

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ – UFPR

ESMÊNIO ISABEL JOÃO MACASSA

ANÁLISE DA ESTACIONARIEDADE DE SÉRIES DE VAZÃO NA BACIA DO RIO
ZAMBEZE

CURITIBA

2019

ESMÊNIO ISABEL JOÃO MACASSA

ANÁLISE DA ESTACIONARIEDADE DE SÉRIES DE VAZÃO NA BACIA DO RIO
ZAMBEZE

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental do Departamento de Hidráulica e Saneamento, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental.

Área de Concentração: Engenharia de Recursos Hídricos.
Linha de Pesquisa: Hidrologia estocástica e estudos energéticos.

Orientador: Professor Dr. Heinz Dieter O. A. Fill.

CURITIBA

2019

Catálogo na Fonte: Sistema de Bibliotecas, UFPR
Biblioteca de Ciência e Tecnologia

M115a Macassa, Esménio Isabel João
Análise da estacionariedade de séries de vazão na bacia do rio
Zambeze [recurso eletrônico] / Esménio Isabel João Macassa –
Curitiba, 2019.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia,
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e
Ambiental.

Orientador: Professor Dr. Heinz Dieter O. A. Fill

1. Vazantes. 2. Recursos Hídricos. I. Universidade Federal do
Paraná. II. Fill, Heinz Dieter O. A. III. Título.

CDD: 551.483

Bibliotecária: Roseny Rivelini Morciani CRB-9/1585



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE
RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAL - 40001016021P0

TERMO DE APROVAÇÃO


Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **ESMÊNIO ISABEL JOÃO MACASSA**, intitulada: **ANÁLISE DA ESTACIONARIEDADE DE SÉRIES DE VAZÃO NA BACIA DO RIO ZAMBEZE**; sob orientação do Prof. Dr. HEINZ DIETER OSKAR AUGUST FILL, após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de Mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 16 de Setembro de 2019.


HEINZ DIETER OSKAR AUGUST FILL
Presidente da Banca Examinadora


JOAQUIN IGNACIO BONNECARRERE GARCIA
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO)


DANIEL HENRIQUE MARCO DETZEL
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARANÁ)


ELOY KAVISKI
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARANÁ)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ENGENHARIA DE
RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAL - 40001016021P0

ATA Nº 314

ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DISSERTAÇÃO PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAL.


No dia dezesseis de setembro de dois mil e dezenove às 10:00 horas, na sala Biblioteca, Centro Politécnico do Setor de TECNOLOGIA da Universidade Federal do Paraná, foram instaladas as atividades pertinentes ao rito de defesa da dissertação do mestrando **ESMÊNIO ISABEL JOÃO MACASSA**, intitulada : **ANÁLISE DA ESTACIONARIEDADE DE SÉRIES DE VAZÃO NA BACIA DO RIO ZAMBEZE**; sob orientação do Prof. Dr. HEINZ DIETER OSKAR AUGUST FILL. A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Paraná em ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS E AMBIENTAL foi constituída pelos seguintes Membros: HEINZ DIETER OSKAR AUGUST FILL (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), DANIEL HENRIQUE MARCO DETZEL (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), JOAQUIN IGNACIO BONNECARRÈRE GARCIA (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO), ELOY KAVISKI (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ). A presidência iniciou os ritos definidos pelo Colegiado do Programa e, após exarados os pareceres dos membros do comitê examinador e da respectiva contra argumentação, ocorreu a leitura do parecer final da banca examinadora, que decidiu pela aprovação. Este resultado deverá ser homologado pelo Colegiado do programa, mediante o atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca dentro dos prazos regimentais definidos pelo programa. A outorga do título de mestre está condicionada ao atendimento de todos os requisitos e prazos determinados no regimento do Programa de Pós-Graduação. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada à sessão, da qual eu, HEINZ DIETER OSKAR AUGUST FILL, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos demais membros da Comissão Examinadora.


Observações: O título da dissertação não contém as letras raturada, conforme rubrica do orientador.

Curitiba, 16 de Setembro de 2019.


HEINZ DIETER OSKAR AUGUST FILL
Presidente da Banca Examinadora


JOAQUIN IGNACIO BONNECARRÈRE GARCIA
Avaliador Externo (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO)


DANIEL HENRIQUE MARCO DETZEL
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)


ELOY KAVISKI
Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Aos meus pais, João João Macassa e Isabel João Benhane.

Aos meus irmãos Ilda, Constância, Benedito, Gildo e Celso.

E em especial, aos meus filhos Hállan Esménio Macassa e Hésry Esménio Macassa.

AGRADECIMENTOS

Esta obra reflete o culminar de uma etapa de muito trabalho, dedicação e abstinências. A materialização desta dissertação só foi possível com a intervenção de distintos atores que de qualquer modo ofereceram o seu apoio incondicional. Cumpre-me o dever de agradecer a todos, com destaque especial:

Ao Professor Heinz Fill pela disponibilidade, paciência e dedicação na orientação prestada para a concretização deste trabalho.

À minha família, pelo apoio, paciência, dedicação e compreensão demonstrada durante a minha formação e na realização deste trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (PPGERHA), em nome de Professor Cristóvão Fernandes na qualidade de coordenador do programa. Agradeço pela abertura e oportunidade cedida para cursar o mestrado. Agradeço igualmente a todos professores do PPGERHA pelos ensinamentos transmitidos durante a minha formação.

Ao Governo de Moçambique através do Instituto de Bolsas de Estudos (IBE) por ter me concedido a bolsa, sem a qual não seria possível fazer o mestrado.

À Universidade Eduardo Mondlane (UEM) de Moçambique por permitir a continuação dos meus estudos.

A todos os colegas do PPGERHA, em particular ao Luís Buchir, Robinson Ploszai, Elaine Latocheski, Nanúbia Barreto e Hugo Sarmiento pelo apoio prestado.

Por fim, a todos os meus amigos com menção especial ao Fernando Matias, Félix Banze, Moisés Macambaco pelo suporte dado nos momentos de agonia na minha formação.

RESUMO

O presente trabalho pretende investigar a estacionariedade das vazões anuais e sazonais e as possíveis causas da eventual não estacionariedade, para auxiliar o projeto e implantação adequada de obras hidráulicas na bacia do rio Zambeze. Para tanto são aplicados métodos de Análise Exploratória de Dados (EDA), baseado na análise visual de gráficos da variação da vazão em função do tempo e alguns métodos estatísticos para verificar a probabilidade da existência de estacionariedade das séries hidrológicas. Foram utilizados ainda testes de hipóteses paramétricos (t de Student e F de Senedecor) e testes não paramétricos (Mann-Whitney, Coeficiente de Spearman e Pettitt). As técnicas apresentadas foram aplicadas a 6 estações fluviométricas da bacia. A análise de estacionariedade foi avaliada sobre as vazões médias, máximas e mínimas, anuais e sazonais. Os resultados dos testes estatísticos de Mann-Whitney, Spearman, F de Snedecor e t de Student corroboram com os resultados da EDA, sendo que as vazões das estações a montante dos reservatórios, Katima Mulilo (68017), Senanga (2-400) e Lukuku (2-030), apresentam-se estacionárias, enquanto que as de jusante, Tete (320), Matundo Cais (387) e Zumbo (310), são não estacionárias. O maior número de rejeições da hipótese nula nas estações de Tete (320), Matundo Cais (387) e Zumbo (310) é verificado quando a série é dividida nos períodos antes e depois da implantação dos reservatórios (1959 e 1974), comprovando a influência destes sobre as vazões. Pode-se verificar ainda que a estação de Zumbo tem menos rejeições quando comparado com os outros dois postos, enfatizando a influência dos reservatórios, pois aquela, sofre apenas a influência de Kariba. Os resultados do teste de Pettitt, mostram que as quebras registadas nas séries são em geral estatisticamente significativas, porém, na sua maioria não coincidem com os anos de implantação dos reservatórios de Kariba e Cahora Bassa, com exceção das vazões mínimas nas estações de Tete (320), Matundo Cais (387) e Zumbo (310). Desta forma, pode-se concluir que o comportamento não estacionário das vazões médias, máximas e mínimas, anuais e sazonais nas estações de Tete (320), Matundo Cais (387) e Zumbo (310) na bacia do Zambeze é consequência da operação de reservatórios, pois nota-se grandes diferenças nos resultados dos testes para as vazões dos postos a montante e a jusante. Porém, não se deve descartar a possível influência de outros fatores como mudanças climáticas e uso do solo que não foram objeto de análise neste trabalho.

Palavras-chave: Séries de vazões, Testes estatísticos, Estacionariedade.

ABSTRACT

The present work aimed to investigate the stationarity of annual and seasonal flows and the possible causes of nonstationarity, to assist in the design and adequate implementation of hydraulic works in the Zambezi basin. In order to do so, methods of Exploratory Data Analysis (EDA), based on the visual analysis of flow graphs as a function of time as well as some statistical methods are applied to verify the possible stationarity of the hydrological series. In order to verify statistically the stationarity parametric hypothesis tests (Student's t and Senedecor's F) and non-parametric tests (Mann-Whitney, Spearman's Coefficient and Pettitt) were used. The techniques were applied to 6 fluviometric stations of the basin. The stationarity analysis was evaluated on mean, maximum and minimum, annual and seasonal flows (summer and winter). The results of the Mann-Whitney, Spearman, F and Snedecor statistical tests confirm the results of the EDA, with the flows of stations upstream of the reservoirs, Katima Mulilo (68017), Senanga (2-400) and Lukuku (2-030), are stationary, while those downstream, Tete (320), Matundo Cais (387) and Zumbo (310), are non-stationary. The highest number of rejections of the null hypothesis at the Tete (320), Matundo Cais (387) and Zumbo (310) stations is verified when the series is divided in the periods before and after the reservoir implantation (1959 and 1974). The tests show that rejection the Zumbo station is less than at the other two stations, emphasizing the influence of the reservoirs. The Pettitt test also show discontinuities of the series however, most of them do not coincide with the years of implementation of the Kariba and Cahora Bassa reservoirs, with exception of the minimum flows at Tete (320), Matundo Cais (387) and Zumbo (310). As a conclusion it can be assumed that the non-stationary behavior of the mean, maximum and minimum, annual and seasonal flows at the stations of Tete (320), Matundo Cais (387) and Zumbo (310) in the Zambezi basin is mostly influenced by the operation of reservoirs, as there are large differences in the behavior of upstream and downstream flow rates. However, the influence of other factors such as climatic changes and land use which have not been analyzed in this study should not be ruled out.

Keywords: Flow series, Statistical tests, Stationary.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 3

Figura 3. 1: Método gráfico para remoção do comportamento não estacionário 31

CAPÍTULO 4

Figura 4. 1: Localização geográfica da bacia do rio Zambeze 34

Figura 4. 2: Sub-bacias e Principais rios da bacia do Zambeze 36

Figura 4. 3: Perfil longitudinal da bacia do rio Zambeze 39

CAPÍTULO 5

Figura 5. 1: Fluxograma do Método utilizado 45

CAPÍTULO 6

Figura 6. 1: Gráficos Temporais para a estação de Tete 65

Figura 6. 2: Vazão Média Mensal e Desvio Padrão para a estação de Tete 66

Figura 6. 3: Gráficos RAPS para a estação de Tete 69

Figura 6. 4: Gráficos de Vazão Média Acumulada 69

Figura 6. 5: Sazonalidade de Vazões 74

Figura 6. 6: Gráfico de Autocorrelação para a estação de Senanga 80

APÊNDICE A

Figura A.1: Gráficos de Regressões 101

APÊNDICE B

Figura B. 1: Gráficos Temporais 120

APÊNDICE C

Figura C. 1: Desvio Padrão e Vazão Média Mensal 124

APÊNDICE AD

Figura D. 1: Gráficos RAPS 126

APÊNDICE E

Figura E.1: Gráficos de Vazão Média Acumulada 128

APÊNDICE F

Figura G.1: Gráficos de Autocorrelação 145

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 3.1: Resultados de Teste Estatístico	28
---	----

CAPÍTULO 4

Tabela 4. 1: Empreendimentos hidrelétricos e reservatórios existentes na Bacia do Rio Zambeze	41
Tabela 4. 2: Principais aproveitamentos existentes	42
Tabela 4. 3: Potenciais Hidroelétricos futuros	42
Tabela 4. 4: Estações Fluviométricas	44

CAPÍTULO 5

Tabela 5. 1: Valores de αC para o teste composto ($p=0,05$)	60
---	----

CAPÍTULO 6

Tabela 6. 1: Equações de regressão para o preenchimento de falhas e extensão de séries	62
Tabela 6. 2: Regressão Linear ($\alpha=0,05$) – Vazões Anuais	67
Tabela 6. 3: Regressão Linear ($\alpha=0,05$) – Vazões Sazonais – “Estação de Verão”	68
Tabela 6. 4: Regressão Linear ($\alpha=0,05$) – Vazões Sazonais – “Estação de Inverno”	68
Tabela 6. 5: Regressão Linear ($\alpha=0,05$) – Vazões Acumuladas Anuais	71
Tabela 6. 6: Regressão Linear ($\alpha=0,05$) – Vazões Acumuladas Sazonais – “Estação de Verão”	72
Tabela 6. 7: Regressão Linear ($\alpha=0,05$) – Vazões Acumuladas Sazonais – “Estação de Inverno”	73
Tabela 6. 8: Análise das Vazões Sazonais (lnQ)- Vazões Médias Anuais	74
Tabela 6. 9: Análise das Vazões Sazonais (lnQ)- Vazões Máximas	75
Tabela 6. 10: Análise das Vazões Sazonais (lnQ)- Vazões Mínimas	75
Tabela 6. 11: Estatísticas Descritivas- Vazões Anuais	77
Tabela 6. 12: Estatísticas Descritivas- Vazões Sazonais- “Estação de Verão”	78
Tabela 6. 13: Estatísticas Descritivas- Vazões Sazonais- “Estação de Inverno”	79
Tabela 6. 14: Número de aceitações da hipótese de normalidade – Vazões Anuais	81
Tabela 6. 15: Número de aceitações da hipótese de normalidade – Logaritmos das Vazões Anuais	81
Tabela 6. 16: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Anuais- Divisão na Metade (1943 a 1979 – 1975 a 2016)	83
Tabela 6. 17: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Anuais- Divisão no período de 1943 a 1959 – 1960 a 2016	83

Tabela 6. 18: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Anuais- Divisão no período de 1943 a 1974 – 1975 a 2016.....	84
Tabela 6. 19: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Sazonais – “Estação de Verão” - Divisão na Metade.....	84
Tabela 6. 20: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Sazonais – “Estação de Verão” - Divisão no período de 1943 a 1959 – 1960 a 2016	85
Tabela 6. 21: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Sazonais – “Estação de Verão” - Divisão no período de 1943 a 1974 – 1975 a 2016	85
Tabela 6. 22: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Sazonais – “Estação de Inverno” - Divisão na Metade.....	86
Tabela 6. 23: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Sazonais – “Estação de Inverno” - Divisão no período de 1943 a 1959 – 1960 a 2016	86
Tabela 6. 24: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Sazonais – “Estação de Inverno” - Divisão no período de 1943 a 1974 – 1975 a 2016	87
Tabela 6. 25: Resultados do teste de Pettitt.....	88

APÊNDICE A

Tabela A.2. 1: Vazões Médias em Katima Mulilo	103
Tabela A.2. 2: Vazões Médias em Tete.....	105
Tabela A.2. 3: Vazões Médias em Zumbo	107
Tabela A.2. 4: Vazões Médias em Matundo Cais	108
Tabela A.2. 5: Vazões Médias em Senanga	111
Tabela A.2. 6: Vazões Médias em Lukuko	113
Tabela A.2. 7: Vazões Médias em Hook Bridge.....	115
Tabela A.2. 8: Vazões Médias em Kasaka	116
Tabela A.2. 9: Vazões Médias em Kongola	117

APÊNDICE F

Tabela F. 1: Vazões Médias Sazonais- “Estação de Verão”	132
Tabela F. 2: Vazões Máximas Sazonais- “Estação de Verão”	134
Tabela F. 3: Vazões Mínimas Sazonais- “Estação de Verão”	136
Tabela F. 4: Vazões Médias Sazonais- “Estação de Inverno”.....	138
Tabela F. 5: Vazões Máximas Sazonais- “Estação de Inverno”.....	140
Tabela F. 6: Vazões Mínimas Sazonais- “Estação de Inverno”	142

APÊNDICE H

Tabela H.1: Testes de Normalidade de vazões.....	161
--	-----

Tabela H.2: Testes de Normalidade de vazões	162
Tabela H.3: Testes de Normalidade de logaritmos de vazões	163
Tabela H.4: Testes de Normalidade de logaritmos de vazões	164
Tabela H.5: Teste de Estacionariedade- Vazões Anuais (Postos com influência de reservatórios)	165
Tabela H.6: Teste de Estacionariedade- Vazões Anuais (Postos sem influência dos reservatórios)	166
Tabela H.7: Teste de Estacionariedade- Logaritmos de Vazões (Postos com influência dos reservatórios)	167
Tabela H.8: Teste de Estacionariedade- Logaritmos de Vazões (Postos sem influência de reservatórios)	169

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ARA	Administração Regional de Águas.
ARIMA	Modelo autorregressivo integrado e de médias móveis de ordens p, d, e q.
ARMA	Modelo autorregressivo e de médias móveis de ordens p, e q.
Crit	Crítico.
DNA	Direção Nacional de Águas.
DPad	Desvio Padrão.
EDA	Análise Exploratória de Dados (<i>Exploratory Data Analysis</i>).
EDM	Eletricidade de Moçambique.
FAC	Função de autocorrelação da série.
HCB	Hidrelétrica de Cahora Bassa.
IBE	Instituto de Bolsas de Estudo.
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> .
ITCZ	Zona de convergência intertropical.
Ka	Katima Mulilo.
Kas	Kasaka.
Ko	Kongolo.
L	Lukuku.
LN2	Distribuição log-normal a dois parâmetros.
LN3	Distribuição log-normal a três parâmetros.
Max	Máximo.
MC	Matundo Cais.
MCTESTP	Ministério da Ciência e Tecnologia, Ensino Superior e Técnico-Profissional.
Méd	Média.
Mín	Mínimo.
Q _{MLT}	Vazão média de longo período.
RAPS	<i>Rescaled Adjusted Partial Sums</i> .
S	Senanga.
SADC	Comunidade para o Desenvolvimento da África Austral.
Saz	Sazonal.
T	Tete.
WSHPDR	<i>World Small Hydropower Development Report</i> .
Z	Zumbo.

