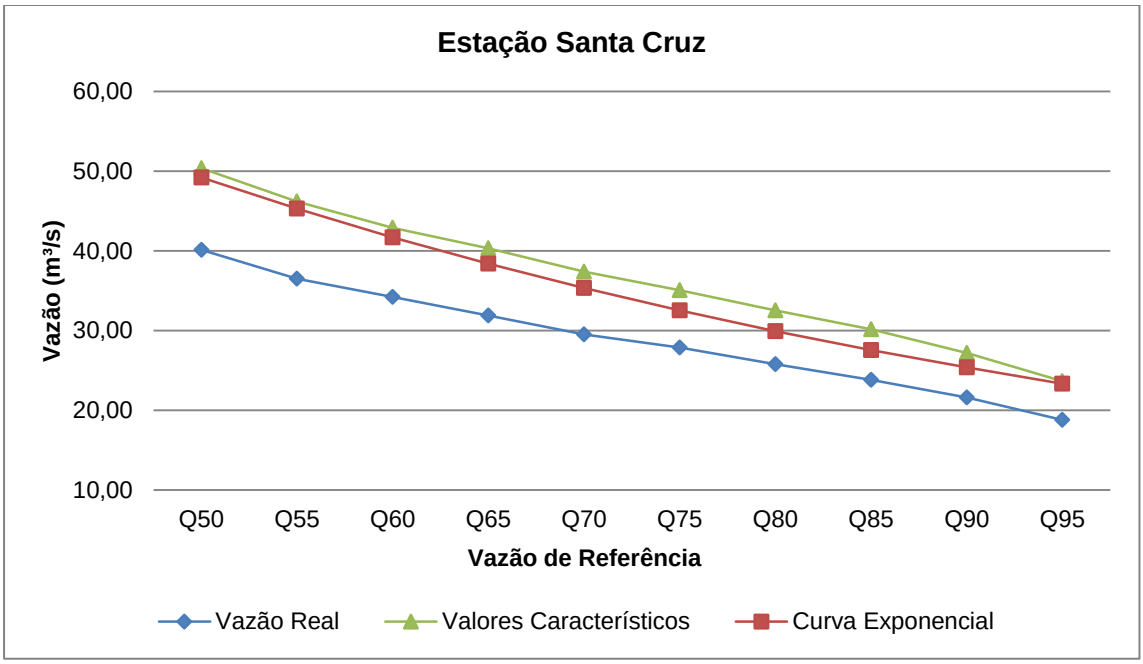

Figura 49. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Santa Cruz.

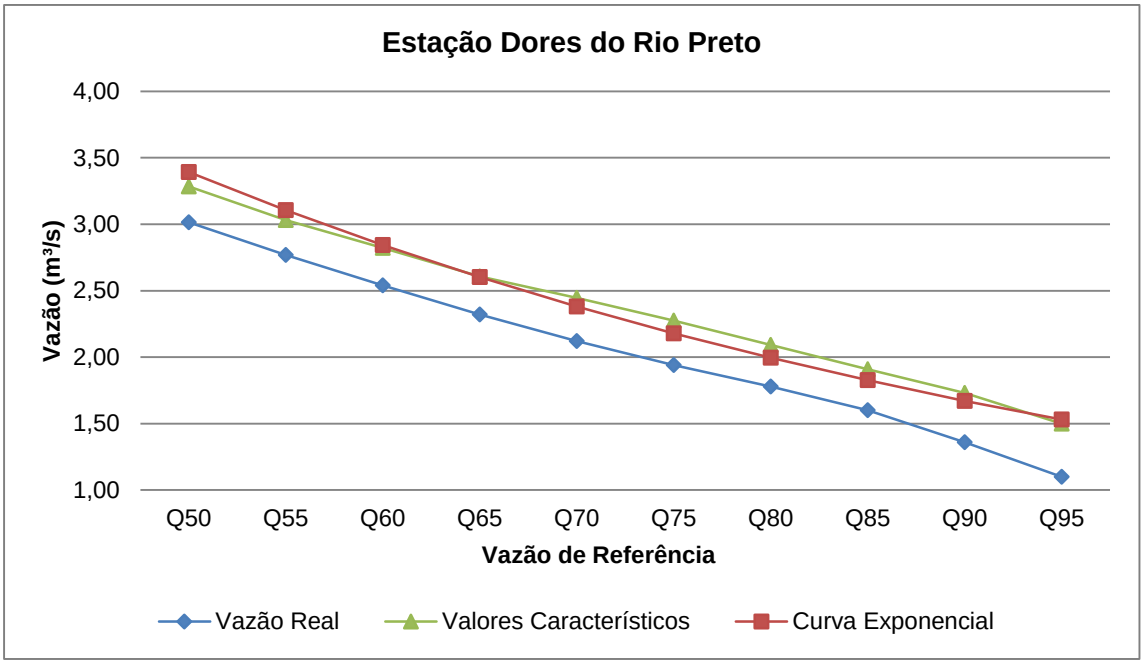

Figura 50. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Dores do Rio Preto.