ZAMCOM Comissão do Curso de Água do Zambeze.
 H_0 Hipótese nula.
 H_1 Hipótese alternativa.
 k Defasagem, ou *lag*, da série temporal.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	18
1.1 Contextualização	18
1.2 Hipótese.....	19
1.3 Objetivos	19
1.4 Justificativa.....	19
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	21
3. DESCRIÇÃO DE PROCESSOS HIDROLÓGICOS	25
3.1 Processos Estocásticos e Estacionariedade	25
3.2 Detecção de tendências em séries hidrológicas.....	27
3.3 Análise Exploratória de Dados.....	29
3.4 Remoção do comportamento não estacionário em séries históricas	30
4. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DADOS DISPONÍVEIS.....	33
4.1 Localização Geográfica da bacia.....	33
4.2 Características Climáticas	37
4.3 Precipitação	37
4.4 Vazões	37
4.5 Terra e cobertura florestal	38
4.6 Aproveitamento Hidráulico da bacia do rio Zambeze.	38
4.7 Impactos das barragens de Kariba e Cahora Bassa	40
4.9 Estações Fluviométricas.....	43
5. MÉTODOS	45
5.1 Análise exploratória dos dados (AED).....	46
5.1.1 Soma RAPS.....	46
5.1.2 Regressão Linear	47
5.1.3 Testes de Normalidade	48
5.1.3.1 Teste de Assimetria	48
5.1.3.2 Teste de Shapiro-Wilk.....	49

5.1.3.3	Teste de Anderson-Darling (AD)	49
5.1.3.4	Teste de Qui-quadrado	50
5.1.3.5	Teste de Kolmogorov-Smirnov (KS)	51
5.1.3.6	Teste de Filliben	52
5.1.4	Teste de Autocorrelação	52
5.1.5	Cálculo dos Resíduos dos Logaritmos de Vazões	54
5.2	Testes Estatísticos para Estacionariedade	55
5.2.1	<i>Teste t de Student</i>	56
5.2.2	<i>Teste F de Snedccor</i>	56
5.2.3	<i>Teste de Wilcoxon (Mann-Whitney)</i>	57
5.2.4	<i>Teste de coeficiente de Correlação de Spearman</i>	58
5.2.5	<i>Teste de Pettitt (Detecção do Ponto de Mudança)</i>	58
5.2.6	<i>Teste Composto</i>	59
6.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	61
6.1	Preenchimento e extensão de Vazões	61
6.2	Análise Exploratória de Dados (AED)	64
6.2.1	Análise das Vazões Sazonais	73
6.3	Testes Estatísticos	82
7.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	91
7.1	Conclusões	91
7.2	Recomendações	92
8.	REFERÊNCIAS	94
	APÊNDICE A	100
	APÊNDICE B	119
	APÊNDICE C	123
	APÊNDICE E	127
	APÊNDICE F	131
	APÊNDICE G	144
	APÊNDICE H	160

1. INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A necessidade de uma gestão participativa e integrada dos recursos hídricos associada aos problemas das variações dos elementos climáticos e uso da Terra, deve ser considerada no dimensionamento e operação de obras hidráulicas, com ênfase no uso sustentável dos recursos hídricos e sempre contrapondo com os impactos ambientais dessas obras aos benefícios proporcionados a sociedade.

Pela sua importância na quantificação de fenômenos hidrológicos, a vazão é uma das variáveis hidrológicas mais estudadas. Pois vários usos da água são altamente dependentes dos padrões de vazão, tais como, geração de energia, abastecimento doméstico e industrial, irrigação e controle de cheias (Santos et al, 2014). Tradicionalmente, os sistemas de recursos hídricos foram, ao longo do tempo, projetados e operados com base no pressuposto de que as séries hidrológicas são estacionárias (De Souza et al, 2015). No entanto, nos últimos anos, a variabilidade climática e alterações no uso do solo têm impactado vários componentes do ciclo hidrológico em muitas regiões do mundo, fazendo com que as séries hidrológicas deixem de ser estacionárias (Santos et al, 2016). Portanto, a detecção e correção de mudanças em séries hidrológicas constitui uma área de estudo de extrema importância, tanto do ponto de vista prático quanto científico (De Souza et al, 2015).

A não estacionariedade implica que, os procedimentos existentes para o desenvolvimento de projetos de diques, barragens, reservatórios, usinas hidrelétricas, sistemas de irrigação entre outros, deverão ser revistos ou ajustadas considerando a não estacionariedade das séries hidrológicas. Este fato replica-se em quase toda parte do Mundo, incluindo Moçambique. Na bacia do rio Zambeze, estudos feitos por Shamseddin e Chaibi (2019), Asante e Vilankulos (2009), Banze *et al.* (2017) sugerem algum tipo de tendência nas vazões, entre crescentes e decrescentes.

Estudos hidrológicos constituem uma importante ferramenta de auxílio à tomada de decisão para os órgãos gestores dos recursos hídricos. É importante que a disponibilidade hídrica adotada para diferentes usos (geração de energia, irrigação, etc) represente a realidade atual da bacia, tomando-se em consideração os cenários futuros da disponibilidade de água para o uso em diversos setores de atividades. Desta forma, torna-se imprescindível investigar inicialmente se as séries hidrológicas são ou não estacionárias e aplicar técnicas de ajuste e correção adequada como subsídio a gestão dos recursos hídricos. Com este diagnóstico, os órgãos gestores poderão planejar e garantir a disponibilidade atual e futura de água, em quantidade e qualidade adequadas.

1.2 Hipótese

As vazões da bacia do Rio Zambeze apresentam comportamento não estacionário. Este fato pode estar relacionado a variabilidade climática, a alterações do uso do solo ou a implantação de obras hidráulicas.

1.3 Objetivos

Perante o problema apresentado, o objetivo da pesquisa é analisar se as vazões mínimas, médias e máximas, anuais e sazonais da bacia do Rio Zambeze apresentam comportamento estacionário ou não.

- **Objetivos específicos:**

- Fazer o preenchimento e a extensão das séries de vazões.
- Investigar a significância da sazonalidade nas séries estudadas.
- Identificar o ano e significância estatística das mudanças verificadas nas características das vazões.
- Investigar a influência de obras hidráulicas na não estacionariedade das vazões.

1.4 Justificativa

A questão do comportamento não estacionário em séries hidrológicas, vem sendo discutido desde a década 70 com o uso de modelos estocásticos lineares do tipo Box & Jenkins (ARMA) (Klemes, 2006). Os modelos hidrológicos normalmente usados no projeto e operação de obras hidráulicas geralmente exigem que as séries tenham comportamento estacionário (De Souza *et al.*, 2015). Entretanto, as séries hidrológicas reais, frequentemente, apresentam comportamento não estacionário devido a mudança climática ou ações antrópicas nas bacias hidrográficas (Santos *et al.*, 2016). Isso tornou-se numa grande preocupação entre hidrólogos e, portanto, bastante estudado no mundo. Por outro lado, Moçambique carece de estudos desta natureza, o que dificulta a gestão e o planejamento correto dos recursos hídricos.

A escolha da bacia do rio Zambeze deve-se a sua grande importância socioeconômica para o continente Africano e particularmente para Moçambique, (ZAMCOM *et al.*, 2015). Na parte moçambicana da bacia, localiza-se o maior aproveitamento hidroelétrico (Cahora Bassa) de grande importância no setor elétrico de Moçambique e de alguns países vizinhos. A bacia é caracterizada por extrema variabilidade climática, sujeita a um ciclo de cheias e secas que por vezes têm efeito devastador sobre as populações ribeirinhas e economias da região (ZAMCOM *et al.*, 2015), em especial na parte moçambicana da bacia. Portanto, o entendimento do regime

hidrológico, e sua variação temporal (estacionaridade das vazões) é de extrema importância para os gestores da bacia do Zambeze e para Moçambique em particular, que por se encontrar na parte de jusante da bacia, sofre mais impactos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo, discutem-se diferentes abordagens sobre tendências e estacionariedade em séries hidrológicas, analisando como a variação dos elementos climáticos (precipitação e evapotranspiração) influenciam no caudal de um curso de água. Para tal, apresentam-se conceitos básicos como, processos estocásticos, estacionariedade, ergodicidade, entre outros aspectos relacionados com o tema.

De acordo com IPCC (2007), as mudanças na quantidade de gases de efeito estufa e aerossóis na atmosfera influem na radiação solar e nas características hidrológicas da superfície terrestre alterando o equilíbrio do sistema climático. Essas mudanças são expressas em termos do chamado forçamento radiativo¹, que é usado para comparar a maneira como os fatores humanos e naturais provocam o aquecimento ou o esfriamento do clima.

Note-se que, as variações nos elementos climáticos podem causar alterações no ciclo hidrológico afetando deste modo o regime dos caudais dos rios. O Relatório do IPCC (2001) coloca em debate e avalia os possíveis impactos das alterações climáticas globais nas diversas esferas, sendo um deles o ciclo hidrológico. Pode-se admitir que, nas regiões tropicais e em particular Moçambique, os recursos hídricos poderão registar uma série de situações de risco nos próximos anos, de pequena ou grande escala, relacionadas com as secas e cheias.

Tradicionalmente, os métodos desenvolvidos para a avaliação do risco de extremos, na operação e gerenciamento de estruturas hidráulicas, baseiam-se no pressuposto da estacionariedade, o que implica que a variável em análise possui uma função densidade de probabilidade invariante no tempo com parâmetros fixos (READ e VOGEL, 2015, 2016; SRAJ *et al.*, 2016; VOGEL *et al.*, 2015; VOGEL, YAINDL e WALTER, 2011).

Porém, vários fatores como, mudanças climáticas (MILLY *et al.*, 2008), urbanização (VOGEL, YAINDL e WALTER, 2011), práticas de manejo agrícola (FOUFOULA-GEORGIU *et al.*, 2015), operação de usinas hidrelétricas (RÄSÄNEN *et al.*, 2017) e reservatórios (ZAJAC *et al.*, 2017), colocam em dúvida a hipótese da estacionariedade.

Em vista da magnitude e da onipresença da suposta mudança climática, aparentemente em curso, Milly *et al.* (2008), afirmam que “a estacionariedade está morta” e não deve mais servir na avaliação do risco e planejamento de recursos hídricos. Assim, é necessário identificar modelos de probabilidade não estacionários para a adaptação humana à mudança climática (MILLY *et al.*, 2015). Porém, deve-se ter muito cuidado no uso de modelos não estacionários.

¹ O forçamento radiativo é uma medida da influência de um fator na alteração do equilíbrio da energia que entra e sai do sistema Terra-atmosfera e é um índice da importância do fator como possível mecanismo de mudança do clima. O forçamento positivo tende a aquecer a superfície, enquanto o negativo tende a esfriá-la (IPCC, 2007).

Pois, Montanari e Koutsoyiannis (2014), consideram que, a seleção de um modelo não estacionário “pobre” ou com poucos parâmetros pode se mostrar menos eficiente e menos robusto do que um modelo estacionário com correções. Milly *et al.* (2008) e Montanari e Koutsoyiannis (2014), consideram que a utilização de séries longas e contínuas de dados históricos desempenham um papel essencial no planejamento de sistemas de recursos hídricos.

Em condições não estacionárias, os modelos estacionários tendem a distorcer a frequência de vazões máximos (SRAJ *et al.*, 2016). Geralmente, este fato é ignorado ou algumas vezes considerado pelo simples uso de fatores de correção aplicados aos resultados obtidos pelos modelos estacionários (PROSDOCIMI, KJELDSEN e MILLER, 2015). Por outro lado, a probabilidade de excedência $P_T(X \geq x)$ associada a uma determinada descarga máxima anual de cheia, geralmente, muda a cada ano (READ e VOGEL, 2015, 2016). Isto mostra que o planejamento sob condições não estacionárias é fundamentalmente diferente do planejamento sob condições estacionárias (VOGEL *et al.*, 2015).

Estudos envolvendo a não estacionariedade em séries hidrológicas vem sendo desenvolvidos em todo mundo, porém, muito pouco discutido na África e em Moçambique em particular. Em Bartiko *et al.*, (2017), são apresentados alguns estudos feitos na Europa (PROSDOCIMI, KJELDSEN e SVENSSON, 2014; SRAJ *et al.*, 2016; VILLARINI *et al.*, 2011), América do Norte (GADO e NGUYEN, 2016; SADRI e KAM SHEFFIELD, 2016; VOGEL, YAINDL e WALTER, 2011) e Ásia (DU *et al.*, 2015; XIONG *et al.*, 2015; ZHANG *et al.*, 2015) sobre o assunto. No Brasil, embora também pouco discutido, estudos acerca da estacionariedade já apresentam avanços significativos.

Estudos feitos no Brasil por Fill (2011, 2017), Batista *et al.* (2009); Pedrosa *et al.* (2009); Tozzi (2014); Santos *et al.* (2016); entre outros autores, apontam a não estacionariedade de muitas séries hidrológicas. Detzel *et al.* (2011) analisaram as séries de vazões de 146 usinas hidrelétricas localizadas no Brasil e concluíram que 51,4% delas possuem características não-estacionárias. É importante notar que todas as estações analisadas do subsistema do sul do Brasil (30 no total) apresentaram características não estacionárias. Detzel, Fernandes e Mine (2016) avaliaram os efeitos da abordagem não estacionária na avaliação da disponibilidade de água em seis estações fluviométricas brasileiras e encontraram mudanças nas curvas de permanência das vazões das séries analisadas. Recentemente, Detzel e Bessa (2018) avaliaram o comportamento (não) estacionário das vazões afluentes às usinas hidrelétricas, aplicadas às séries de vazão média anual das 149 usinas atualmente em operação no Sistema Elétrico Brasileiro. Como resultado, 88 (59%) usinas mostram algum tipo de não estacionariedade, sendo que 59 empreendimentos apresentaram tendências de longo termo, 65 se mostraram com

quebras estruturais e 11 exibiram heterocedasticidade. Importante referir que, ambos estudos apresentados acima foram baseados em testes estatísticos de estacionariedade.

Estudo recente de Shamseddin e Chaibi (2019), avaliou os impactos das mudanças climáticas nas sete maiores bacias hidrográficas africanas (Nilo, Senegal, Volta, Níger, Congo, Zambeze e Limpopo). O estudo teve como objetivo identificar e reunir sinais de mudança climática nas sete bacias, baseando-se em artigos publicados recentemente em periódicos. Trinta por cento dos artigos analisados concentraram-se na bacia do Nilo, e 13% na bacia do Congo. Os sinais de mudança climática foram segregados em tendências decrescentes, crescentes e incertas. A temperatura projetada mostrou tendências crescentes, a chuva dominou por tendências incertas. Os impactos hidrológicos foram avaliados por meio de 19 modelos hidrológicos, considerando o uso da terra em 52% dos casos. Os modeladores conseguiram compreender e construir relações robustas entre chuvas e escoamentos no Zambeze, Limpopo, Senegal e parcialmente no Níger, mas falharam no Congo e no Nilo. Neste caso, os impactos das mudanças climáticas no escoamento e evapotranspiração devem ser interpretados com cautela. Shamseddin e Chaibi (2019), consideram que as incertezas são extremamente sensíveis dos planos de adaptação à mudança climática, especialmente onde os recursos econômicos são escassos e mal atendem às necessidades básicas atuais. Por outro lado, a falta de dados observacionais longos e consistidos, contribui amplamente para a incerteza na África.

Em Moçambique, embora não tenha sido utilizado o termo “estacionariedade”, alguns estudos foram realizados por Asante e Vilankulos (2009), sobre a hidrologia das bacias hidrográficas de Moçambique, retratando assuntos relacionados aos impactos futuros das mudanças climáticas nos caudais dos rios, cheias e a intrusão salina. A avaliação foi baseada na integração de sete modelos de clima globais (GCM) inferidos com um modelo de clima regional (RCM) e dois modelos hidrológicos geoespaciais. O estudo detectou uma grande incerteza relativamente à magnitude dos impactos hidrológicos resultante das alterações climáticas em Moçambique. Contudo, surgiram também alguns sinais claros de alterações espaciais, os quais poderão formar a base para a adaptação do planejamento futuro. Estes sinais incluem a região de seca concentrada no interior do continente em Zimbabwe, o aumento da precipitação na costa e a redução do risco de seca no Norte de Moçambique. Banze *et al.* (2017) analisaram a variabilidade e tendência da temperatura, precipitação e vazão na região sul da África e na bacia do rio Zambeze. De acordo com o estudo, espera-se que a bacia do Zambeze experimente uma tendência significativa de aumento de temperatura e escassez de chuvas. As chuvas tornar-se-ão mais curtas e mais variáveis, experimentando períodos de seca mais prolongados e inundações mais extremas. Além disso, espera-se uma redução significativa na

vazão média anual da bacia do Zambeze.

Embora estes estudos não tenham utilizado ferramentas estatísticas para detecção de tendência ou verificação da estacionariedade, aparentemente ocorre uma situação de não estacionariedade das séries hidrológicas em Moçambique e na bacia do Zambeze. Desta forma, pretende-se com este trabalho, utilizar ferramentas estatísticas para verificar mais objetivamente a condição de estacionariedade da vazão no rio Zambeze. Alguns conceitos imprescindíveis para o entendimento do tema são descritos a seguir.

3. DESCRIÇÃO DE PROCESSOS HIDROLÓGICOS

Um dos requisitos básicos para a boa gestão dos recursos hídricos, é o entendimento do regime hidrológico e das características estatísticas da chuva e vazão, bem como o seu comportamento estacionário ou não, condicionada à disponibilidade da água, superficialmente e no subsolo.

O regime hidrológico de uma bacia hidrográfica depende de características da precipitação, geomorfologia do tipo do solo e da cobertura vegetal predominante. O regime hidrológico ainda pode ser influenciado por ações antrópicas e ciclos seculares naturais que interferem nos processos e subprocessos do ciclo hidrológico (MILLY *et al.*, 2008). Estes fatores, aliados a complexidade da bacia hidrográfica, justificam a natureza estocástica das variáveis hidrológicas e por sua vez pode lhes conferir um comportamento estacionário ou não.

3.1 Processos Estocásticos e Estacionariedade

Dado um experimento com espaço amostral " Ω ", um processo estocástico é definido como uma família de variáveis aleatórias $\{X_t; t \in T\}$ indexados por elementos t pertencentes ao conjunto dos números inteiros ou reais (PAPOULIS, 1991). Ou seja, Processos estocásticos são sequências temporais de variáveis aleatórias. Geralmente, estas variáveis são dependentes e estão definidas num mesmo espaço de probabilidade (Ω, F, P) , que satisfaz os seguintes axiomas:

$$a) P(\Omega) = 1$$

$$b) P(A_i) \geq 0 \text{ com } A_i \in F$$

$$c) P(\cup A_i) = \sum P(A_i) \text{ para } A_i \cap A_j = \emptyset$$

Onde: F é um subconjunto de Ω , denominado conjunto de Borel e cujos elementos são eventos e P é uma medida de probabilidade em F .

Se o conjunto T é finito ou numerável o processo é dito de domínio discreto e se T pertence ao conjunto dos reais o processo é dito de domínio contínuo.

Geralmente, as séries de variáveis hidrológicas são consideradas processos estocásticos, devido à natureza aleatória dos fenômenos atmosféricos, a complexidade da bacia hidrográfica e aos erros provenientes das observações (FILL, 2005).

Embora na realidade a maioria das séries hidrológicas representem no tempo variáveis contínuas, elas são representadas muitas vezes por variáveis discretas no tempo para intervalos

de ano, mês, dia ou hora e usando valores médios sobre este intervalo (PÉRICO, 2014). Assim na prática, os processos estocásticos utilizados em hidrologia e estudos energéticos são quase sempre de domínio discreto e podem ser interpretados como uma sequência de variáveis aleatórias (vetor aleatório). Em processos estocásticos, o entendimento dos conceitos de estacionariedade e ergodicidade é indispensável.

O estado de equilíbrio de um processo estocástico caracteriza uma série estacionária, de tal forma que suas propriedades estatísticas independem do tempo (DETZEL, 2015). Caso contrário é dito não estacionário. No caso estacionário, a distribuição conjunta de $X_{t+\tau}(\omega)$, para todo τ é a mesma de $X_t(\omega)$, sendo ω um elemento do espaço amostral Ω (TOZZI, 2014). A estacionariedade pode ser fraca (ampla ou de segunda ordem) ou forte (estrita).

Formalmente, um processo estocástico discreto é considerado fortemente ou estritamente estacionário quando: $f_{X_1, \dots, X_k}(x_1, \dots, x_k) = f_{X_{1+\tau}, \dots, X_{k+\tau}}(x_1, \dots, x_k)$, para $\tau \in T$, onde $f_{X_1, \dots, X_k}(x_1, \dots, x_k)$ representa a função densidade de probabilidade conjunta de $X_i = X_{t_i}(\omega)$. Isto é, as variáveis possuem a mesma função densidade de probabilidade conjunta ao longo do tempo (MARTINS, 2011).

Como é muito difícil a comprovação da estacionariedade estrita na maioria dos sistemas reais, Priestley (1981), considerou uma forma de estacionariedade (ampla ou fraca) de ordem n , quando as matrizes de covariância até a ordem n são constantes no tempo. Geralmente, assume-se $n = 2$ e a estacionariedade é considerada fraca. Papoulis (1991), considera a estacionariedade da segunda ordem ou fraca, quando a média de $X_t(\omega)$ é constante e independente do tempo e a covariância entre $X_{t_1}(\omega)$ e $X_{t_2}(\omega)$, com $t_1, t_2 \in T$, depende apenas de $\Delta t = t_2 - t_1$. Conseqüentemente, a variância de $X_t(\omega)$; ($\Delta t = 0$) é também constante.

Outra abordagem de estacionariedade em series hidrológicas, trazida por Salas (1993), considera uma série estacionária quando não há variação das propriedades estatísticas dos seus elementos ao longo do tempo. Segundo Makridakis, Wheelwright e Hyndmon (1998), quatro tipos de não estacionariedade são frequentes em séries hidrológicas, sazonalidade, ciclos, tendências e saltos. A primeira, evidente em diversos fenômenos naturais é causado principalmente por variações climáticas entre estações do ano; a segunda, quando uma série exhibe momentos de ascensão e decréscimo plurianuais sem respeitar rigorosamente um período fixo. Tendências ocorrem associadas a crescimentos ou decrescimentos de longo termo em uma série e finalmente, saltos implicam em uma descontinuidade concentrada, muitas vezes resultante da implantação de obras hidráulicas.

As series hidrológicas podem ser classificadas ainda, como homogêneas ou heterogêneas. Propriedade estatística de grande importância, pois permite verificar se todos elementos de certa amostra são retirados de uma mesma população (NAGHETTINI & PINTO, 2007). Na prática, é difícil detectar séries heterogêneas, devido ao tamanho reduzido de séries hidrológicas. Sendo mais fácil identificar heterogeneidade em séries de valores médios ou totais anuais, do que em séries de valores extremos.

Outra propriedade importante dos processos estocásticos é a ergodicidade. Esta propriedade permite estimar os parâmetros de um processo estocástico estacionário na base de uma única realização deste. Um processo estocástico estacionário é dito ergódico se a média da série temporal \bar{X}_t tende à média entre realizações distintas $\langle X_t(\omega) \rangle$ (SPANOS, 1980):

$$\langle X_t(\omega) \rangle \geq \bar{X}_t = \sum_{t=1}^n X_t(\omega_1)/n \quad (3.1)$$

A média temporal $\bar{X}(\omega_1)$ converge para a média entre eventos $\langle X_t(\omega) \rangle$ para um processo estocástico estacionário de segunda ordem se (SPANOS, 1980):

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \left[\frac{1}{T} \sum_{\Delta t=1}^T cov(\Delta t) \right] = 0, \quad (3.2)$$

onde $cov(\Delta t) = cov(x_t, x_{t+\Delta t})$ - covariância entre elementos separados no tempo por Δt .

Note-se que, estacionariedade não implica necessariamente em ergodicidade [PAPOULIS (1991 apresenta um exemplo)], porém evidentemente um processo ergódico é também estacionário. Por outro lado, para processos hidrológicos, tais como séries de vazões, BRÁS e ITURBE-RODRÍGUEZ (1985) afirmam que quando são estacionários geralmente são também ergódicos.

3.2 Detecção de tendências em séries hidrológicas

Dos diversos estudos realizados para verificar a estacionariedade ou detecção de tendências em séries hidrológicas, a maioria dos estudos utiliza testes de hipóteses (ou testes de significância) como métodos mais utilizados. Tratam-se de ferramentas estatísticas utilizadas para validar suposições acerca dos dados de interesse. Um teste estatístico, consiste em avaliar se uma dada hipótese é verdadeira (ou não) com certa probabilidade (DEVORE, 1991). Num teste estatístico, sempre são formuladas duas hipóteses excludentes, a hipótese nula (H_0) e a hipótese alternativa (H_1). Geralmente o teste analisa a hipótese nula (H_0), que pode ser aceita

ou rejeitada, em função da informação contida na amostra. Se as hipóteses forem complementares, H_1 é adotada como verdadeira no caso de rejeição de H_0 .

Após a definição das hipóteses, uma estatística do teste é calculada com base na amostra e comparada a percentis de sua distribuição de probabilidades. O nível de significância (α) do teste estabelece uma região de rejeição da hipótese nula na distribuição de probabilidades amostral da estatística do teste. Ou seja, o nível de significância define um valor crítico para a estatística do teste, acima do qual há rejeição da hipótese nula. Valores típicos para α , são 1%, 5% ou 10% (Wilks, 2006). Ressalta-se que os testes podem ser feitos de forma bilateral, na qual o que importa é a presença ou não da tendência independentemente de seu sentido (e.g. crescimento ou decaimento), ou unilateral, no qual pode ser testado um sentido específico de tendência, bastando que se fixe a região de rejeição em uma das caudas da distribuição de probabilidades.

Na análise de testes estatístico, quatro situações podem se verificar (Tabela 3.1), pois, a hipótese nula pode ser verdadeira ou não e o teste pode rejeitar ou não essa hipótese.

Tabela 3.1: Resultados de Teste Estatístico

Ação	Verdade	
	H_0	H_1
Rejeita H_0	Erro Tipo I	Ação Correta
Aceita H_0	Ação Correta	Erro Tipo II

A probabilidade do erro tipo I, geralmente representada por α e o seu complemento $1 - \alpha$, pode ser arbitrada ao especificar a região de rejeição. A probabilidade do erro tipo II (β) é uma característica do tipo do teste. O seu complemento $1 - \beta$, chama-se poder do teste. Geralmente a probabilidade α é selecionada abaixo de 10%, mostrando que a hipótese nula é preferencial, isto é, ela só é rejeitada se existir uma forte evidência de ser falsa.

Os testes de hipóteses podem ser agrupados em duas categorias: (i) testes paramétricos e (ii) não paramétricos. Nos testes paramétricos, assume-se conhecer a distribuição de probabilidades representativa dos dados em análise. Enquanto que, os testes não paramétricos não necessitam da especificação prévia da distribuição de probabilidades subjacente aos dados, de tal sorte que a distribuição de probabilidades dos dados não é relevante (Wilks, 2006; Pinto *et al.*, 1976; Detzel, 2015). É evidente que, pela natureza estocástica das variáveis hidrológicas, essa distribuição de probabilidades em geral não é conhecida. Sendo que na prática assume-se uma distribuição aproximada para os dados em análise. Porém, os testes paramétricos possuem mais suposições para a sua validação (REIS e JÚNIOR, 2007), e ainda grande parte destes testes, requerem que as variáveis aleatórias em análise, sejam normalmente distribuídas

(PINTO, 1976). Por estas razões, muitos pesquisadores optam pelos testes não paramétricos mesmo sabendo que são menos poderosos quando comparados aos testes paramétricos (Detzel, 2015).

Na utilização dos testes de significância paramétricos ou não paramétricos, a elaboração das hipóteses é feita sempre antes da análise da série, de forma que o investigador não seja influenciado pelo comportamento da variável (Koutsoyiannis, 2006; Naghettini e Pinto, 2007). Por outro lado, os elementos das amostras devem ser independentes e identicamente distribuídos (iid), fato que a rigor não ocorre na maioria das séries hidrológicas. A presença de autocorrelação entre os registros pode influenciar a ocorrência de qualquer outra observação futura, levando a resultados errados dos testes.

Apesar de críticas, por parte de alguns pesquisadores (Koutsoyiannis, 2006) e limitações teóricas importantes, a utilização de testes de hipóteses na análise do comportamento estatístico de variáveis hidrológicas, é notória na literatura.

Na sequência e mais detalhadamente no capítulo 5 deste trabalho, são apresentados de forma detalhada, as principais técnicas utilizadas neste trabalho para análise da estacionariedade estatística e suas aplicações.

3.3 Análise Exploratória de Dados (EDA)

Apesar de existirem várias técnicas para detecção de tendências em séries temporais, com especial atenção para testes estatísticos, recomenda-se inicialmente uma análise gráfica das séries temporais antes da aplicação de outros métodos, principalmente o uso de testes estatísticos (GRAYSON *et al.*, 1996). Eles consideram ainda que, a representação gráfica dos dados, pode fornecer informações valiosas sobre possíveis tendências e para a criação de hipóteses a respeito da natureza das eventuais tendências, que devem ser comprovados pelos testes de significância. Esta técnica de análise é chamada Análise Exploratória de Dados “ou em inglês”, *Exploratory Data Analysis (EDA)*”.

A *EDA*, é essencial para uma análise preliminar e para formulação de hipóteses. Consiste no uso de gráficos e outros métodos heurísticos para explorar, interpretar e representar informações relevantes de séries temporais. Exemplos são histogramas, gráficos e regressões temporais e de correlação, testes de normalidade e funções suavizadoras. Kundzewicz e Robisson (2000), consideram estudos de não estacionariedade que não contemplem a *EDA* incompletos.

Uma das abordagens mais comuns na *EDA* é o uso de funções suavizadoras, como *Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS)*, utilizadas por Alemaw e Chaoka (2002), que usam

médias e medianas móveis. O método, considera a média ou mediana da variável a ser estudada sobre tempos sucessivos, permitindo desta forma a suavização dos dados. Este tratamento, elimina flutuações aleatórias localizadas, evidenciando as eventuais tendências (GRAYSON *et al.*, 1996). Note-se que, os resultados tendem a ser mais satisfatórios quando se utiliza a mediana em vez da média, pois, a mediana é menos influenciada por valores atípicos (*outliers*) e é uma medida mais robusta de tendência central (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Fill (2011), utilizou na *EDA* um método que consiste em plotar os valores acumulados contra o tempo, para detectar eventuais mudanças na declividade de retas ajustadas entre períodos. Pontos de mudança de declividade na série são indicações de não estacionariedade. As subamostras anteriores e posteriores ao ponto de mudança são então, submetidas a testes estatísticos de significância.

É necessário, porém, nesta análise, utilizar testes estatísticos como testes de autocorrelação total e parcial, para avaliar a condição de dependência serial dos dados (LOUCKS & VAN BEEK, 2005). Estes autores, sugerem, a aplicação de testes multivariados que levam em conta a dependência estatística entre as estações, em séries onde se verifica a independência entre os dados regionalizados (correlação parcial). Por outro, verificando-se autocorrelação, o ajuste de um teste estatístico aos dados é proposto por Fill *et al.* (2012) com a aplicação dos testes aos resíduos (supostos independentes) do respectivo processo estocástico. Pode-se avaliar ainda a homogeneidade das séries, utilizando testes de medida da heterogeneidade.

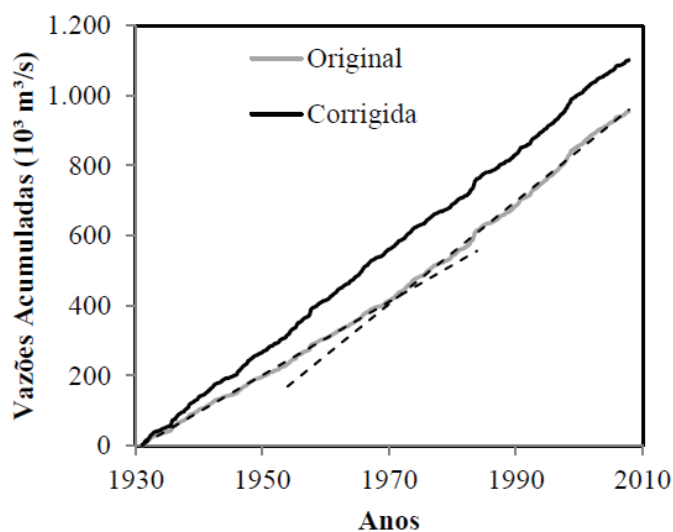
Após aplicação da *EDA* é necessário a aplicação de testes de hipótese para uma verificação mais rigorosa das eventuais tendências observadas. Uma descrição sobre as principais técnicas e suas aplicações pode se encontrar em Detzel (2015), sendo que, no capítulo 5 são apresentadas as técnicas utilizadas neste trabalho.

3.4 Remoção do comportamento não estacionário em séries históricas

Geralmente, a formulação de modelos utilizados na análise e simulação de processos hidrológicos, usam a premissa de estacionariedade das séries, como por exemplo é o caso de modelos autorregressivos ARMA (*Autoregressive Moving Average Model*), proposto por Box *et al.* (1964) e por Hipel e McLeod (1994). Por esta razão, é necessário testar a condição de estacionariedade antes de submeter os dados aos modelos. Se as séries não apresentam comportamento estacionário, normalmente deve-se aplicar um procedimento de correção antes de submetê-las ao modelo.

Batista *et al.* (2009) e Fill (2011), utilizaram um método gráfico, parcimonioso e simples, mas que traz bons resultados e que diminui o custo computacional, para detectar tendências em séries hidrológicas. O método consiste em plotar as series acumuladas de vazão contra o tempo. Séries com comportamento não estacionário apresentam uma (ou mais) quebra(s) de tendência (declividade) em algum(ns) momento(s), sendo possível um ajuste para tornar a série estacionária pela diferença entre as declividades das retas parciais como descrito em Detzel *et al.* (2011). Os autores, dividiram a série acumulada em duas com base no ponto de quebra de tendência e calcularam os coeficientes angulares ajustados a cada subperíodo. Por fim, multiplicaram o coeficiente angular de um período com o outro, linearizando a tendência da série como um todo, corrigindo desta forma a parte inicial da série, como ilustra o exemplo a Figura 3.1.

Geralmente, multiplicam-se as vazões médias do período mais antigo pela relação entre os coeficientes angulares do período recente e do antigo, na tentativa de priorizar a porção atual da série. No entanto, o método possui as limitações, pois, depende da subjetividade do analista na escolha dos períodos. Por outro lado, o método pode se tornar bastante cansativo quando se trabalha com múltiplas séries.



As linhas tracejadas ajustadas sobre a série original evidenciam a quebra de tendências.

Figura 3. 1: Método gráfico para remoção do comportamento não estacionário

Fonte: Detzel *et al.* (2011).

Quando o comportamento não estacionário da série puder ser representado por uma tendência linear (e.g. não estacionariedade na média), a alternativa é estimar seu coeficiente angular e aplica-lo à série original. Tal estimativa pode ser feita pelo método dos Mínimos Quadrados, ou pela estimativa não paramétrica proposta por Sen (1968). Esta última é tida como

mais robusta, pois está imune à eventual não normalidade da série e é menos afetada por valores extremos (Zhang *et al.*, 2000). O estimador não paramétrico do coeficiente angular de Sen é dado pela equação 3.3 (Detzel, 2015):

$$b = \text{mediana} \left[\frac{z_j - z_i}{t_j - t_i} \right] \text{ para } 1 \leq i \leq j \leq n \quad (3.3)$$

Onde: z_i e z_j representam a série original e t_i e t_j tempo nas posições i ou j .

A tendência na série é removida por meio da equação 3.4, apresentada em Yue *et al.* (2002):

$$z_t^* = z_t - bt \quad \text{com } t = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.4)$$

A nova série z_t^* é considerada estacionária e pode ser utilizada em modelos hidrológicos estacionários como *ARMA*.

4. DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DADOS DISPONÍVEIS

Com o presente capítulo pretende-se fazer um enquadramento da área de estudo e apresentar algumas características hidrológicas básicas sobre a mesma. Faz-se referência ainda, aos principais empreendimentos e o potencial hidroelétrico da bacia. Por fim apresentam-se as estações fluviométricas e as características dos dados utilizados.

4.1 Localização Geográfica da bacia

A bacia hidrográfica do rio Zambeze localiza-se na região da África Austral, entre as latitudes 10°S e 20°S e as longitudes 20°E e 37°E (ZAMCOM et al., 2015). É a quarta maior bacia hidrográfica de África, e a maior em Moçambique, tendo uma forma alongada, orientada no sentido Oeste-Este (W-E), com uma área total de $1,39.10^6$ km². Na sua extensão, abrange oito países, Angola, Zâmbia, Namíbia, Botswana, Zimbabwe, Malawi, Tanzânia e Moçambique e tem uma população estimada de 30 milhões de pessoas (ZAMCOM et al., 2015). A bacia hidrográfica do rio Zambeze é representada na Figura 4.1 com indicação das principais estações fluviométricas utilizadas na presente dissertação. Na Figura 4. 2 são apresentados os principais rios e as sub-bacias da bacia Zambeze.