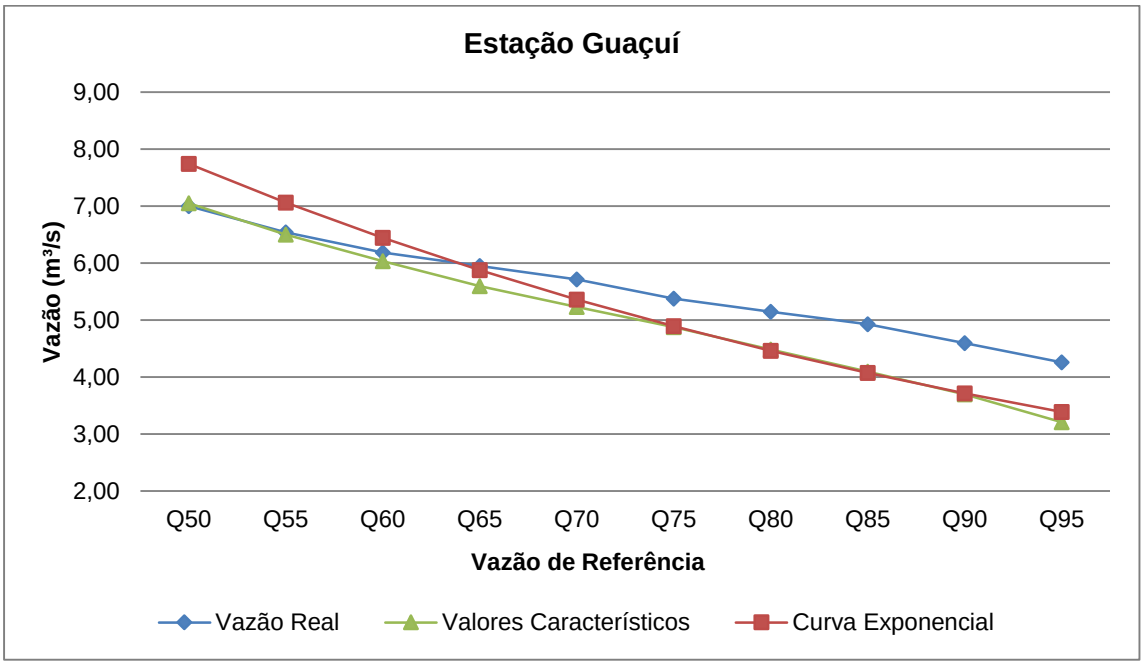

Figura 51. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Guaçuí.

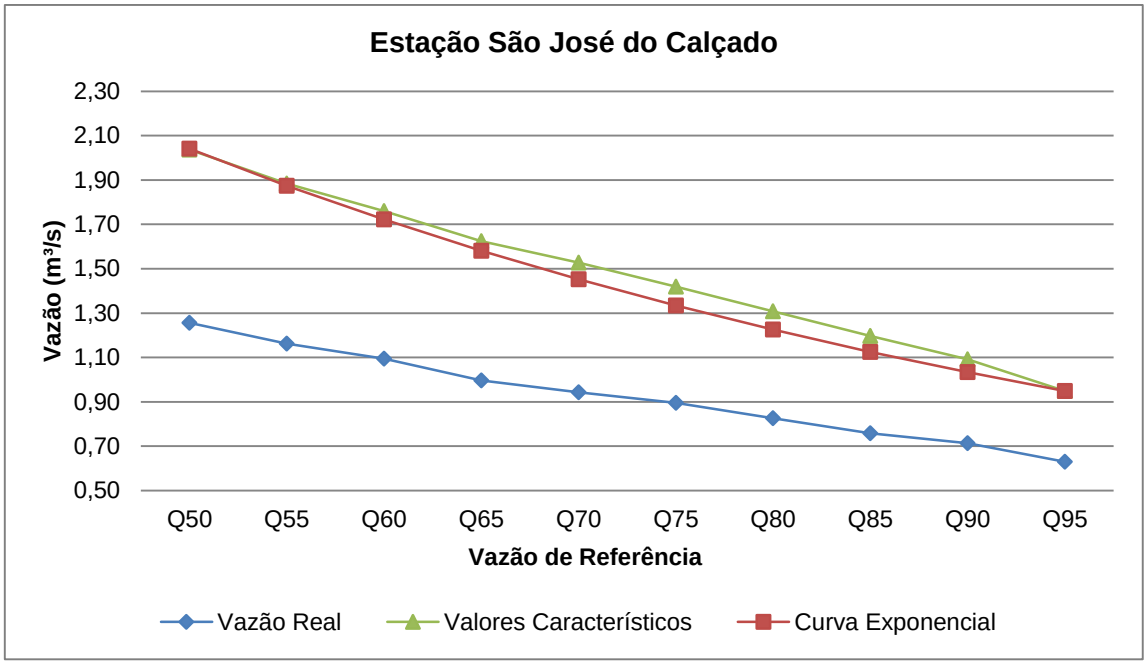

Figura 52. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação São José do Calçado.

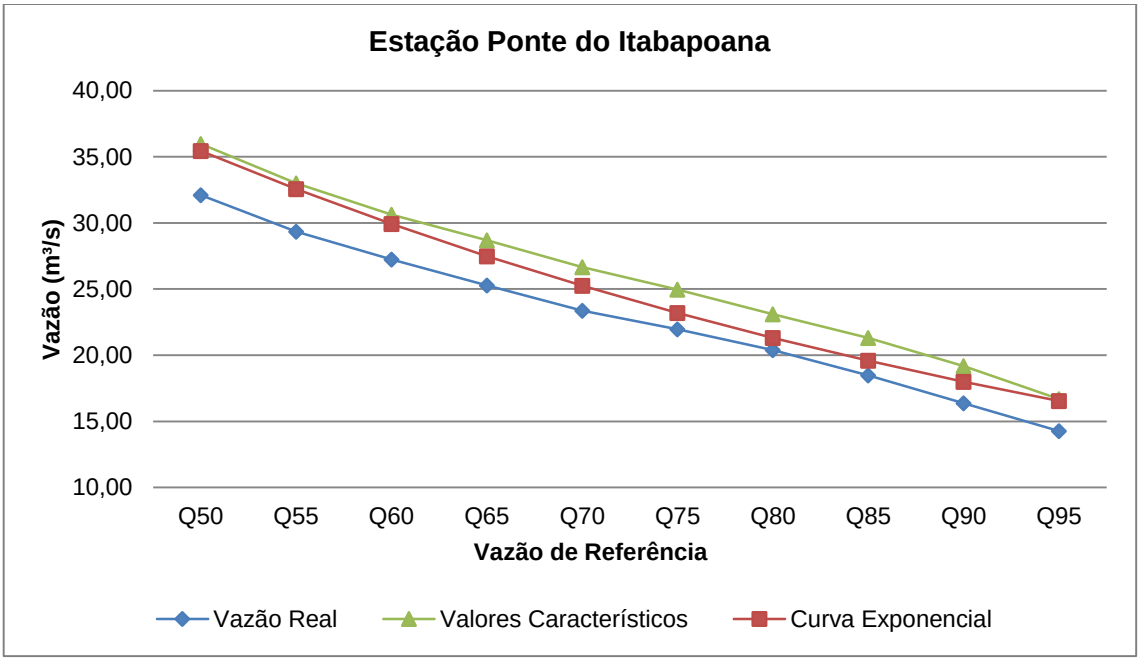

Figura 53. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Ponte do Itabapoana.