O rio Zambeze nasce nas montanhas de Kalene na região noroeste da Zâmbia e sudoeste da República Democrática do Congo (RDC), a cerca de 1 450 m de altitude. Entra por Angola, desce ao sul passando por Zâmbia e segue para leste, estabelecendo fronteira entre Zâmbia e Zimbabwe, atravessa Moçambique de oeste para leste e desagua no Oceano Índico num enorme delta, totalizando um percurso de 2 574 km (ENERMOZ & HCB, 2012). Em Moçambique, a bacia, apresenta uma área de 140 000km² e abrange toda província de Tete, uma parte de Manica, Sofala, Zambézia e uma pequena parte de Niassa (Lago Niassa) (ENERMOZ & HCB, 2012). Ao longo do seu percurso, verificam-se várias quedas de água, com destaque as Cataratas Vitória, com cerca de 1 708 m de extensão e uma queda de 99 m. Referem-se, ainda, as Cataratas Chavuma, próximas da fronteira Angola-Zâmbia e as Ngonye Falls, perto de Sioma, na região ocidental da Zâmbia (ENERMOZ & HCB, 2012).

ENERMOZ & HCB (2012) apontam ainda que, no oeste da Zâmbia encontram-se as planícies de inundação do Zambeze, na terra do povo Lozi. Existem cinco grandes pântanos, o Borotse, o Eastern Caprivi, o Kafué, o Busanga e o Lukanga, cobrindo uma área de 20 000 km² nos períodos de cheia.

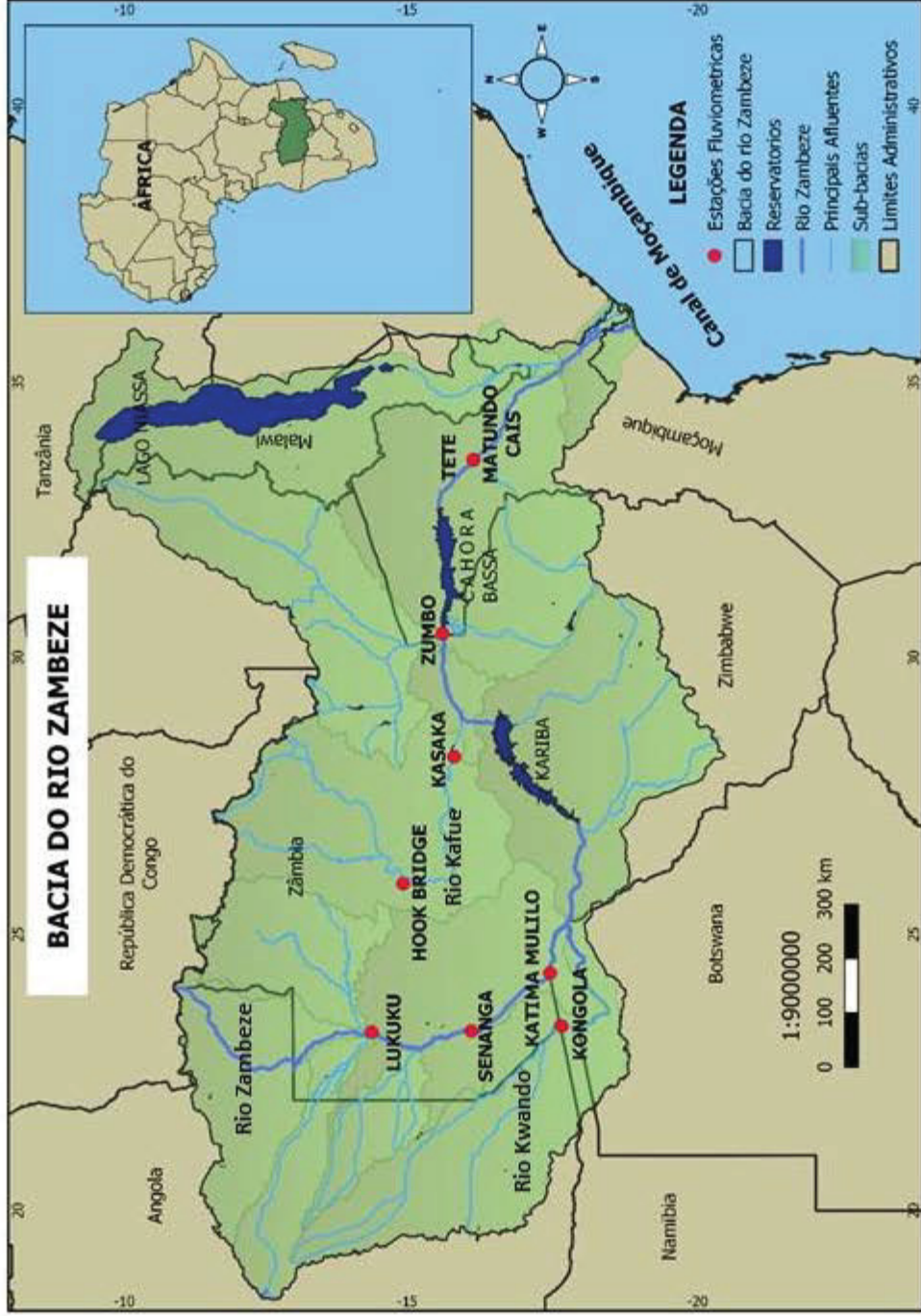


Figura 4. 1: Localização geográfica da bacia do rio Zambeze
 Fonte: O autor (2019)

Pode-se encontrar ainda um grande número de lagos naturais, sendo o mais importante o Lago Malawi (30 000 km²). A bacia do Zambeze subdivide-se em três regiões, a saber:

- **Alto Zambeze**

A bacia do Alto Zambeze, com uma área de 507 200 km², compreende toda a rede hidrográfica de Angola, Zâmbia, Namíbia e Botswana até Victoria Falls (BANZE, 2014). A precipitação média anual é na ordem de 1 000 mm, que gera um escoamento médio anual de 88 mm, o que corresponde a um coeficiente de escoamento de 8,8%. Ainda de acordo com a fonte, a precipitação varia entre 600 mm no Sul, no território de Botswana e da Namíbia, e 1 300 mm no Norte, em território Angolano.

- **Médio Zambeze**

A bacia do Médio Zambeze possui uma área de 543.200 km² e compreende as sub-bacias de Kariba, a jusante de Victoria Falls, do Kafue e a usina de Cahora Bassa, que inclui a sub-bacia do Luangwa-Lusemfwa. Em média a precipitação anual é de 920 mm, produzindo um escoamento de médio de 87 mm, com coeficiente de escoamento de 9,5% (BANZE, 2014). A maior contribuição do escoamento (cerca de 120 mm) é dada pela sub-bacia do Luangwa. A precipitação anual varia entre 600 mm, ao sul do reservatório de Cahora Bassa e 1 300 mm no alto Kafue (BANZE, 2014).

- **Baixo Zambeze**

A bacia do Baixo Zambeze, é compreendida entre Cahora Bassa e o Oceano Indico, com cerca de 339 600 km² de área. Em quase toda a sua extensão o rio é navegável, embora seja pouco profundo em algumas regiões, sobretudo na estação seca. Atravessa grandes áreas planas até desaguar no oceano indico (BANZE, 2014). Apenas na garganta de Lupata, a 350 km da foz, o rio confina-se entre altas colinas. Tem como principais tributários neste trecho os rios Luia, Revubué, Luenha e Chire (BANZE, 2014).

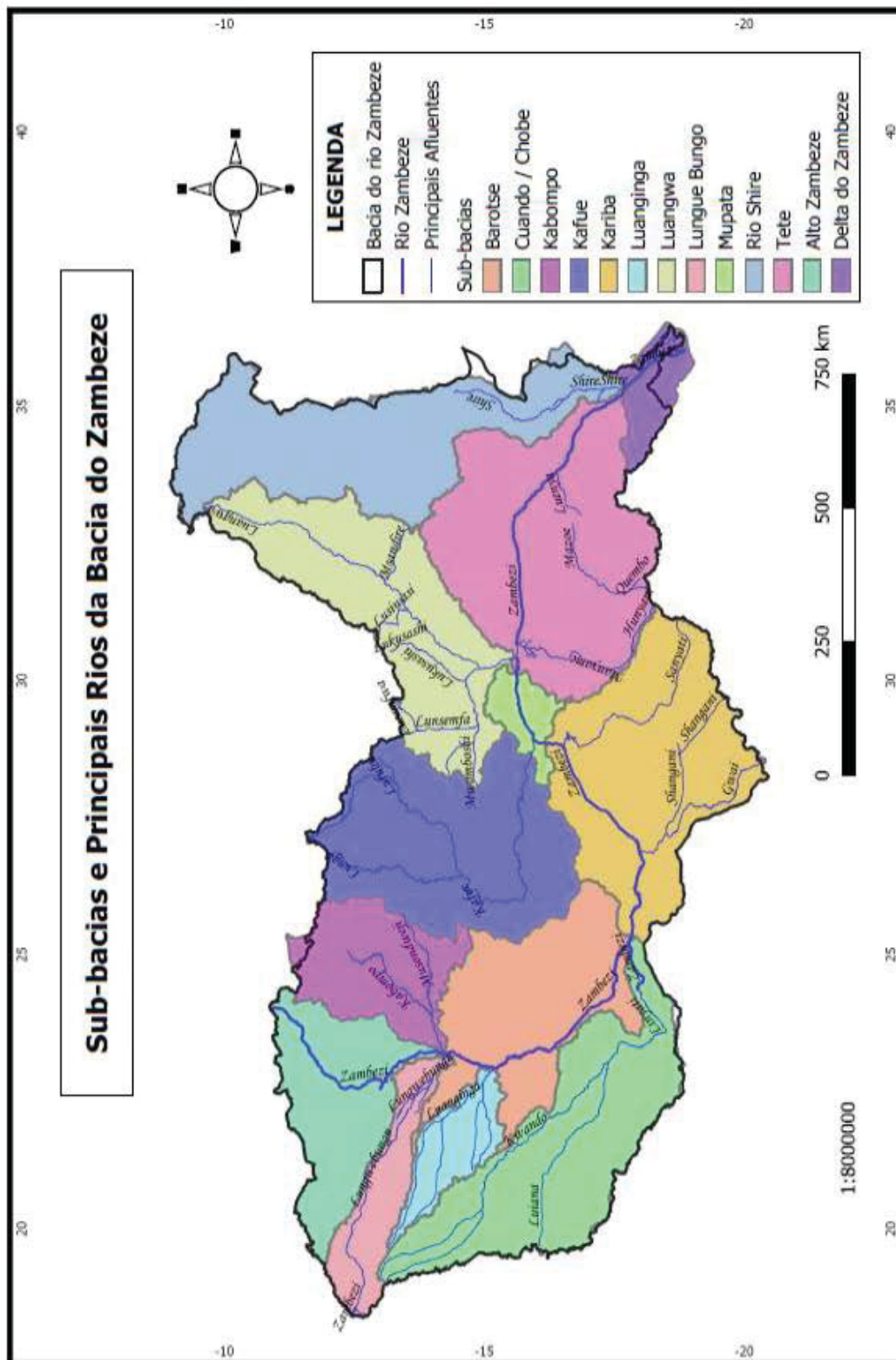


Figura 4. 2: Sub-bacias e Principais rios da bacia do Zambeze
 Fonte: O autor. (2019)

4.2 Características Climáticas

O clima da bacia é muito influenciado pelos sistemas de ventos predominantes, que incluem os Ventos de Sueste, a Massa de Ar do Congo, os Ventos de Nordeste e a Zona de Convergência Intertropical (ZAMCOM et al., 2015). Além destes sistemas, é notória a presença de grandes massas de água, que desempenham um papel importante na alteração das condições meteorológicas da bacia. A temperatura média da bacia varia grandemente em função da elevação, e muito pouco com a latitude (ZAMCOM et al., 2015). No mês mais frio, julho, a temperatura varia entre cerca de 13°C para as áreas de maior altitude no sul da bacia e cerca de 23°C para as áreas de baixa altitude ao redor do delta em Moçambique. Podendo ocorrer geada em alguns pontos mais elevados da bacia, nos meses de junho ou julho, com temperaturas que chegam a atingir 0°C (ZAMCOM et al., 2015). Para os meses mais quentes, outubro e novembro, as médias diárias variam entre 23°C e 31°C, em função da latitude e altitude (vale do Zambeze). A evaporação potencial média anual varia entre 1 800 e 2 000 mm, o que dá uma média de cerca de 5 mm por dia (ZAMCOM et al., 2015).

4.3 Precipitação

A bacia é caracterizada por uma única estação chuvosa. Sendo mais longa no Norte e no Nordeste, e muito mais curta no Sudoeste. A precipitação ocorre predominantemente durante o verão (novembro a março), e os meses de inverno (abril a outubro) são geralmente secos (BEILFUSS, 2012). A parte norte recebe mais precipitação (1000 mm/ano) que o sul da bacia (700 mm/ano). Em média, a precipitação anual varia entre 500 mm/ano, na parte sul e sudeste, e pouco mais de 1.400 mm/ano nas sub-bacias do Alto Zambeze e Kabompo, nas margens nordeste do Lago Malawi/Niassa/ (Nyasa na Tanzânia) e na zona fronteira, onde o Malawi encontra Moçambique (ZAMCOM et al., 2015).

A precipitação é caracterizada por uma variação considerável em toda a bacia, tanto espacial como temporal.

4.4 Vazões

O regime de escoamento natural do rio Zambeze reflete os padrões de precipitação descritos acima, e é caracterizado pela alta variabilidade sazonal e anual (ZAMCOM et al., 2015). Os afluentes do Zambeze drenam rapidamente as precipitações do Planalto da África Central, atingindo sua vazão máxima entre janeiro e abril e vazões mínimas entre outubro e novembro (BEILFUSS, 2012). Nas cabeceiras do Zambeze, no rio Kafue e nas bacias do rio

Shire, os grandes sistemas de inundação capturam as águas das cheias e podem atrasar as descargas de pico até o final da estação chuvosa ou mesmo para o início da estação seca.

O escoamento superficial médio anual em toda a bacia é de apenas 80 mm, gerados a partir de uma precipitação de quase 1000 mm (BEILFUSS, 2012). A maioria da chuva é armazenada em planícies de inundação e outras depressões ou interceptadas por plantas, onde é perdida por evapotranspiração ou se infiltra nas camadas profundas do solo. O volume total do escoamento anual natural (não regularizada) é estimado em 110 732 milhões de m³ (Mm³), o que corresponde a uma vazão média de longo período de 2,53 l/s.km² ou 3 511 m³/ s (BEILFUSS, 2012).

4.5 Terra e cobertura florestal

Cerca de 75% da área na bacia é coberta por floresta e arbusto. 13% são ocupados por agricultura, principalmente a de sequeiro, e as pastagens cobrem cerca de 8% da área da bacia. Dos restantes 4% da área da bacia, aproximadamente 1% é ocupado pelos reservatórios artificiais e a outra parte pelas zonas urbanas (ZAMCOM et al., 2015).

4.6 Aproveitamento Hidráulico da bacia do rio Zambeze.

A bacia do rio Zambeze possui vários aproveitamentos hidráulicos de referência mundial (Figura 4.3). Destacam-se a barragem e o reservatório de Kariba (5 180 km²), com capacidade de armazenamento máximo igual a 64 800 Mm³, constituindo o terceiro maior reservatório artificial do mundo e o segundo na África. A barragem e o reservatório de Cahora Bassa (2 660 km²), com capacidade máxima de 51 704 Mm³, é o 12º maior do mundo e o quarto de África. Os reservatórios restantes, raramente tem capacidades menores, com ênfase para os reservatórios da barragem de Kafue (809 km²) e de Ithezithezi (365 km²) (ENERMOZ & HCB, 2012).

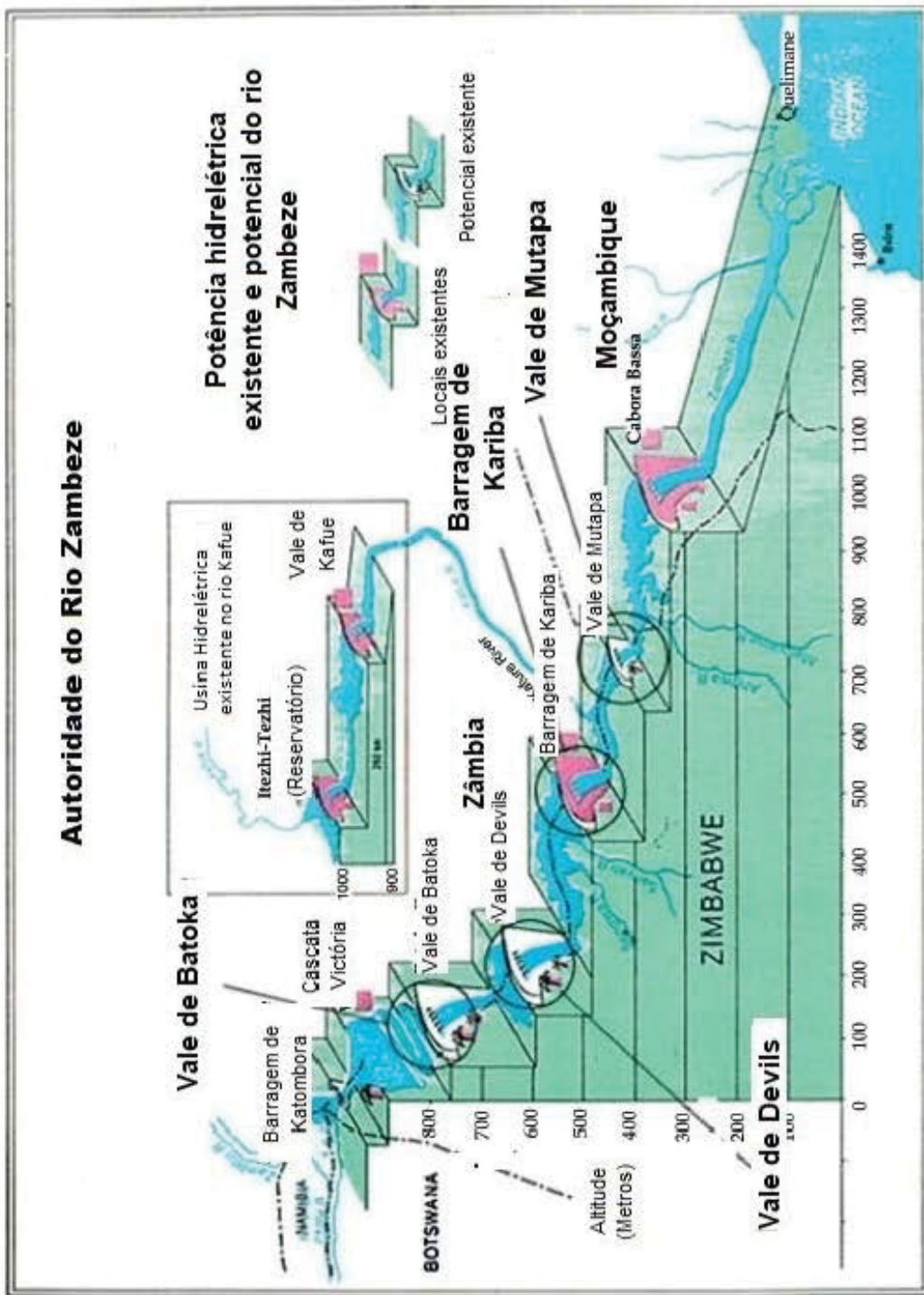


Figura 4. 3: Perfil longitudinal da bacia do rio Zambeze
 Fonte: adaptado de MACDONALD, M. (2008)

4.7 Impactos das barragens de Kariba e Cahora Bassa

A Barragem de Kariba, finalizada em 1959, possui cerca de 131 m de altura e represa um reservatório artificial entre os maiores do planeta, com uma capacidade de armazenamento de 64,800 Mm³ (BEILFUSS, 2012). Tem um comprimento de mais de 300 Km de extensão. O lago Kariba criado por esta barragem cobre uma área aproximada de 5 180 Km². Esta barragem situa-se na fronteira internacional, produz energia repartida entre a Zâmbia e Zimbabwe respetivamente pelas centrais Kariba Norte e Kariba Sul. É gerida pela Zambezi River Authority (ZRA), companhia pertencente aos estados dos dois países e tem uma potência instalada de 1 470 MW repartida entre as duas centrais hidroelétricas e que equivalem a uma descarga de 1 800 m³/s (ENERMOZ & HCB, 2012).

A vazão média anual na secção da barragem é de cerca de 1 300 m³/s e o descarregador de cheias, dimensionado para um período de retorno de 10 000 anos, tem uma capacidade de descarga de 9 500 m³/s (WCD, 2000). A barragem de concreto em arco com dupla curvatura tem sido caso de estudos e melhorias ao longo do tempo, no entanto a erosão provocada na base da barragem do lado de jusante tem colocado sérios riscos à sua segurança (WCD, 2000). A área de drenagem no local da barragem equivale a 687 049 km².

A Barragem de Cahora Bassa situada em Moçambique é o maior empreendimento hidroelétrico realizado por Portugal e foi concluído no ano de 1974. Tem uma altura de 163,5 m até à cota do coroamento a 331 m acima do nível médio do mar. O nível máximo de armazenamento está à cota de 326 m. A comporta de descarga de superfície situado à cota de 320,5 m tem uma descarga máxima de 600 m³/s e serve para limpeza de material flutuante (ENERMOZ & HCB, 2012). A barragem conta ainda com mais 8 descarregadores de fundo principais com saída em salto de esqui para afastar os jatos de água do pé da barragem. Estes descarregadores têm uma capacidade total de descarga de 13 800 m³/s. A central hidroelétrica está equipada com cinco grupos Francis verticais com um caudal unitário de 452 m³/s e uma potência de 415 MW (ENERMOZ & HCB, 2012), o que corresponde a uma potência total instalada de 2 075 MW. O Lago de Cahora Bassa criado pela barragem tem 51,704 Mm³ de volume máximo (BEILFUSS, 2012) e uma área de cerca de 2 660 km² (MATOS, 2014). A área de drenagem no local do barramento é de 1 050 000 km².

Estas barragens além de geração de energia elétrica, conseguiram mitigar alguns problemas de inundações no Delta do Zambeze, que de outra forma seriam muito mais frequentes e intensas, embora o problema ainda persista. Por outro lado, os reservatórios criados pelas barragens foram responsáveis pelo deslocamento de várias vilas e aldeias devido à sua

dimensão. Atribui-se ainda a estas barragens a responsabilidade pela deterioração da fauna e flora pelo fato de as planícies de inundação terem ficado privadas de muitos nutrientes das águas do Zambeze pois muitos sedimentos ficam retidos nestes reservatórios. É também atribuída a estas barragens o aumento da perda de água por evaporação provocando alterações no regime hidrológico da bacia. Além destes dois aproveitamentos hidrelétricos, existem outros de menor magnitude, listados na Tabela 4.1 e sendo alguns apresentados esquematicamente na Figura 4.3. Na Figura 4.3 pode-se verificar ainda que, o desnível total do rio principal está praticamente todo utilizado pelos vários aproveitamentos hidrelétricos.

Tabela 4. 1: Empreendimentos hidrelétricos e reservatórios existentes na Bacia do Rio Zambeze

Nome	Rio	País	Tipo	Capacidade (MW)	Volume (Mm ³)
Cataratas Vitória	Zambeze	Zâmbia	Fio de água	108	----
Kariba	Zambeze	Zâmbia e Zimbabwe	Reservatório/ hidrelétrica	1 470	64 800
Itezhi Tezhi	Kafue	Zâmbia	Reservatório/ hidrelétrica	n/d	5 700
Garganta do Kafue	Kafue	Zâmbia	Reservatório/ hidrelétrica	990	885
Mulungushi	Mulungushi	Zâmbia	Reservatório/ hidrelétrica	20	230
Lunsemfwa	Lunsemfwa	Zâmbia	Reservatório/ hidrelétrica	18	45
Lusiwasi	Lusiwasi	Zâmbia	Reservatório de regularização	12	16 329
Cahora Bassa	Zambeze	Moçambique	Reservatório/ hidrelétrica	2 075	51 704
Wovwe	Wovwe	Malawi	Reservatório de regularização	4,35	----
Kataratas Nkula A&B	Shire	Malawi	Reservatório de regularização	124	----
Tedzani	Shire	Malawi	Reservatório de regularização	90	----
Kapichira Fase I	Shire	Malawi	Reservatório de regularização	64	----

n/d - não disponível.

Fonte: Adaptado de Banco Mundial (2010) e Beilfuss (2012).

Ainda assim é possível aumentar o potencial hidroelétrico do Zambeze pela criação de novos aproveitamentos menores nos afluentes. Esses aproveitamentos pequenos conseguem produzir energia e fornecer água sem provocar impactos ambientais de um grande reservatório.

4.8 Visão Geral e Potencial hidroelétrico de Moçambique

De acordo com o relatório da WSHPR (2016), a capacidade total instalada em Moçambique em 2014 era de 2 425 MW com 2 225 MW (91,8 %) de energia hidroelétrica e

200 MW de combustível fóssil. Em 2014, a geração de eletricidade atingiu 14.895 GWh, com 14.546 GWh (91,1 %) de energia hidrelétrica e o restante de usinas a gás (PAULO *et al.*, 2016).

O setor da energia em Moçambique, que compreende todas as fontes de energia primária e transformada, envolve as seguintes partes interessadas (PAULO *et al.*, 2016): Electricidade de Moçambique (*EDM*); Hidroelétrica de Cahora Bassa (*HCB*); Companhia Eléctrica do Zambeze (*CEZA*); Redes Energéticas Nacionais de Moçambique (*REN*); Empresa de Transmissão de Moçambique (*MOTRACO*); Fundo Nacional de Energia (*FUNAE*); Instituto Nacional do Petróleo (*INP*); Companhia Moçambicana de Hidrocarbonetos (*CMH*); Produtores Independentes de Energia (*IPP*).

O maior potencial hidrelétrico de Moçambique ainda disponível está na Bacia do rio Zambeze em locais como Cahora Bassa II e Mphanda Nkuwa (PAULO *et al.*, 2016). Os principais aproveitamentos hidroelétricos existentes são apresentados na Tabela 4.2, sendo a barragem de Cahora Bassa o principal (WSHPDR, 2013)). Na Tabela 4.3 são apresentados os principais potenciais hidroelétricos futuros.

Tabela 4. 2: Principais aproveitamentos existentes

Barragens	Bacia	Queda (m)	Vol. (10 ⁶ m)	Q _{med} (m ³ /s)	Pot. Hidroel. (MW)	Área Irrig. (Ha)	Uso Principal
Mavuzi	Rovué	8,5	1,2	1 400	52	----	Hidroel ¹ .
Chicamba Real	Rovué	75,0	1 820,0	680	36	----	Hidroel.
Cahora Bassa	Zambeze	103,5	51 704,0	2 150	2 075	----	Hidroel.
Corrumana	Sábiè	45,0	1 230,0	630	16,60	36 000	Hidroel./Irrig. ²
Massingir	Elefantes	48,0	2 256,0	1800	45	70 000	Hidroel./Irrig.

¹Hidroeletrica. ²Irrigação

Fonte: Adaptado de WSHPDR (2013).

Tabela 4. 3: Potenciais Hidroelétricos futuros

Projetos	Pot. (MW)	Q _{med} (m ³ /s)	Queda (m)	Prod. Anual. Energia (GWh)	Província de localização
Bué-Maria	40	-----	-----	-----	Sofala
Moamba Major	27	-----	-----	-----	Maputo
Mpanda Nkuwa	1 780	3 400	58	12 450	Tete
Alto Malema	80	60	27	229	Zambézia
Cahora Bassa II	1 200	1 320	120	6 800	Tete
Lupata	654	3 025	80	4 960	Tete
Boroma	444	60	38	3 240	Tete
Luia	234	350	98	975	Tete
Revubue	120	60	80	510	Tete

Fonte: adaptado de Banze (2014)

4.9 Estações Fluviométricas

Na Figura 4.1, são apresentadas as estações fluviométricas da bacia que foram utilizadas no trabalho. Desta rede de estações foram selecionadas algumas estações fluviométricas chaves que foram utilizados na análise da estacionariedade das vazões (Tabela 4.4). O critério para seleção das estações é baseado na disponibilidade e qualidade dos dados (isto é, períodos longos, ininterruptos e consistidos). Outros critérios utilizados são baseados na localização da estação e series com observações recentes, que possam representar razoavelmente períodos com características hidrológicas distintas.

Os dados fluviométricos de vazão (m^3/s) foram obtidos a partir de banco de dados da Administração Regional de Águas do Zambeze (ARA Zambeze) de Moçambique. Outras informações adicionais sobre as estações fluviométricas foram retiradas de ZAMCOM *et al.* (2016).

Tabela 4. 4: Estações Fluviométricas

Nº	País	Sub-bacia	Rio	Código	Nome da Estação	Latitude (°)	Longitude (°)	Altitude (m)	Área (km ²)	Anos	Período Observação
1	Moçambique	Tete	Zambeze	310	Zumbo	-15,618	30,443	343	n/d	37	1979/10-2016/09
2	Moçambique	Tete	Zambeze	320	Tete	-16,155	33,589	149	940 000	37	1979/10-2016/09
3	Moçambique	Tete	Zambeze	387	Matundo Cais	-16,150	33,592	117	n/d	30	1960/10-1990/04
4	Namíbia	Cuando/Chobe	Kwando	68022	Kongola (HYCOS) ¹	-17,683	23,340	980	170 000	46	1962/02-2014/06
5	Namíbia	Barotse	Zambeze	68017	Katima Mulilo	-17,483	24,300	940	339 521	72	1943/01-2015/09
6	Zâmbia	Barotse	Zambeze	2-400	Senanga	-16,117	23,250	n/d ²	284 538	58	1947/11-2004/12
7	Zâmbia	Barotse	Zambeze	2-030	Lukuku	-14,383	23,233	n/d ²	206 531	55	1950/10-2004/11
8	Zâmbia	Kafue	Kafue	4-669	Hook Bridge ¹	-14,933	25,917	n/d ²	96 239	33	1973/03-2005/12
9	Zâmbia	Kafue	Kafue	4-977	Kasaka ¹	-15,817	28,217	n/d ²	153 351	44	1960/10-2004/10

¹Estações utilizadas apenas para o preenchimento de falhas, n/d - não disponível.

5. MÉTODOS

As principais medidas de avaliação das eventuais mudanças no regime hidrológico na bacia do rio Zambeze foram realizadas, inicialmente, a partir de uma análise exploratória dos dados (EDA) hidrológicos disponíveis e, posteriormente, por meio de testes estatísticos de estacionariedade que podem demonstrar, objetivamente, se as eventuais diferenças detectadas são estatisticamente significantes. O Fluxograma da Figura 5.1 mostra esquematicamente os procedimentos utilizados. Depois desta avaliação, será investigado se a eventual não estacionariedade das vazões pode ser atribuída a alterações de uso de solo, implantação de obras hidráulicas ou a mudança climática.

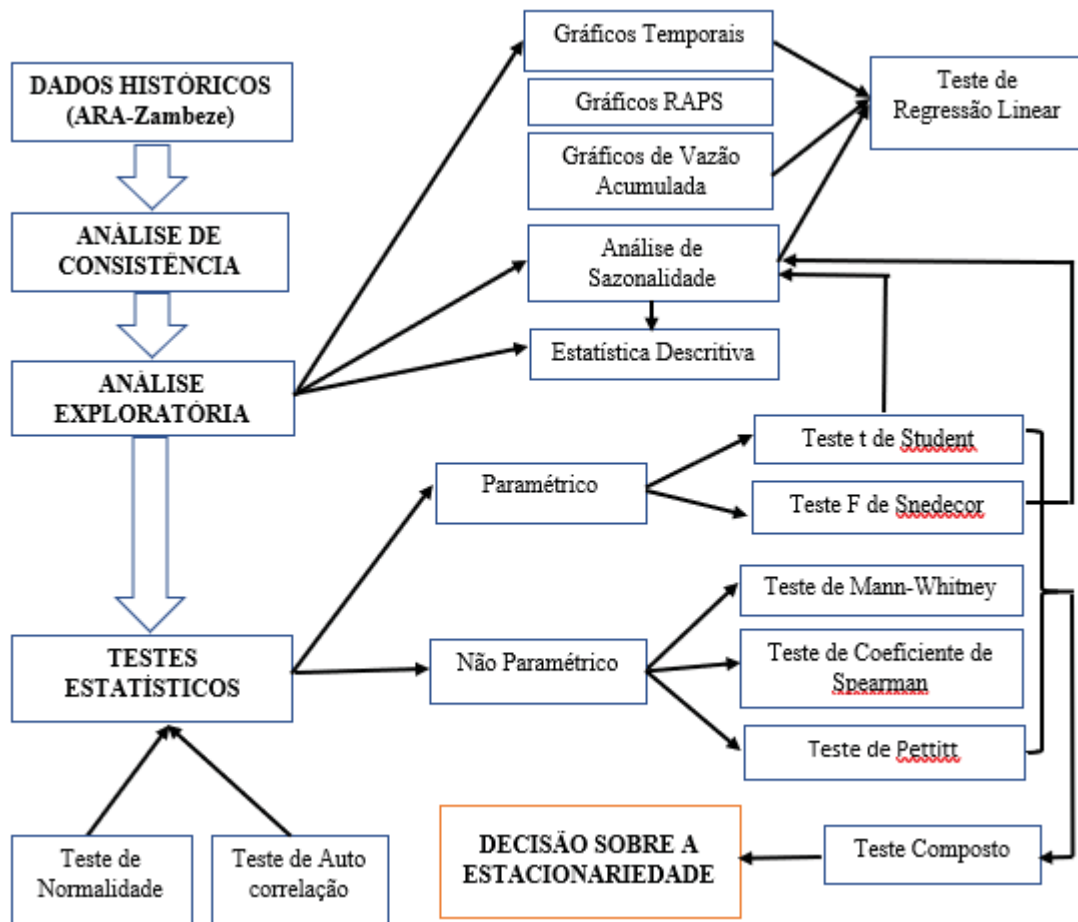


Figura 5. 1: Fluxograma do Método utilizado

Como já mencionado, a análise da estacionariedade compreende duas fases, a análise exploratória dos dados (EDA) e a aplicação de testes estatísticos.

5.1 Análise exploratória dos dados (AED)

Para investigar eventuais tendências nas séries temporais históricas de vazões é feita inicialmente uma análise subjetiva do comportamento da vazão média anual com relação à média de longo período (MLT). Esta análise é feita através da observação visual de gráficos da variação da vazão em função do tempo. É feito também o ajuste de uma reta de regressão linear, pelo método dos mínimos quadrados, para avaliar uma possível tendência linear da vazão em função do tempo.

5.1.1 Soma RAPS

Segundo Alemaw e Chaoka (2002), outra técnica preliminar bastante importante para inspeção visual de séries hidrológicas é a *Rescaled Adjusted Partial Sums* (RAPS). O método RAPS é baseado na análise de séries temporais pelo uso da curva da soma do desvio. A apresentação gráfica do método RAPS é adequada pois, evidencia pequenas mudanças sistemáticas e aleatórias, erros e variabilidade nas séries temporais (DURIN *et al.*, 2018). Destaca ainda a existência de subséries com características semelhantes, maior número de tendências, alterações súbitas de valor, flutuações irregulares e existência de periodicidade das séries temporais analisadas.

De acordo com Garbrecht e Fernandez (1994), a soma RAPS de uma função Y_t é definida como:

$$X_K = \sum_{t=1}^K \frac{Y_t - \bar{Y}}{S_Y}; \quad K = 1, 2, \dots, n \quad (5.1)$$

Onde: X_K – valor da soma RAPS no limite K; Y_t – valor da variável no instante t; \bar{Y} – média da amostra; S_Y – desvio padrão da amostra; n – tamanho da amostra.

No gráfico RAPS, um “pico” ou uma “depressão” pronunciada pode indicar uma tendência nos dados da série, sendo que a declividade positiva indica períodos em que a média anterior é maior que a média posterior ao ponto de mudança. A declividade negativa indica períodos em que a média do período anterior é menor que a média do período posterior ao ponto de mudança. A escolha, a *priori*, desses pontos de mudança no gráfico RAPS deve ser feita mediante a análise do período de maior amplitude entre um “pico” e uma “depressão” ou vice-versa. O RAPS tem uma outra interpretação específica em relação à forma do gráfico, se é bilinear ou parabólico. No primeiro caso, ele sugere haver uma quebra na série, enquanto que no segundo uma tendência de longo termo.

Muitas vezes, a análise visual dos gráficos não permite identificar tendências nas séries onde as não estacionariedades são menos evidentes. Entretanto, muitas vezes a análise de gráficos temporais simples, acumuladas ou de médias móveis permitem evidenciar uma época onde possivelmente houve alteração nas características estatísticas da série temporal.

5.1.2 Regressão Linear

Além da análise de gráficos temporais avalia-se ainda na EDA tendências e certas propriedades dos dados observados mediante testes de normalidade e dependência serial.

Tendências lineares são consideradas as mais simples formas de manifestação da não estacionariedade em séries hidrológicas. O ajuste de uma reta de regressão linear aos dados e análise de significância do coeficiente angular resultante é o método mais simples e direto. A regressão linear estima uma relação linear entre uma variável dependente y e uma variável independente t de acordo com a equação (5.2) (NAGHETTINI & PINTO, 2007):

$$y_t = \beta_1 t + \beta_2 + e_t \quad (5.2)$$

Onde: β_1 e β_2 são coeficientes do modelo de regressão obtidos pelo método de mínimos quadrados e e_t representa o resíduo do ajuste.