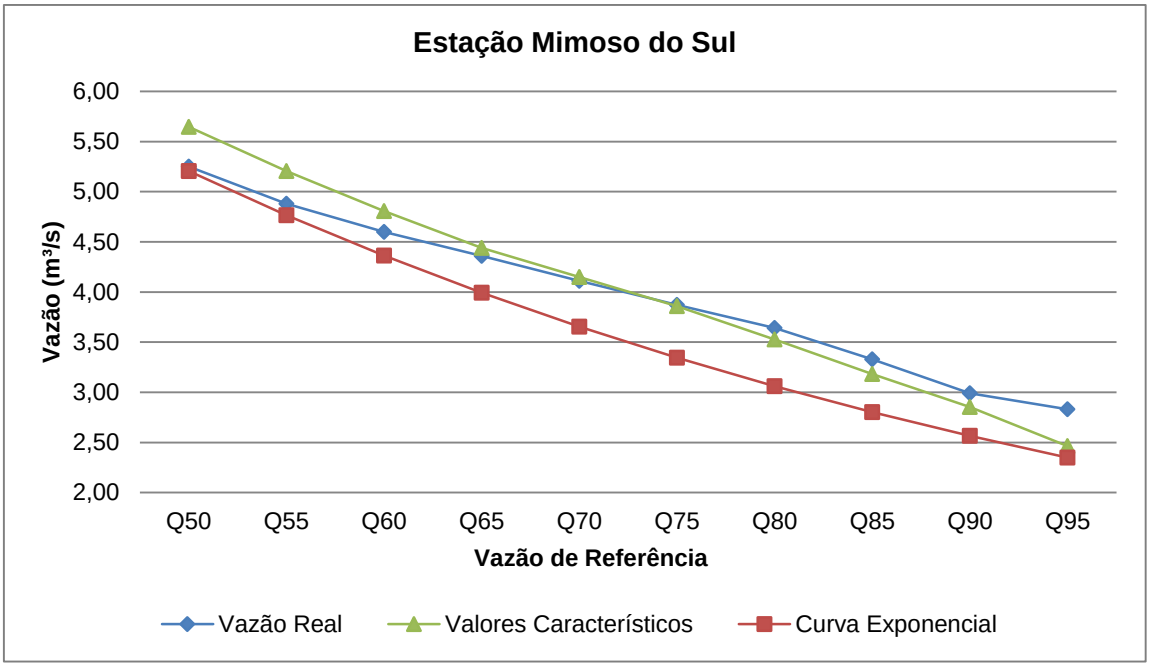

Figura 54. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de permanência real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método da Curva Exponencial para a estação Mimoso do Sul.

APÊNDICE 7 – COMPARAÇÕES GRÁFICAS ENTRE AS MELHORES COMBINAÇÕES DE VARIÁVEIS INDEPENDENTES DOS MÉTODOS DOS VALORES CARACTERÍSTICOS E DOS PARÂMETROS E A VAZÃO REAL PARA A REGIONALIZAÇÃO DA CURVA DE PROBABILIDADE DE VAZÕES MÍNIMAS.

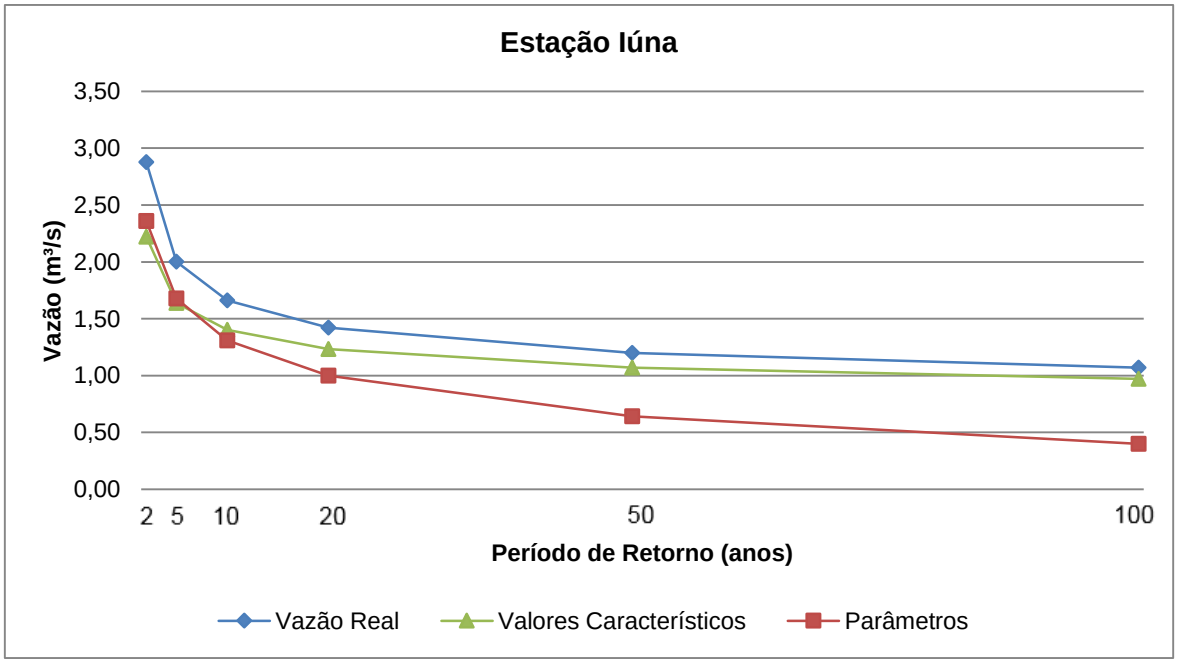

Figura 55. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Iúna.