O coeficiente angular β_1 , é um indicador da tendência na série, caso seja estatisticamente significativo. A tendência é crescente se o β_1 for positivo e decrescente se for negativo (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

Assumindo que, a série e_t possui distribuição normal e é homocedástica (variância constante), a significância do coeficiente β_1 pode ser testado sob a hipótese nula de ser igual a zero, caracterizando uma série sem tendência (DETZEL, 2015). A inferência é baseada no teste *t de Student*, apresentada por Naghettini e Pinto (2007) e utiliza a estatística do teste t dado por:

$$T = \frac{\beta_1}{\hat{\sigma}_{c_1}} \quad (5.3)$$

O desvio padrão $\hat{\sigma}_{\beta_1}$ do coeficiente c_1 é determinado pela equação 5.4.

$$\hat{\sigma}_{\beta_1} = \sqrt{\frac{\hat{\sigma}_{e_t}^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \hat{\mu}_x)^2}} \quad (5.4)$$

Sendo $\hat{\mu}_x$ média amostral da série x_i , de extensão n e a variância amostral $\hat{\sigma}_{e_t}^2$ da série de resíduos do ajuste dada pela equação (5.5).

$$\hat{\sigma}_{a_t}^2 = \frac{\sum_{i=1}^n e_{t_i}^2}{n-2} \quad (5.5)$$

Se, $T > t_{1-\alpha/2, \nu}$, a hipótese nula é rejeitada, ao nível de significância α , sendo ν o número de graus de liberdade ($\nu = n - 2$). O valor limite de $t_{1-\alpha/2, \nu}$ é retirado da tabela da distribuição t-Student. Nota-se que, trata-se de um teste paramétrico e requer que os resíduos tenham uma distribuição aproximadamente normal.

5.1.3 Testes de Normalidade

Na aplicação de muitos testes estatísticos em particular os paramétricos, é necessário verificar-se a hipótese de normalidade dos dados ou dos seus logaritmos e de sua autocorrelação para decidir se os testes podem ser aplicados diretamente nas vazões, em seus logaritmos ou nos resíduos do modelo autorregressivo. Depois desta etapa, são aplicados testes paramétricos e não paramétricos de homogeneidade de subamostras ou de significância do coeficiente angular da regressão.

Para avaliação da normalidade dos dados, dois testes são indicados por Tröger et al. (2004), o teste de coeficiente de assimetria e teste Qui-quadrado. São indicados ainda, os testes de Filliben e de Kolmogorov-Smirnov (FILLBEN, 1975). Além destes testes, é necessário aplicação do teste de coeficiente de autocorrelação para avaliar a existência de autocorrelação entre os dados.

5.1.3.1 Teste de Assimetria

O coeficiente de assimetria amostral (\hat{g}), pode se utilizar como estatística do teste na avaliação da normalidade dos dados, estimado pela equação (5.6) (TUCCI, 2002):

$$\hat{g} = \frac{n \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n-1)(n-2)s^3} \quad (5.6)$$

Onde, n é o tamanho da série, x_i o i ésimo termo da série e s o desvio padrão da série.

Sob a hipótese nula (distribuição normal) a estatística do teste seguirá, aproximadamente, uma distribuição normal de média nula e intervalo de confiança obtido pela equação (5.7) (SALAS et al., 1985):

$$\left[\left(-u_{1-\frac{\alpha}{2}} \right) \sqrt{\frac{6}{n}}; \left(+u_{1-\frac{\alpha}{2}} \right) \sqrt{\frac{6}{n}} \right] \quad (5.7)$$

Sendo u valor associado a uma probabilidade na distribuição normal padrão, α o nível de significância adotado e n o tamanho da amostra.

Se o valor calculado para o coeficiente de assimetria estiver dentro dos limites do intervalo, os dados da série se ajustam a uma distribuição normal, com probabilidade $(1 - \alpha)$. Porém, como existem outras distribuições com o coeficiente de assimetria nulo, além da normal, este teste apresenta uma limitação e, portanto, não é recomendado.

5.1.3.2 Teste de Shapiro-Wilk

O teste proposto por Shapiro & Wilk (1965), permite verificar a normalidade de uma distribuição através da estatística W calculada pela equação (5.8):

$$W = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^n (x_{(i)} - \bar{x})^2} \quad (5.8)$$

Onde:

$x_{(i)}$ são valores da amostra ordenados de modo crescente, sendo $x_{(1)}$ o menor valor. E b uma constante determinada pela seguinte fórmula:

$$b = \begin{cases} \sum_{i=1}^{n/2} a_{n-i+1} * (x_{(n-i+1)} - x_{(i)}) & \text{se } n \text{ é par} \\ \sum_{i=1}^{(n+1)/2} a_{n-i+1} * (x_{(n-i+1)} - x_{(i)}) & \text{se } n \text{ é ímpar} \end{cases}$$

sendo que as constantes a_{n-i+1} são geradas a partir das médias, variâncias e covariâncias das estatísticas de ordem de uma amostra de tamanho n de uma distribuição Normal, cujos valores encontram-se tabelas específicas.

5.1.3.3 Teste de Anderson-Darling (AD)

O teste de aderência proposto por Anderson & Darling (1952) procura ponderar mais fortemente as caudas das distribuições, nas quais, as maiores (ou menores) observações da amostra podem alterar sobremaneira a qualidade do ajuste. O teste de aderência de Anderson-Darling, tal como o de Kolmogorov-Smirnov, baseia-se na diferença entre as funções de probabilidades acumuladas, empírica, $F_N(x)$, e a teórica, $F_X(x)$, de variáveis a ser testada. Entretanto, o teste AD dá mais peso as caudas, por meio da divisão das diferenças entre $F_N(x)$ e $F_X(x)$ por $\sqrt{F_X(x)[1 - F_X(x)]}$ (NAGHETTINI e PINTO, 2007).

A estatística do teste de Anderson-Darling é dada pela equação (5.9):

$$A^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{[F_N(x) - F_X(x)]^2}{F_X(x)[1 - F_X(x)]} f_X(x) dx \quad (5.9)$$

onde $f_X(x)$ é a função densidade, segundo a hipótese nula. A equação 5.9 foi demonstrada por Anderson e Darling (1954) o equivalente a equação (5.10):

$$A^2 = -N - \sum_{i=1}^N \frac{(2i - 1) \{ \ln F_X(x_{(i)}) + \ln [1 - F_X(x_{(N-i+1)})] \}}{N} \quad (5.10)$$

onde $\{x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(m)}, \dots, x_{(N)}\}$, representam as observações ordenadas em modo crescente.

Se a estatística A^2 resultante ser um valor elevado, as distribuições empíricas, $F_N(x)$, e teórica, $F_X(x)$, diferem muito entre si e, em consequência, a hipótese nula deve ser rejeitada. A distribuição de probabilidades da estatística do teste AD depende da distribuição de probabilidades hipotética $F_X(x)$. Se a distribuição de probabilidades, sob H_0 , é a Normal ou a Log-Normal, os valores críticos de A^2 são os apresentados em Naghettini e Pinto (2007) na Tabela 7.6. Neste caso, a estatística de teste, calculada pela equação 5.10, deve ser multiplicada pelo fator de correção $(1 + \frac{0,75}{N} + \frac{2,25}{N^2})$.

5.1.3.4 Teste de Qui-quadrado

Segundo STEDINGE R *et al.* (1993), o teste Qui-quadrado é um teste pouco poderoso, mas bastante popular para avaliar a normalidade de uma amostra. Este teste, pode ser utilizado para a avaliação de ajuste dos dados a uma distribuição qualquer (não apenas a normal). A estatística do teste Qui-quadrado é calculada pela equação (5.11) (PINTO, *et al.*, 1976), a partir do agrupamento de dados em classes:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(Nobs_i - Nesp_i)^2}{Nesp_i} \quad (5.11)$$

Onde: χ^2 é a estatística Qui-quadrado

k - número de classes

$Nobs_i$ - frequência observada na classe i , $Nesp_i$ - frequência teórica esperada na classe i , considerando-se a distribuição de probabilidade assumida (e. g. normal).

Uma estimativa do número recomendado de classes numa amostra com N elementos, pode ser obtido pela equação (5.12), para um mínimo de 5 classes:

$$k = 1 + 3,3 \log N \quad (5.12)$$

O teste de Qui-quadrado, analisa se as frequências de ocorrência dos dados em k intervalos de classe, são concordantes com as frequências esperadas para os mesmos intervalos (PINTO, *et al.*, 1976).

O valor obtido no cálculo no Qui-quadrado, é comparado com um valor crítico, obtido em tabelas da distribuição de Qui-quadrado para um dado nível de confiança α e um grau de liberdade igual ao número de classes menos 2. Se o valor de χ^2 calculado for menor ao tabelado $\chi^2_{(\alpha, k-2)}$, aceita-se a hipótese de normalidade dos dados, para o nível de confiança estipulado.

5. 1.3.5 Teste de Kolmogorov-Smirnov (KS)

O teste de KS é um teste não paramétrico de ajuste e consiste no cálculo da diferença máxima entre a função de probabilidade acumulada empírica e a teórica. Cada elemento ($x_{(m)}$) ordenado de forma crescente é associado a uma probabilidade acumulada empírica dada pela equação (5.13):

$$G_N(x_i) = \frac{i}{N + 1} \quad (5.13)$$

Em seguida são calculadas as probabilidades acumuladas teóricas, para cada x_m , segundo a função de probabilidade testada $F_X(x_i)$. A hipótese nula a ser testada é $H_0: P_r(X < x_i) = F_X(x_i)$, assumindo-se que a $F_X(x_i)$, é conhecida. Segundo Naghettini & Pinto (2007), a estatística do teste, dada pela maior diferença entre a probabilidade empírica e teórica é:

$$D_N = \max |G_N(x) - F_X(x)| \quad (5.14)$$

Para amostras com $N > 40$, os valores críticos da estatística de teste D_N serão $1,3581/\sqrt{N}$ para o nível de significância $\alpha = 0,95$ e $1,6276/\sqrt{N}$ para $\alpha = 0,99$. Valores para tamanhos menores que 40 são apresentados em Naghettini e Pinto (2007).

5. 1.3.6 Teste de Filliben

Este teste de aderência foi proposto por Filliben (Filliben, 1975), para testar a hipótese nula de normalidade. A estatística do teste de Filliben é obtida pela equação (5.15):

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{(i)} - \bar{x})(w_i - \bar{w})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_{(i)} - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (w_i - \bar{w})^2}} \quad (5.15)$$

A hipótese nula é que a amostra foi extraída de uma população com distribuição de probabilidades normal. A amostra é ordenada de forma crescente $\{x_{(1)} < x_{(2)} < \dots, x_{(i)} < \dots, x_{(N)}\}$ e os quantis teóricos calculados pela Equação (5.16):

$$w_i = \Phi_X^{-1}(1 - q_i) ; i = 1, 2, \dots, N \quad (5.16)$$

Sendo q_i a probabilidade empírica correspondente a ordem de classificação i . calculada pela expressão $q_i = \frac{i-3/8}{n+1/4}$, sugerida por Blom (Tozzi, 2014) e Φ a distribuição normal padrão. A tabela com valores críticos do teste, pode ser encontrado em Naghettini e Pinto (2007). Segundo Stedinger *et al.* (1993) este teste é mais poderoso do que o teste do Qui-quadrado ou Kolmogorov-Smirnov.

5.1.4 Teste de Autocorrelação

A análise do grau de dependência entre dados sucessivos em uma amostra, pode se avaliar por meio de autocorrelograma (Salas et al., 1985). O gráfico é construído a partir do coeficiente de autocorrelação da série (ordenada) para diversas defasagens temporais ou lags (abscissa). Segundo Jenkins & Watts apud Loucks & Van Beek (2005), o estimador do coeficiente de autocorrelação para uma defasagem igual a k é obtido pela equação (5.17):

$$\hat{r}_k = \frac{\sum_{t=1}^{N-k} (x_t - \bar{x})(x_{t+k} - \bar{x})}{\sum_{t=1}^N (x_t - \bar{x})^2} \quad (5.17)$$

Onde: \hat{r}_k é o coeficiente de autocorrelação amostral para o *lag* k ; N é o tamanho da amostra, e x_t é o t -ésimo valor da série em ordem temporal.

De acordo com Anderson *apud* Salas *et.al.* (1985), o coeficiente de autocorrelação amostral para valores independentes em séries, flutua em torno de zero seguindo uma distribuição aproximadamente normal com um intervalo de confiança de 95%, dado pela equação (5.18):

$$\hat{r}_k(95\%) = \frac{-1 \pm 1,96\sqrt{N - k - 1}}{N - k} \quad (5.18)$$

Se r_k calculado for menor que o valor crítico $r_k(95\%)$ considera-se que não existe autocorrelação entre os dados, para um nível de significância $\alpha = 95\%$ e *lag* k .

No caso de $k = 1$ as expressões para cálculo de valor esperado $E(\hat{r}_k)$ e variância $Var(\hat{r}_k)$ são dados pelas equações (5.19) e (5.20) para variáveis normais e independentes (LOUCKS & VAN BEEK, 2005):

$$E(\hat{r}_k) = -\frac{1}{n} \quad (5.19)$$

$$Var(\hat{r}_k) = -\frac{(n - 2)^2}{n^2(n - 1)} \quad (5.20)$$

Para amostras maiores que 50, a expressão para variância pode se aproximar por:

$$Var(\hat{r}_k) \cong \frac{1}{n} \quad (5.21)$$

Com erro da ordem de 5%.

No caso de processos com variáveis dependentes em escala temporal definida por $\rho_k = \rho^k$ (processos Markovianos), tem-se aproximadamente:

$$Var(\hat{r}_k) = \frac{1}{n} \left[\frac{(1 + \rho^2)(1 - \rho^{2k})}{(1 - \rho^2)} - 2k\rho^{2k} \right] \quad (5.22)$$

Com base no valor da variância, são estabelecidos os intervalos de confiança para $H_0: \rho = 0$, assumindo uma distribuição normal. Caso esta hipótese for rejeitada, os dados devem ser transformados em variáveis independentes e normalmente distribuídos. O que implica em aplicar os testes sobre os resíduos supostos independentes (FILL, 2012).

5.1.5 Cálculo dos Resíduos dos Logaritmos de Vazões

Visto que as premissas de independência serial e normalidade dos dados para aplicação dos testes de estacionariedade é rejeitada em muitas estações fluviométricas, foram calculados os resíduos dos logaritmos das vazões, conforme o modelo proposto em Fill *et al.* (2012).

Quando as vazões obedecem um processo autorregressivo de primeira ordem ou seja $\rho_k = 0$ para $k > 1$ e uma distribuição marginal log-normal de 3 parâmetros (LN3), na ausência de ciclos pode-se aplicar um modelo AR(1) as variáveis transformadas (logaritmos da vazões) (LOUCKS & VANN BEEK, 2005; STEDINGER *et al.*, 1993):

$$Z_t = \rho Z_{t-1} + \sqrt{1 - \rho^2} \varepsilon_t \quad (5.23)$$

Onde ε_t é uma variável normal padrão independente e Z_t é uma variável reduzida dada pela equação (5.24):

$$Z_t = \frac{\ln(q_t - q_0) - \mu}{\sigma} \quad (5.24)$$

De acordo com Stedinger *et al.* (1993), os parâmetros estatísticos da distribuição de probabilidade LN podem ser estimados pelo método da máxima verossimilhança:

$$\hat{\mu} = \frac{\sum \ln q_t}{n} \quad (5.25)$$

$$\hat{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum (\ln q_t - \hat{\mu})^2}{n}} \quad (5.26)$$

E para a distribuição LN3, substitui-se q_t por $q_t - q_0$ com q_0 estimado por:

$$\hat{q}_0 = \frac{q_{(1)} \cdot q_{(n)} - q_{med}^2}{q_{(1)} + q_{(n)} - 2q_{med}} > 0 \quad (5.27)$$

Onde $q_{(1)}$ e $q_{(n)}$ são o maior e o menor valor da amostra e q_{med} a mediana.

De acordo com Loucks e Van Beek (2005), o coeficiente de autocorrelação pode ser estimado pela equação (5.28):

$$\hat{\rho} = \frac{\sum(Z_t - Z_{t-1})}{\sum Z_t^2} \quad (5.28)$$

Desta forma, propõe-se a aplicação dos testes estatísticos de estacionariedade aos resíduos dos logarítmicos das vazões, em vez das próprias vazões, calculados por:

$$e_t = \ln q_t - \rho \ln q_{t-1} \quad (5.29)$$

Após a AED, deve-se recorrer a testes estatísticos que permitem rejeitar a hipótese nula da estacionariedade quando há forte evidência do contrário. São utilizadas duas classes de testes: paramétricos e não paramétricos. Nos testes paramétricos, a inferência é feita sobre os momentos populacionais das séries (geralmente médias e variâncias). Baseado nas estatísticas amostrais, é necessário assumir uma distribuição probabilística que permita a parametrização da amostra.

Por outro lado, a aplicação dos testes não paramétricos independe da distribuição de probabilidades subjacentes as amostras. Muitas vezes, é necessário fazer a verificação da hipótese de normalidade e independência dos dados para definir a estatística do teste. Em muitos casos, os testes serão aplicados diretamente nos dados ou dos resíduos, outras vezes nos logaritmos dos mesmos (vazões log-normais) ou ainda nos resíduos dos modelos autorregressivos no caso de dependência em séries de vazões.

Portanto, os testes para verificação da estacionariedade são aplicados sobre vazões médias, máximas e mínimas, anuais e sazonais, aos logaritmos dessas vazões e aos resíduos dos mesmos, em cada um dos casos específicos. Os resultados dos testes são apresentados no item 6.3 do capítulo 6.

A escolha dos testes utilizados neste trabalho, descritos a seguir, foi baseada em referências, tais como Buishand (1984), Chen e Rao (2002), Müller *et al.* (1998), Detzel *et al.* (2011) e Tozzi (2014). Porém, um dos testes recomendado pela *World Meteorological Organization (WMO)* para detecção de tendências é o teste de Mann-Kendall. Contudo, não foi aplicado neste estudo pois, Yue *et al.* (2002), afirmam que os testes de Mann-Kendall e Spearman na prática têm o mesmo poder em identificar tendências.

5.2 Testes Estatísticos para Estacionariedade

Estes testes verificam a hipótese nula de estacionariedade da série e como já foi comentado podem ser paramétricos ou não paramétricos ou empíricos.