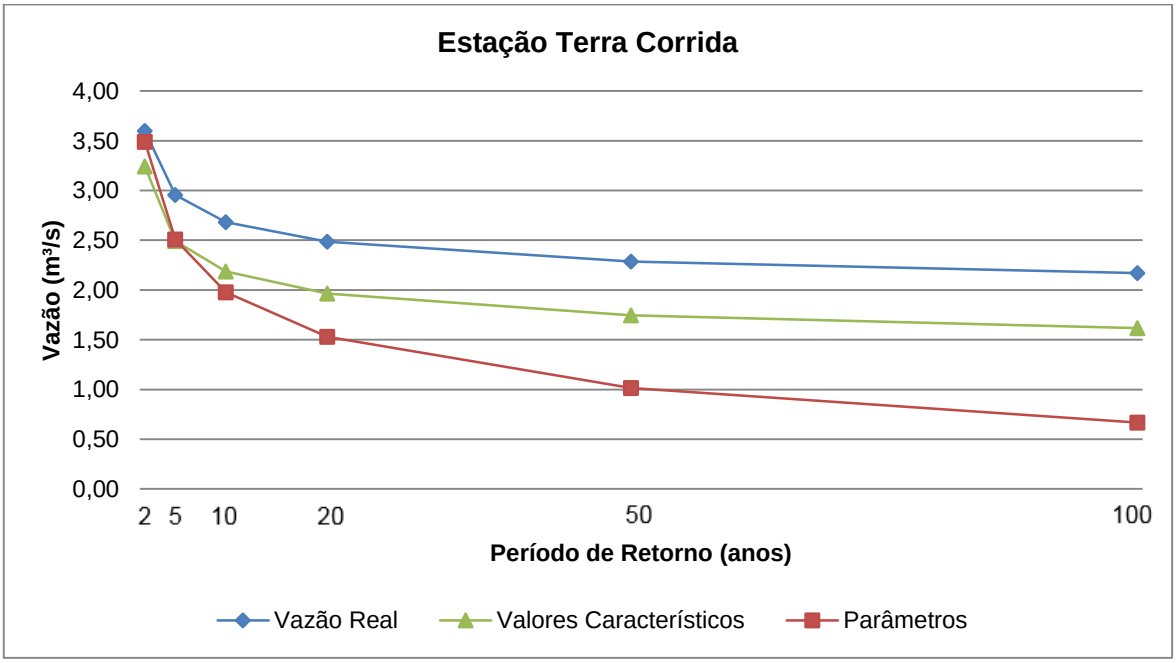

Figura 56. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Terra Corrida.

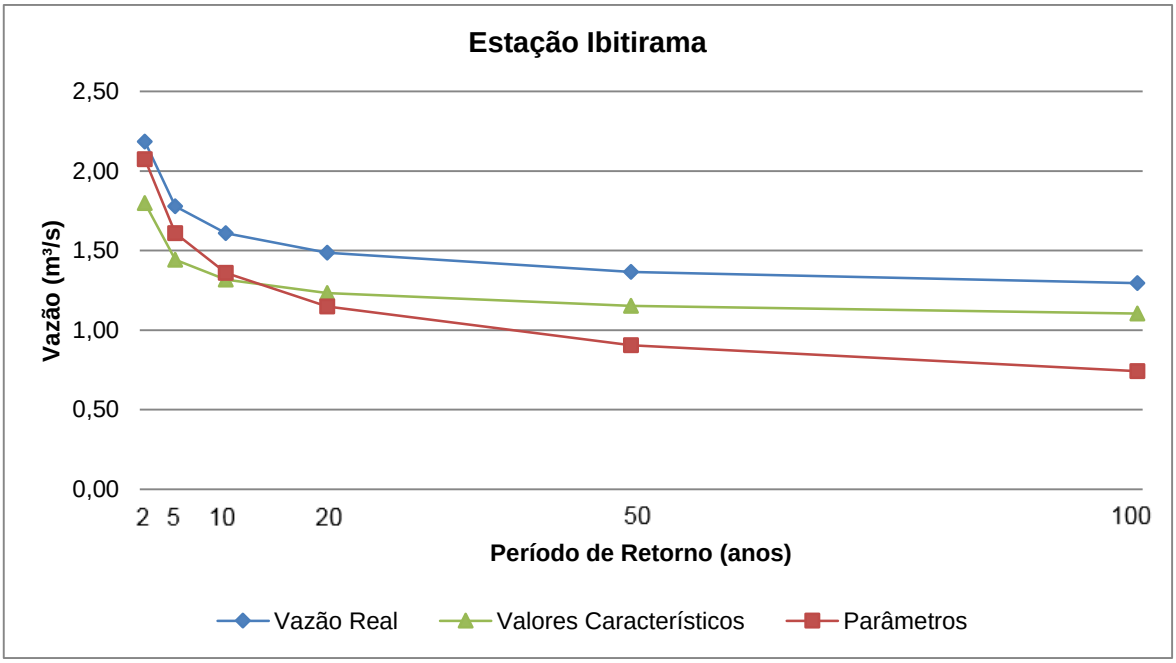

Figura 57. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Ibitirama.