Foram aplicados dois testes paramétricos, *t de Student* e *F de Snedecor* e dois não paramétricos *Spearman* e *Mann-Whitney*. No caso dos testes paramétricos, assume-se que as amostras envolvidas seguem uma distribuição normal e as variáveis são independentes. Geralmente as vazões não seguem uma distribuição normal, porém, frequentemente uma distribuição log-normal é um modelo razoável. Assim, se assume uma distribuição log-normal e neste caso o teste é aplicado aos logaritmos das vazões.

5.2.1 Teste *t de Student*

Um dos testes clássicos e mais simples de se aplicar é o *t de Student*. Para a sua aplicação, a amostra é subdividida em duas subamostras. A versão do teste *t de Student* aqui usada, avalia a igualdade das médias populacionais das séries das duas amostras, desconhecendo-se as variâncias populacionais (DETZEL *et al*, 2011). Os testes de hipótese para igualdade de médias têm como hipótese nula $H_0: \mu_1 = \mu_2$ e a hipótese alternativa $H_1: \mu_1 \neq \mu_2$. A estatística de teste para a igualdade das médias de duas distribuições normais é dada pela equação (5.30) (SOUZA *et al.*, 2015):

$$T = -\frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (5.30)$$

Sendo S_p^2 a estimativa da variância das populações supostamente iguais e que pode ser estimado pela combinação das variâncias das subamostras (equação 5.31):

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \quad (5.31)$$

O valor T calculado é comparado com o valor crítico da distribuição Student, com $\nu = n_1 + n_2 - 2$ graus de liberdade. Se o módulo de T calculado for igual ou inferior ao valor tabelado para o nível de confiança $\alpha/2$, a hipótese nula é aceita, caso contrário é rejeitada.

5.2.2 Teste *F de Snedccor*

O teste *F de Snedrcor* é aplicado sobre variâncias e, semelhante ao teste *t de Student*. Considera que a amostra segue uma distribuição de probabilidades normal. O teste é feito sobre duas subamostras extraídas da amostra original. O teste avalia se as variâncias das subamostras são estatisticamente iguais para um determinado nível de significância (DETZEL *et al*, 2011).

O valor da estatística de *teste F de Snedecor*, com v_x e v_y graus de liberdade para o numerador e denominador, respectivamente, é dado pela equação (5.32):

$$F = \frac{S_x^2}{S_y^2} \quad (5.32)$$

O valor F calculado deve ser comparado com o valor crítico da distribuição F tabelado, para os níveis de significância $\alpha = 0,95$ e $0,99$ e $v_x - 1$ e $v_y - 1$ graus de liberdade. A hipótese nula é aceita se o valor de F calculado for menor ou igual ao tabelado. Caso contrário é rejeitado.

5.2.3 Teste de Wilcoxon (Mann-Whitney)

O *teste Wilcoxon* da soma da ordem (*Wilcoxon Rank Sum – Test*) ou *Mann – Whitney*, proposto por *Mann e Whitney* (1947), é um teste não paramétrico e consiste na divisão da amostra em duas subamostras, que podem possuir um número diferente de elementos, pois, a análise não é feita em pares. Alguns autores, como o *Siegel e Castellan Jr.* (1988), consideram este teste um dos mais poderosos desta classe e o primeiro indicado quando não se pretende assumir nenhuma distribuição de probabilidades para os dados, como é o caso das vazões. A ideia do teste é verificar se as duas subamostras, em princípio independentes, fazem parte de uma mesma população. Nesse caso, portanto pode-se assumir a estacionaridade da série. A hipótese nula, assume que as sub-amostras provêm de uma mesma e população [$H_0: F_X(x) = F_Y(y)$].

De acordo com *Detzel* (2011), a partir da amostra completa formam-se duas subamostras de tamanho n_1 e n_2 elementos cada (geralmente anterior e posterior a um ano de mudança assumida). Na sequência, os valores são ordenados em conjunto, atribuindo-se índices $(1, 2, \dots, n_1 + n_2)$ aos valores ordenados. A estatística de *teste W* é obtida através da soma dos índices da subamostra, x_1 ou x_2 , o que resultar no menor valor. Para amostras consideradas grandes ($n_1 > 8$ e $n_2 > 8$) a distribuição amostral de W aproxima-se da Normal, com variável normal padrão determinada pela equação (5.33):

$$Z = \frac{W - m(m + n + 1)/2}{\sqrt{mn(m + n + 1)/12}} \quad (5.33)$$

O valor da estatística de teste Z é comparado aos percentis da distribuição Normal padrão Z_p . Se $|Z| > z_p$ rejeita-se a hipótese nula da estacionariedade da série ao nível de significância p .

5.2.4 Teste de coeficiente de Correlação de Spearman

O teste do coeficiente de *Spearman* ou da correlação ordenada de *Spearman* aplicado, considera a amostra como um todo, sem necessitar de subdivisões. No estudo de Müller et al. (1998), este teste foi considerado rigoroso e extremamente eficiente para verificação da estacionariedade de séries hidrológicas, como citado por Deztel (2011). Este teste baseia-se no cálculo do coeficiente de correlação das ordens (*ranks*) respectivos, entre a série na ordem natural (x_i) e a série ordenada crescente (y_i) para o conjunto de todos os pares de valores.

O teste do coeficiente de *Spearman* pode ser aplicado segundo Naghettini e Pinto (2007) como segue:

Para cada vazão da série Q_i são atribuídos dois índices de ordem (*rank*): (1) ordem cronológica da série histórica $t_i = 1, 2, 3 \dots, n$ e (2) ordem da magnitude da mesma vazão Q_i na série ordenada m_i . Calcula-se então a estatística do teste pela equação (5.34):

$$\hat{\rho}_S = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (m_i - t_i)^2}{n^3 - n} \quad (5.34)$$

Para $n > 10$ e sob a hipótese nula (H_0 : a série é estacionária) a estatística $\hat{\rho}_S$ segue aproximadamente uma distribuição normal com:

$$E(\hat{\rho}_S) = 0 \text{ e } Var(\hat{\rho}_S) = \frac{1}{n-1} \quad (5.35)$$

Portanto a hipótese nula será rejeitada ao nível de significância α se:

$$Z = \frac{\hat{\rho}_S}{\sqrt{Var(\hat{\rho}_S)}} = |\hat{\rho}_S| \sqrt{n-1} > Z_{1-\alpha/2} \quad (5.36)$$

5.2.5 Teste de Pettitt (Detecção do Ponto de Mudança)

O teste de Pettitt (1979) é comumente aplicado para detectar um único ponto de mudança em séries hidrológicas ou séries climáticas com dados contínuos (e.g Detzel, 2015; Zhang et al., 2000); Villarini et al., 2011). Ele testa a hipótese nula H_0 : as variáveis Z_i possuem

o mesmo parâmetro de localização (sem alteração), em relação à alternativa: existe um ponto de mudança. A estatística não paramétrica é definida como (POHLERT, 2018):

$$PT = \max = |PT(\tau)|, \quad 1 \leq \tau \leq n \quad (5.37)$$

Sendo:

$$PT(\tau) = \sum_{i=1}^{\tau} \sum_{j=\tau+1}^n \text{sgn}[Z_j - Z_i] \quad (5.38)$$

com:

$$\text{sgn}[Z_j - Z_i] = \begin{cases} 1, & \text{se } (Z_j - Z_i) > 0 \\ 0, & \text{se } (Z_j - Z_i) = 0 \\ -1, & \text{se } (Z_j - Z_i) < 0 \end{cases} \quad (5.39)$$

$PT(\tau)$ é um vetor que guarda as totalizações de $\text{sgn}[Z_j - Z_i]$ em cada subdivisão da amostra; e τ ($1 \leq \tau \leq n$) um ponto arbitrário de divisão da amostra z_τ ($\tau = 1, \dots, n$).

O índice temporal τ associado a PT representa a data da possível subdivisão da amostra principal. Ademais, por ser empregado o módulo do vetor $PT(\tau)$ na equação, o teste é bilateral. O nível de significância da estatística de Pettitt é aproximado pela equação (5.40) (DETZEL, 2015):

$$\alpha \sim \exp\left(\frac{-6PT^2}{n^3 + n^2}\right) \quad (5.40)$$

A hipótese nula de subamostras pertencentes a uma mesma população é rejeitada caso α seja menor do que o nível de significância estabelecido.

5.2.6 Teste Composto

Segundo Fill (2014) o teste composto consiste em se estender a aplicação de um teste estatístico para um conjunto de m locais, todos sujeitos supostamente a mesma hipótese nula como por exemplo $H_0: \mu_1^i = \mu_2^i, i = 1, 2, 3 \dots m$. Este tipo de teste é chamado teste composto.

Em função de um nível de significância e da estatística de teste T , define-se um intervalo de confiança $[T_i - T_s]$ para aceitação do H_0 . Então considerando $m > 1$ locais com H_0 verdadeiro para todos e $K \leq m$ é definida como o número de locais com $T \notin [T_i, T_s]$. Ou seja o resumo de locais que são rejeitados individualmente. Sendo um experimento de Bernouli a

aplicação do teste individual a cada local, K será uma variável aleatória binominal com $p = \alpha$ e $N = m$. Desta forma pode-se estabelecer um valor crítico K_{crit} para K assumindo verdadeira a hipótese nula (TOZZI, 2014):

$$Pr[K \geq K_{crit}] = \sum_{i=K_{crit}}^m \binom{m}{i} p^i (1-p)^{m-i} = 1 - \sum_{i=0}^{K_{crit}-1} \binom{m}{i} (1-p)^{m-i} = \alpha_c \quad (5.41)$$

Onde $Pr[K \geq K_{crit}]$ é a probabilidade do erro tipo I do teste composto α_c ; K_{crit} um número inteiro função do valor α_c que não pode ser fixado livremente a priori.

Todos os testes aplicados neste estudo, consideram $p = \alpha = 0,05$ e m igual a 6 ou 3 locais. Na tabela 5.1 são apresentados os valores de α_c para diferentes valores de K_{crit} com valores mais próximos de 0,05 em destaque.

Tabela 5. 1: Valores de α_c para o teste composto ($p=0,05$)

K_{crit}	$\alpha_c = Pr(K \geq K_{crit})$	
	$m = 3$	$m = 6$
0	0,903	0,774
1	0,190	0,244
2	0,038	0,045
3	0,007	0,006
4	----	0,001
5	----	0,000
6	----	0,000

m é número de estações

Fonte: O autor (2019)

Nota que para $m = 3$ locais e $K_{crit} = 2$, ou seja, 2 ou mais locais fora do intervalo de confiança da estatística de teste T (rejeição individual de H_0) rejeita-se a hipótese nula de estacionariedade com probabilidade de erro tipo I de 3,8%.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

São apresentados neste capítulo os resultados da pesquisa. Sendo que, primeiramente é apresentada tabela com as regressões utilizadas para o preenchimento de falhas e extensão das séries. A posterior, são apresentados resultados da *AED* e da aplicação dos testes estatísticos em forma de gráficos e/ou tabelas.

6.1 Preenchimento e extensão de Vazões

Utilizando as estações previamente selecionadas a partir da Tabela 4.4 do item 4.9, foram construídas regressões entre vazões médias mensais de estações vizinhas. Essas regressões junto com os respectivos gráficos são mostradas (APÊNDICE A.1). As equações de regressão são apresentadas na Tabela 6.1, e que permitiram o preenchimento de falhas e extensão das séries de vazões médias mensais para as estações de Tete (320), Matundo Cais (387), Zumbo (310), Katima Mulilo (68017), Senanga (2-400) e Lukuku (2-030), rotulados como estações chave e todas localizadas no rio Zambeze. As estações de Kongola (68022), Hooke Brige (4669) e Kasaka (4997), rotuladas de estações auxiliares, foram utilizadas apenas para o preenchimento de falhas das estações chave.

Utilizando as equações de regressão apresentadas na Tabela 6.1, foram preenchidas as falhas nos dados e estendidas as séries mensais das vazões que serão utilizadas para análise de estacionariedade para o período de janeiro de 1943 a setembro de 2015 para Katima Mulilo, Senanga e Lukuku e até setembro de 2016 para Tete, Matundo Cais e Zumbo. Os resultados deste processo são apresentados no APÊNDICE A.1.

Tabela 6. 1: Equações de regressão para o preenchimento de falhas e extensão de séries

Estação chave	Sub-bacia	Rio	Área da estação chave (km ²)	Estação auxiliar	Sub-bacia	Rio	Área da estação auxiliar (km ²)	Período Preenchimento/Estendido	Período Final	Equação; R ²
Zumbo (310)	Tete	Zambeze	n/d	Katima Mulilo (HYCOS) (68017)	Barotse	Zambeze	339521	jan/43-set/79; mai/80; mai-ago/81; abr/82; abr/83; out/84-set/93; jan-abr/94; jun, julh e set-nov/95; abr-dez/96; julh-dez/97; mar/00; mar, jun-set/01 e abr/05	Jan/43-set/16	$Q_Z = 0,634 \cdot Q_{(Ka+Kas)} + 833,05$ $R^2 = 0,6604$
					Kafue	Kafue	153351			
Tete (320)	Tete	Zambeze	940000	Matundo Cais (378)	Tete	Zambeze	n/d	Out/60-set/79; jan-dez/82	Jan/43-set/16	$Q_T = 9,97781 \cdot Q_{MC}^{0,6949}$ $R^2 = 0,9476$
					Tete	Zambeze	n/d	Jan/43-set/60		$Q_T = 0,022 \cdot Q_Z + 17,38,8$ $R^2 = 0,5228$
Matundo Cais (387)	Tete	Zambeze	n/d	Tete (320)	Tete	Zambeze	940000	Jan/43-set/60; mai/90-set/06	Jan/43-set/16	$Q_{MC} = 0,0645 \cdot Q_T^{1,3637}$ $R^2 = 0,9476$
					Barotse	Zambeze	284538	Out/54-set/64	Jan/43-set/15	$Q_{Ka} = 1,0833 \cdot Q_{(s+ko)} + 553,9$ $R^2 = 0,9770$
Katima Mulilo (HYCOS) (68017)	Barotse	Zambeze	339521	Senanga (2-400)	Barotse	Zambeze	284538			
					Cuando/Chobe	Kwando	170000	Jan/43-set/50; out-dez/67; jan/68; nov-		

Lukulo (2-030)	Barotse	Zambeze	206531	Senanga (2-400)	Barotse	Zambeze	284538	dez/87; nov-dez/88; jan, nov e dez/91; ago-out/92; st/93; julh-set e nov/94; jan, abr e mai/95; abr-julh/96; out/98; jan/99-nov/00; abr, jun e set-dez/01; ago-dez/02; abr-jun/03 e jan/05-set/15	Jan/43-set/15	$Q_L = 1,6048, Q_s^{0,888}$ $R^2 = 0,7837$
Senanga (2-400)	Barotse	Zambeze	284538	Katima Mulilo (HYCOS) (68017)	Barotse	Zambeze	339521	Jan/43-jan/50; set e out/92; set/93; ago/94; set/02; jun/03; jan05-set/15	Jan/43-set/15	$Q_S = 693,43, \ln(Q_{ka}) - 3667,1$ $R^2 = 0,9686$
								Nov/78; julh/79; fev-abr/80; jun/81; jan/82; jan/88; mar/91; nov e dez/92; fev-ago; out e nov/93; jan/94; jan/96; julh/04		
				Lukuku (2-030)	Barotse	Zambeze	206531			$Q_s = 2,77, Q_L^{0,8825}$ $R^2 = 0,7837$

T- Tete; Z- Zumbo; MC- Matundo Cais; Ka- Katima Mulilo; Kas- Kasaka; Ko- Kongolo; S- Senanga; L- Lukuku. n/d - não disponível

Da análise da tabela 6.1, pode-se verificar que todas as regressões utilizadas para o preenchimento de falhas das estações chave apresentam um coeficiente de determinação (R^2) maior que 50%. As regressões encontradas entre as estações de Tete (320) e Matundo Cais (387) e vice-versa, apresentam um bom valor de R^2 , acima de 90%. Outros valores excelentes de R^2 , foram obtidos nas regressões de Katima Mulilo (68017) contra Lukuku (2-030) e na regressão de Senanga (2400) mais Kongonla (68022) contra Katima Mulilo (68017), também com R^2 maior que 90%. Estes valores do coeficiente de determinação podem se justificar pelo fato dessas estações possuírem as mesmas características hidrológicas e climáticas, pois são muito próximas uma da outra. Outro fator pode estar relacionado com as áreas de drenagem das estações, sendo que possuem valores similares. O mesmo não se pode dizer em relação as restantes estações, que apesar de próximas e pertencer a mesma região hidrológica, apresentam R^2 menor que 80%, variando de 50% a 78%.

O coeficiente de determinação baixo encontrado na regressão de Tete (310) contra Zumbo (320), aproximadamente 50%, pode se justificar pela presença do reservatório de Cahora Bassa entre as duas estações. A mesma justificação é válida para o coeficiente de determinação encontrado na regressão Katima Mulilo (68017) mais Kasaka (4-779) contra Zumbo (310), no caso influenciado pelo reservatório de Kariba. E finalmente para Senanga (2-400) e Lukuku (2-030), o coeficiente R^2 de 0,78, possivelmente esteja ligado as grandes áreas de inundação existentes entre as duas estações. Por outro lado, existe um tributário com uma maior área de contribuição que deságua no rio Zambeze entre as estações (ver Figura 4.2).

6.2. Análise Exploratória de Dados (AED)

Após a análise de verificação e consistência, incluindo a transferência de dados para as estações chave, foram elaborados gráficos temporais simples de média e mediana móveis de 10 anos e regressões lineares. Como exemplo a Figura 6.1 mostra os gráficos referentes a estação de Tete (320). No APÊNDICE B estão inseridos os gráficos para as restantes estações.