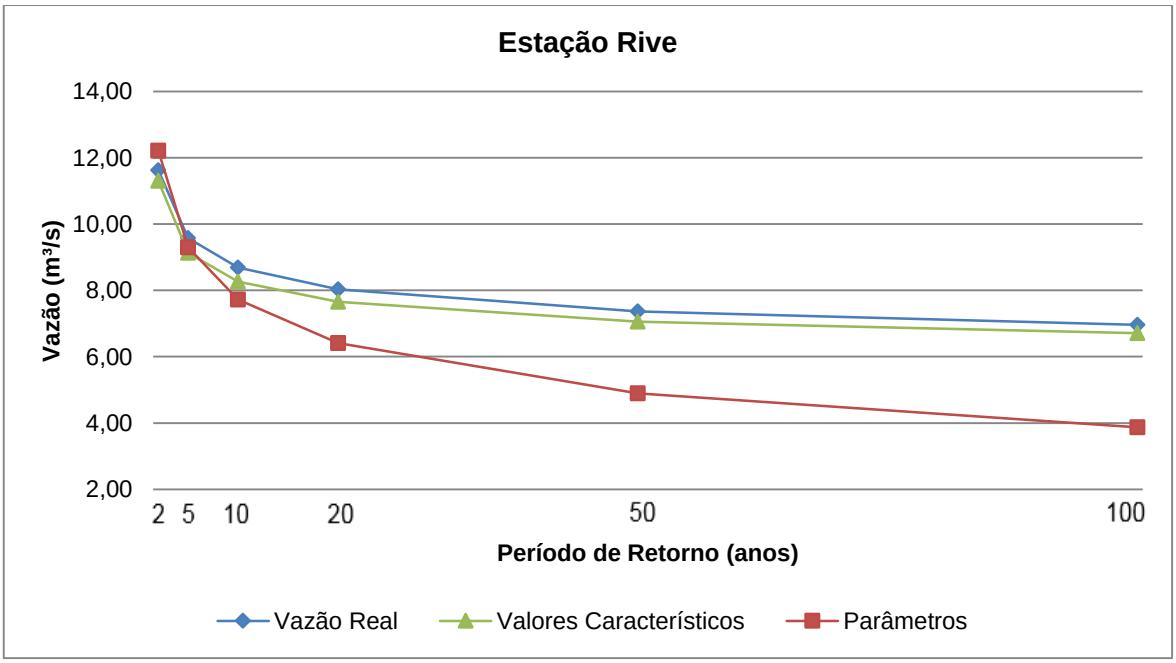

Figura 58. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Rive.

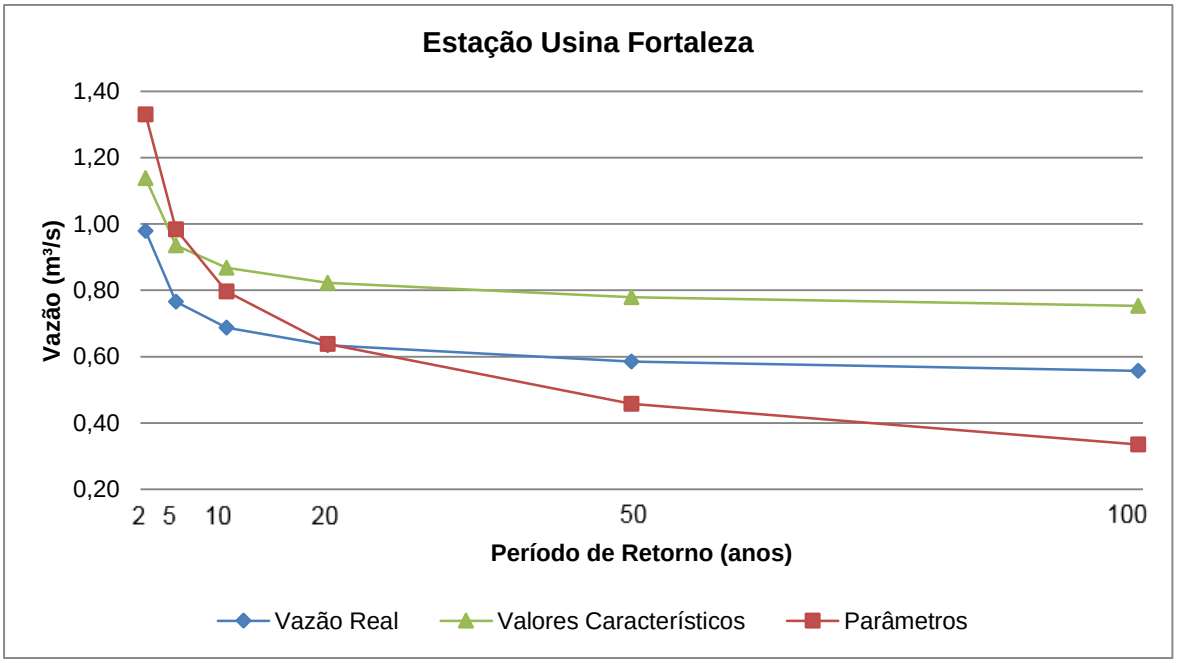

Figura 59. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Usina Fortaleza.

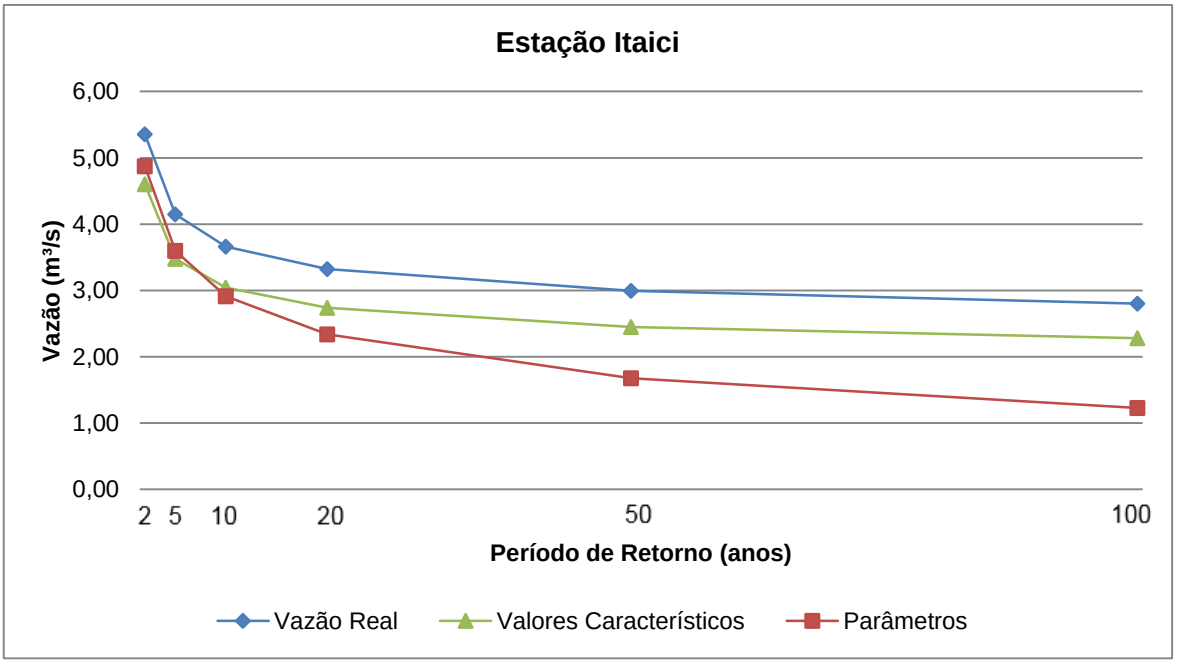

Figura 60. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Itaici.

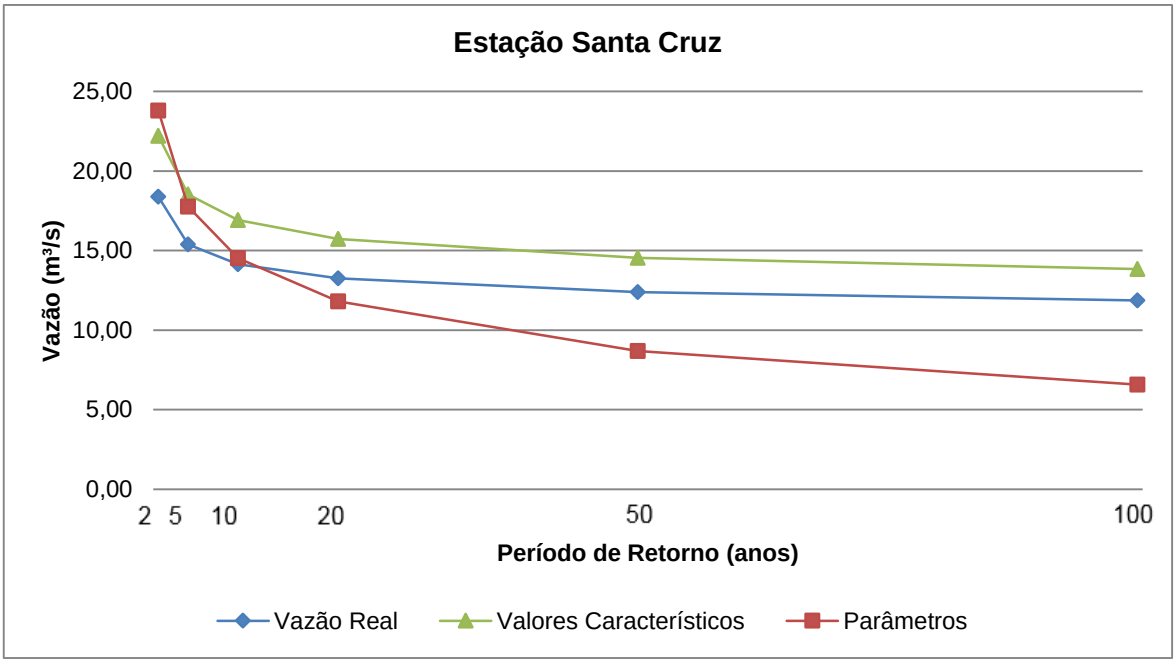

Figura 61. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Santa Cruz.

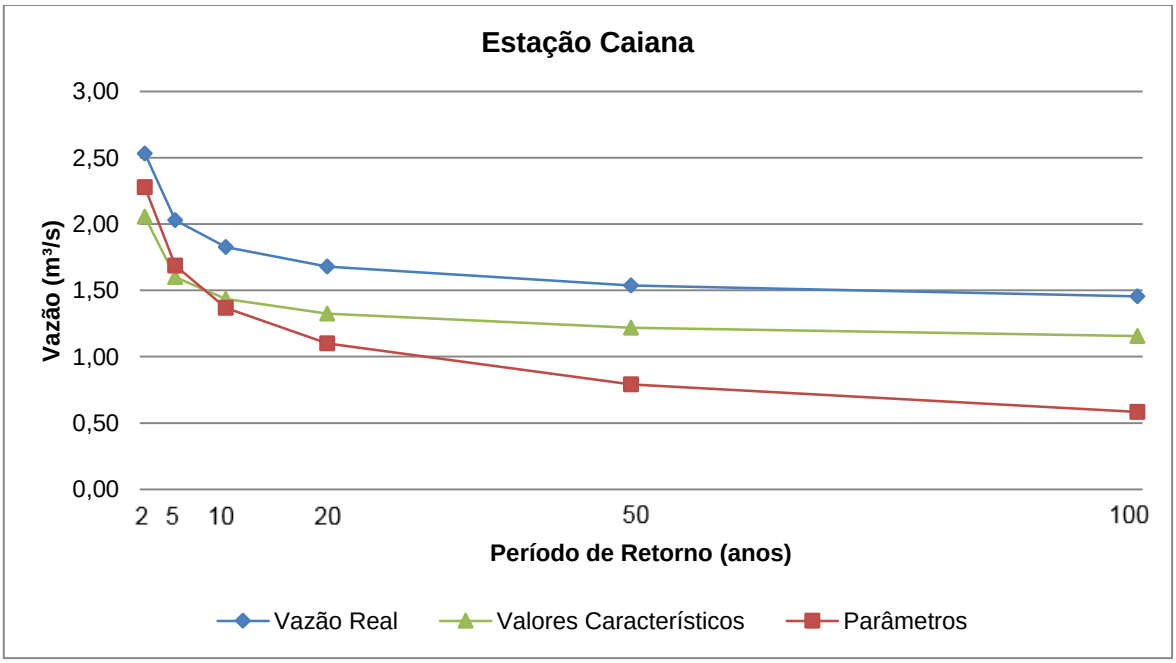

Figura 62. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Caiana.

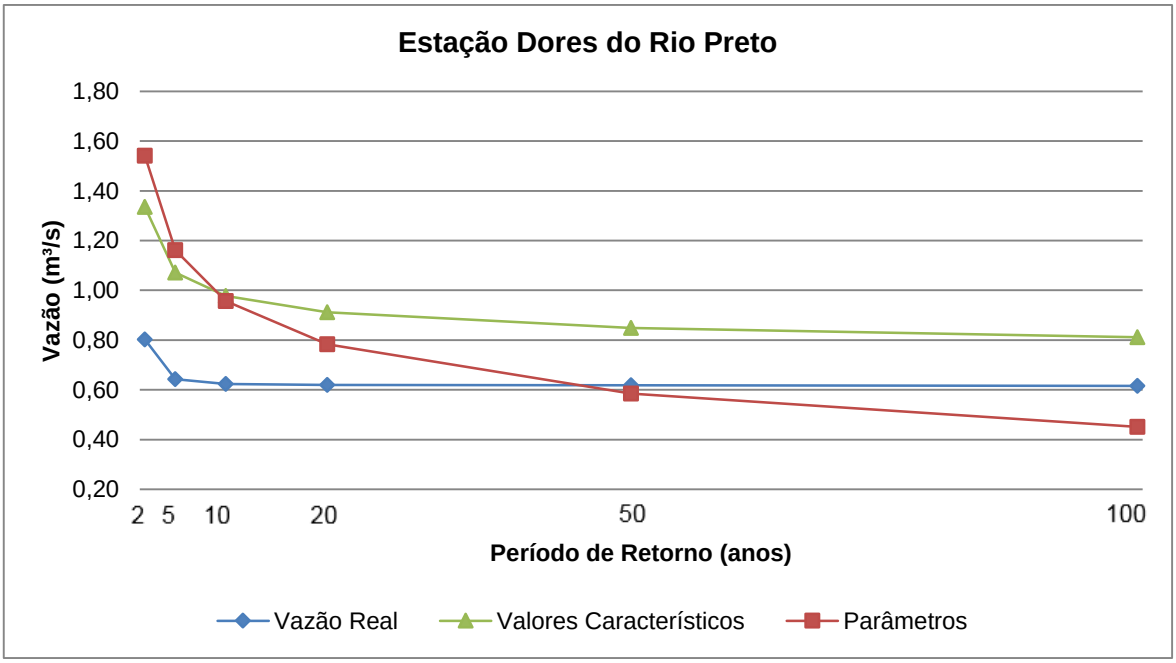

Figura 63. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Dores do Rio Preto.

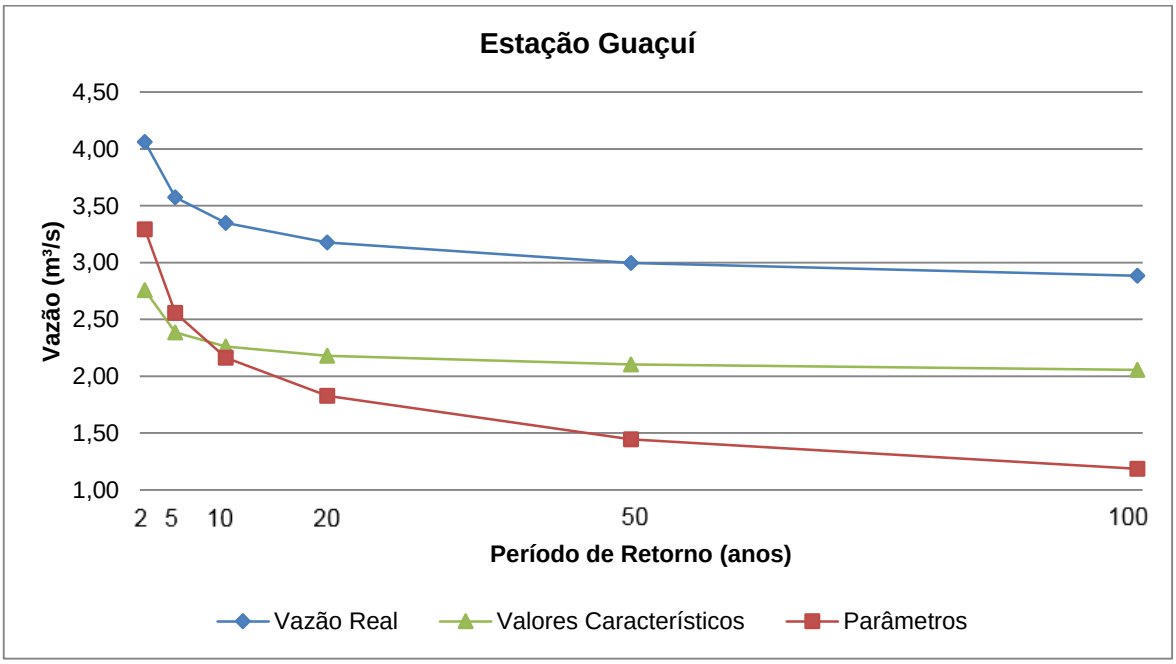

Figura 64. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Guaçuí.

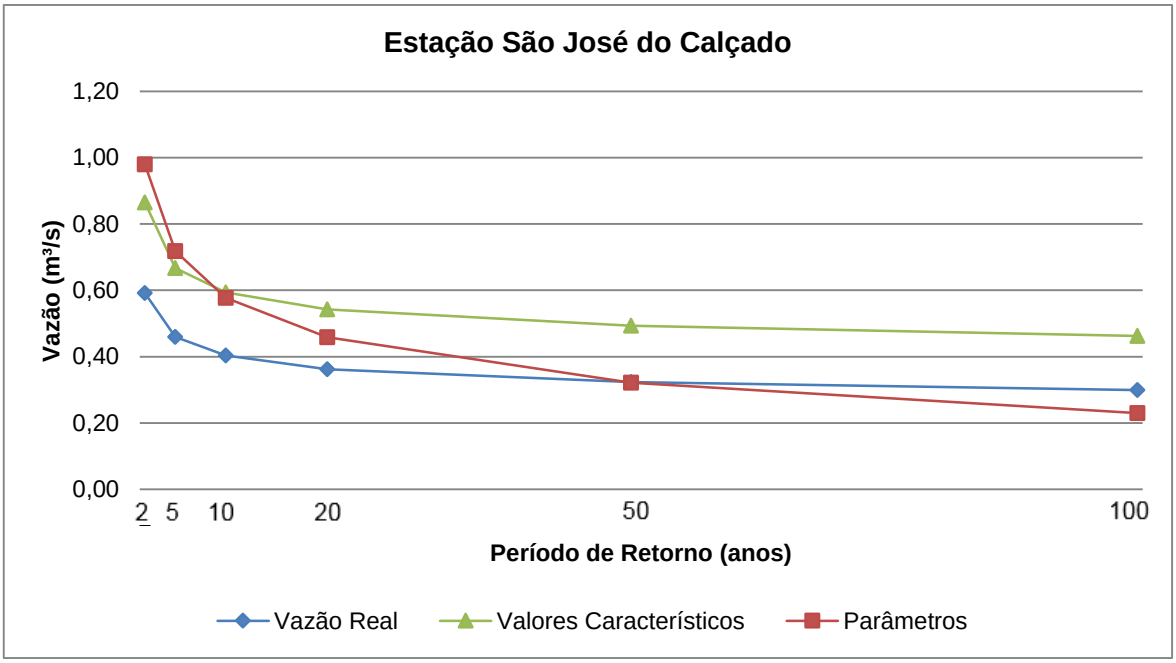

Figura 65. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação São José do Calçado.

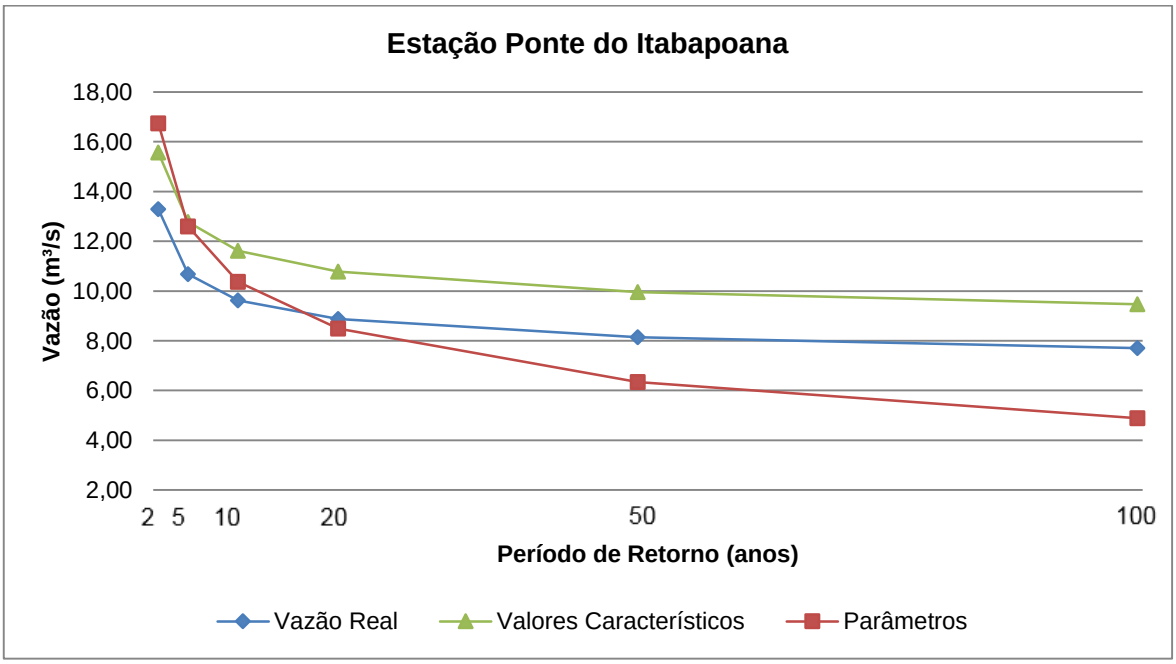

Figura 66. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Ponte do Itabapoana.

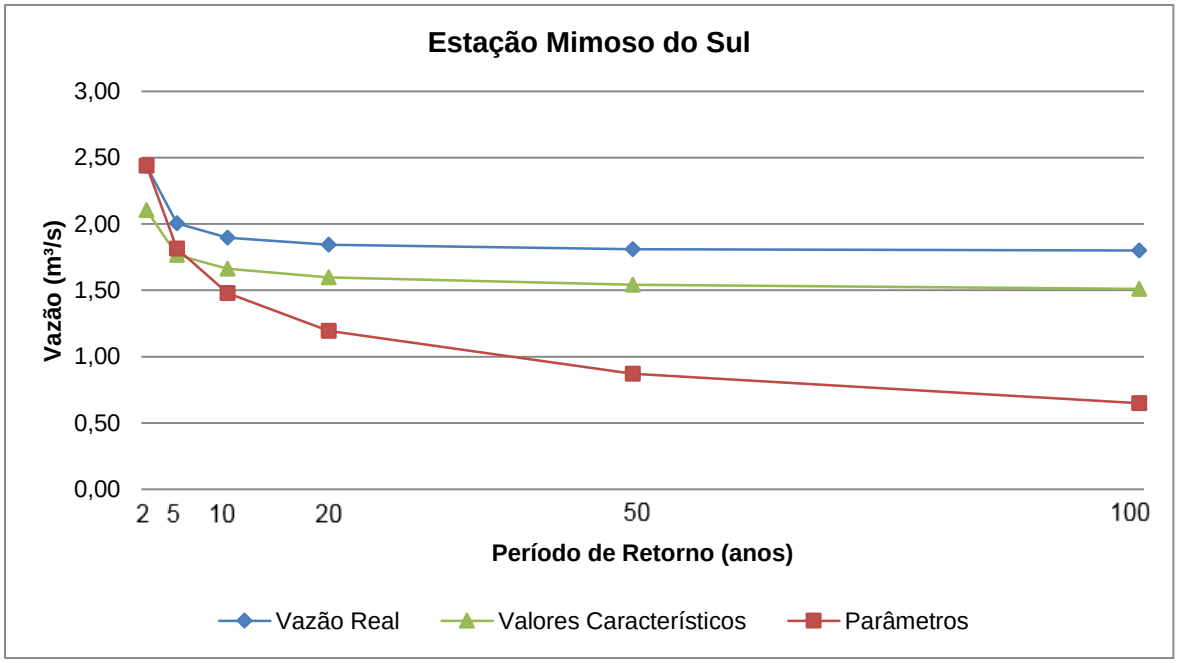

Figura 67. Confrontação entre os resultados de vazões obtidas da curva de probabilidade de vazões mínimas real, utilizando-se o Método dos Valores Característicos e o Método dos Parâmetros para a estação Mimoso do Sul.