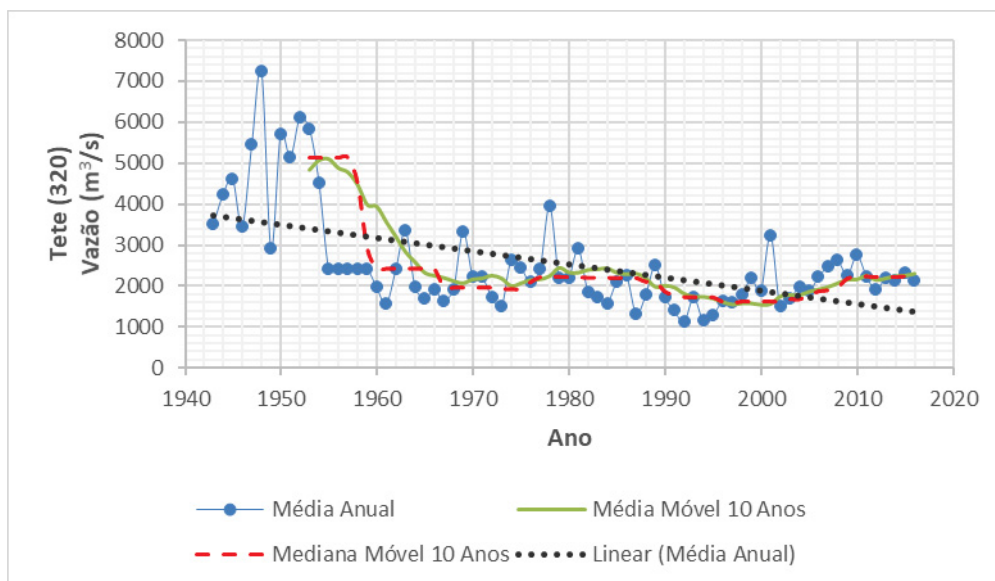


Figura 6. 1: Gráficos Temporais para a estação de Tete

A análise visual dos gráficos do APÊNDICE B, dificulta afirmar categoricamente sobre possíveis tendências nas vazões de algumas estações em estudo. De uma forma geral, as vazões nas seis estações chave não apresentam variações significativas em relação à média. Porém são notáveis alguns sinais de tendências decrescente e diferenças nos picos máximos de vazões médias anuais nas estações de Matundo Cais e Tete, com 60429,6 m³/s e 23935,1 m³/s, respectivamente, ambos registados em 1948. Portanto, antes da implantação dos reservatórios de Kariba e Cahora Bassa.

Foram construídos igualmente, gráficos da média das vazões médias mensais e de desvios padrão mensal para todas as estações, de modo a visualizar algumas características básicas das séries, principalmente no que diz respeito à sazonalidade. Na Figura 6.2 é apresentado um exemplo para estação de Tete (320), podendo se encontrar os demais gráficos no APÊNDICE C. Nota-se nos meses de março e abril um coeficiente de variação $CV > 1$.

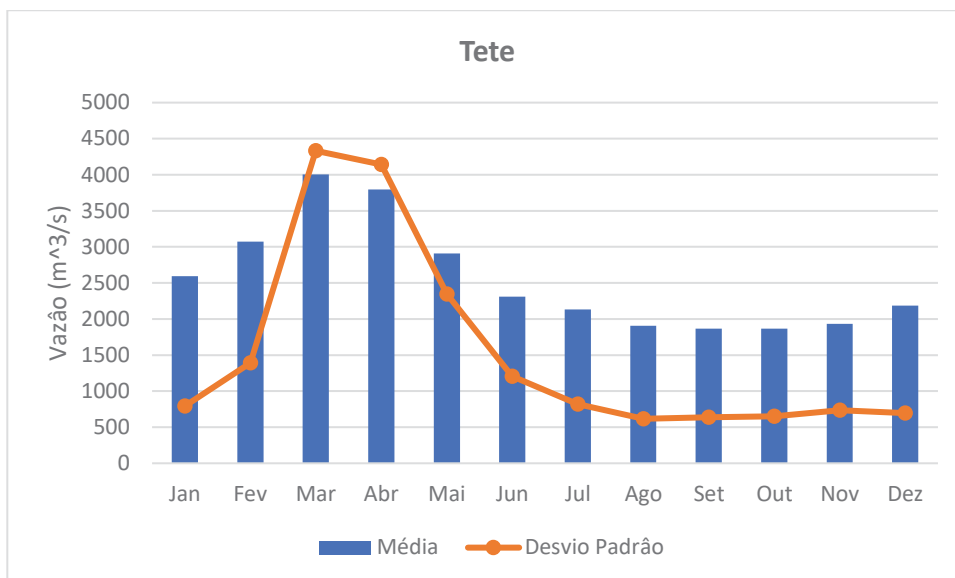


Figura 6. 2:Vazão Média Mensal e Desvio Padrão para a estação de Tete

Os gráficos das médias das vazões mensais mostram para os postos de Tete (320) e Matundo Cais (387), vazões mais elevadas para os meses de Janeiro a Maio e valores baixos de vazões para os meses de Agosto a Novembro (APÊNDICE C). Por outro lado, os desvios padrão, mostram maior amplitude nos meses de Março e Abril, no auge da época chuvosa que compreende o período de Novembro a Abril. Com base nos gráficos do APÊNDICE C pode-se concluir que as vazões do Zambeze apresentam uma evidência de forte sazonalidade. Uma análise mais detalhada da sazonalidade para se aferir esta hipótese é apresentada no item 6.2.1.

Contudo, a fim de se avaliar a significância estatística das possíveis tendências crescentes ou decrescente nas séries, fez-se a regressão linear baseado na distribuição *t de Student* sobre as vazões médias, máximas e mínimas, anuais e sazonais para ambos os postos. O teste é aplicado sobre o coeficiente angular β da reta, para a verificar se a tendência é estatisticamente significativa. Os resultados dos testes são apresentados nas tabelas 6.2 a 6.4.

Optou-se por exibir os resultados em forma dos chamados *p-valores*. Estes índices de probabilidade fornecem uma melhor noção dos resultados de cada teste (DETZEL *et al.*, 2011). Considerando-se que as séries históricas são apenas uma realização do processo estocástico subjacente pode-se dizer, em termos estatísticos, que está se trabalhando com uma amostra retirada de uma população. Assim, os *p-valores* para os testes bilaterais são interpretados como o menor nível de significância (α) para qual a hipótese nula H_0 seria rejeitada para um dado teste estatístico e um dado conjunto de dados (amostra). Em meio a esse raciocínio, quanto menores os *p-valores* maiores as evidências de não estacionariedade, dado que a formulação de todas as hipóteses nulas assume, a estacionariedade das séries (DETZEL *et al.*, 2011). Em

conformidade com a condição de aplicação dos testes, os *p-valores* exibidos se referem às probabilidades associadas aos testes bilaterais.

Tabela 6. 2: Regressão Linear ($\alpha=0,05$) – Vazões Anuais

Estação	Vazões Médias		Vazões Máximas		Vazões Mínimas	
	<i>p-valor</i>		<i>p-valor</i>		<i>p-valor</i>	
Tete (320)	<i>p-valor</i>	0,634	<i>p-valor</i>	0,479	<i>p-valor</i>	0,062
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita
Matundo Cais (387)	<i>p-valor</i>	0,673	<i>p-valor</i>	0,441	<i>p-valor</i>	0,061
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita
Zumbo (310)	<i>p-valor</i>	0,109	<i>p-valor</i>	0,978	<i>p-valor</i>	0,023
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita	Resultado	Aceita
Katima Mulilo (68017)	<i>p-valor</i>	0,919	<i>p-valor</i>	0,253	<i>p-valor</i>	0,001
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita	Resultado	Aceita
Senanga (2-400)	<i>p-valor</i>	0,731	<i>p-valor</i>	0,907	<i>p-valor</i>	0,208
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita
Lukuku (2-030)	<i>p-valor</i>	0,626	<i>p-valor</i>	0,309	<i>p-valor</i>	0,000
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita	Resultado	Aceita

Tabela 6. 3: Regressão Linear ($\alpha=0,05$) – Vazões Sazonais – “Estação de Verão”

Estação	Vazões Médias		Vazões Máximas		Vazões Mínimas	
Tete (320)	<i>p-valor</i>	0,146	<i>p-valor</i>	0,271	<i>p-valor</i>	0,043
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita	Resultado	Aceita
Matundo Cais (387)	<i>p-valor</i>	0,169	<i>p-valor</i>	0,220	<i>p-valor</i>	0,073
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita
Zumbo (310)	<i>p-valor</i>	0,027	<i>p-valor</i>	0,220	<i>p-valor r</i>	0,030
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Aceita	Resultado	Rejeita	Resultado	Aceita
Katima Mulilo (68017)	<i>p-valor</i>	0,708	<i>p-valor</i>	0,521	<i>p-valor</i>	0,001
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita	Resultado	Aceita
Senanga (2-400)	<i>p-valor</i>	0,549	<i>p-valor</i>	0,657	<i>p-valor</i>	0,003
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita	Resultado	Aceita
Lukuku (2-030)	<i>p-valor</i>	0,111	<i>p-valor</i>	0,345	<i>p-valor</i>	0,000
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita	Resultado	Aceita

Tabela 6. 4: Regressão Linear ($\alpha=0,05$) – Vazões Sazonais – “Estação de Inverno”

Estação	Vazões Médias		Vazões Máximas		Vazões Mínimas	
Tete (320)	<i>p-valor</i>	0,137	<i>p-valor</i>	0,451	<i>p-valor</i>	0,050
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita
Matundo Cais (387)	<i>p-valor</i>	0,143	<i>p-valor</i>	0,379	<i>p-valor</i>	0,042
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita	Resultado	Aceita
Zumbo (310)	<i>p-valor</i>	0,317	<i>p-valor</i>	0,467	<i>p-valor</i>	0,064
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita
Katima Mulilo (68017)	<i>p-valor</i>	0,949	<i>p-valor</i>	0,327	<i>p-valor</i>	0,011
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita	Resultado	Aceita
Senanga (2-400)	<i>p-valor</i>	0,836	<i>p-valor</i>	0,749	<i>p-valor</i>	0,337
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita
Lukuku (2-030)	<i>p-valor</i>	0,818	<i>p-valor</i>	0,492	<i>p-valor</i>	0,000
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Rejeita	Resultado	Rejeita	Resultado	Aceita

Para as vazões anuais a regressão linear (coeficiente angular não nulo) é rejeitada em todas as estações para as vazões médias e máximas. No caso das vazões mínimas a regressão linear é ora aceita (3 casos) ora rejeitada (3 casos).

No caso de vazões das vazões sazonais também do modo geral a regressão linear é rejeitada no caso de vazões médias e máximas em ambas as estações (verão/inverno) com apenas um caso de aceite (Zumbo/estação verão) nas vazões médias.

No caso das vazões mínimas contudo se observa um cenário diferente: na estação verão há uma clara indicação de tendência (5 em 6 casos aceita a hipótese da regressão linear) e na estação de inverno há um empate entre aceite e rejeição.

Nas Figuras 6.3 e 6.4 são apresentados exemplos de gráficos RAPS e de vazão média anual acumulada para estação de Tete (320). Sendo que os restantes gráficos são apresentados no APÊNDICE D e E, respectivamente.

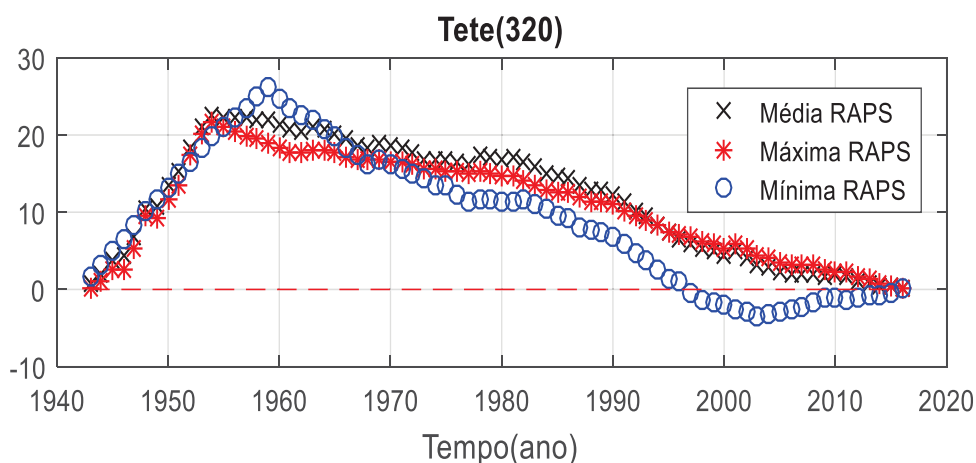


Figura 6. 3: Gráficos RAPS para a estação de Tete

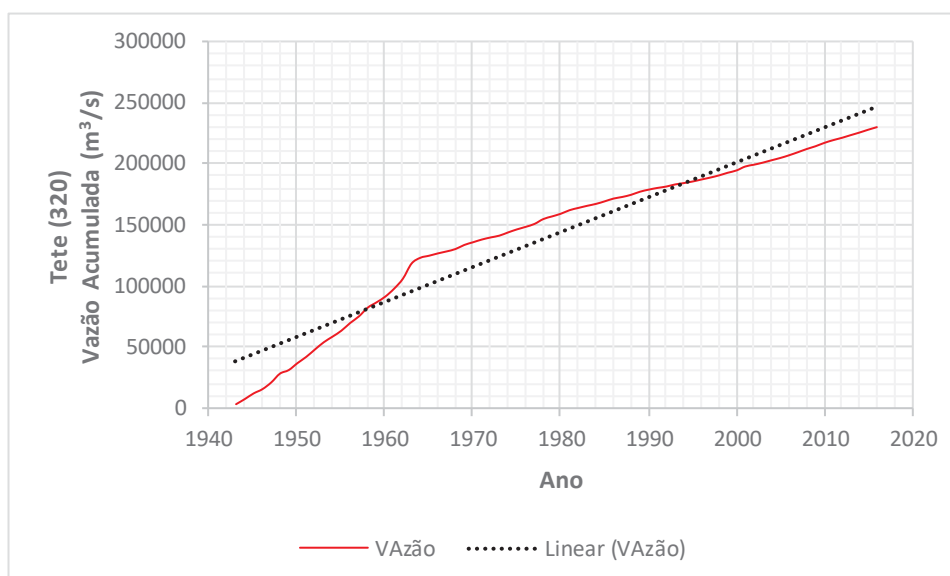


Figura 6. 4: Gráficos de Vazão Média Acumulada

Os gráficos dos APÊNDICE D e E apesar de também, não apresentar evidências claras de tendências nas vazões das estações em estudo, apresentam melhor os mesmos indicadores em relação as vazões das estações a jusante dos dois reservatórios. Pois, mostram uma tendência crescente nas vazões das estações de Tete e Matundo Cais no período anterior a construção dos reservatórios e uma tendência decrescente no período posterior. Dos gráficos RAPS, observa-se a existência de mudanças nas estações de Tete, Matundo Cais e Zumbo que ocorrem em torno do ano de 1954, ano da implantação da usina hidrelétrica de Kariba. A forma gráfica do RAPS para a estação de Tete (320) e Matundo Cais (387) é bi linear, mostrando a existência de duas subséries, característico de quebra na estrutura da série. Os demais gráficos RAPS apresentam uma forma parabólica, o que sugere uma tendência de longo termo ou mudança gradual da série.

Com objetivo de verificar de forma mais rigorosa o grau de significância da mudança da declividade da reta percebida na análise visual dos gráficos de vazões acumuladas aplicou-se a regressão linear sobre vazões acumuladas médias, máximas e mínimas, anuais e sazonais para os postos influenciados pelos reservatórios. Os resultados do teste são apresentados nas tabelas 6.5 a 6.7. Os testes mostram a existência de tendências significativas em todos os casos, embora esta hipótese havia sido rejeitada na maioria dos casos na análise das tabelas 6.2 a 6.4. Estes resultados evidenciam a dependência das análises de regressão linear da escolha das amostras, o que foi constatado também por Detzel (2015). Mais análises com aplicação de testes de hipótese serão feitas no item 6.3 para verificação destas suspeitas.

Tabela 6. 5: Regressão Linear ($\alpha=0,05$) – Vazões Acumuladas Anuais

Tete (320)						
Teste	Somatório Médias		Somatório Máximas		Somatório Mínimas	
$\beta_1=\beta_2$	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita
$\beta_1=\beta_2$	Somatório Log Médias		Somatório Log Máximas		Somatório Log Mínimas	
	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita
Matundo Cais (387)						
Teste	Somatório Médias		Somatório Máximas		Somatório Mínimas	
$\beta_1=\beta_2$	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita
$\beta_1=\beta_2$	Somatório Log Médias		Somatório Log Máximas		Somatório Log Mínimas	
	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita
Zumbo (310)						
Teste	Somatório Médias		Somatório Máximas		Somatório Mínimas	
$\beta_1=\beta_2$	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita
$\beta_1=\beta_2$	Somatório Log Médias		Somatório Log Máximas		Somatório Log Mínimas	
	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita

Tabela 6. 6: Regressão Linear ($\alpha=0,05$) – Vazões Acumuladas Sazonais – “Estação de Verão”

Tete (320)						
Teste	Somatório Médias		Somatório Máximas		Somatório Mínimas	
$\beta_1=\beta_2$	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita
$\beta_1=\beta_2$	Somatório Log Médias		Somatório Log Máximas		Somatório Log Mínimas	
	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita
Matundo Cais (387)						
Teste	Somatório Médias		Somatório Máximas		Somatório Mínimas	
$\beta_1=\beta_2$	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita
$\beta_1=\beta_2$	Somatório Log Médias		Somatório Log Máximas		Somatório Log Mínimas	
	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita
Zumbo (310)						
Teste	Somatório Médias		Somatório Máximas		Somatório Mínimas	
$\beta_1=\beta_2$	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita
$\beta_1=\beta_2$	Somatório Log Médias		Somatório Log Máximas		Somatório Log Mínimas	
	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000
	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita

Tabela 6. 7: Regressão Linear ($\alpha=0,05$) – Vazões Acumuladas Sazonais – “Estação de Inverno”

Tete (320)						
Teste	Somatório Médias		Somatório Máximas		Somatório Mínimas	
	$\beta_1=\beta_2$	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>
α		0,05	α	0,05	α	0,05
Resultado		Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita
$\beta_1=\beta_2$	Somatório Log Médias		Somatório Log Máximas		Somatório Log Mínimas	
	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000
$\beta_1=\beta_2$	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita

Matundo Cais (387)						
Teste	Somatório Médias		Somatório Máximas		Somatório Mínimas	
	$\beta_1=\beta_2$	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>
α		0,05	α	0,05	α	0,05
Resultado		Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita
$\beta_1=\beta_2$	Somatório Log Médias		Somatório Log Máximas		Somatório Log Mínimas	
	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000
$\beta_1=\beta_2$	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita

Zumbo (310)						
Teste	Somatório Médias		Somatório Máximas		Somatório Mínimas	
	$\beta_1=\beta_2$	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>
α		0,05	α	0,05	α	0,05
Resultado		Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita
$\beta_1=\beta_2$	Somatório Log Médias		Somatório Log Máximas		Somatório Log Mínimas	
	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000	<i>p-valor</i>	0,000
$\beta_1=\beta_2$	α	0,05	α	0,05	α	0,05
	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita	Resultado	Aceita

6.2.1 Análise das Vazões Sazonais

A definição da sazonalidade para o local de estudo, foi obtida primeiramente na literatura. De acordo com Beilfuss (2012), a precipitação ocorre predominantemente durante o verão (novembro a março), e os meses de inverno (abril a outubro) são geralmente secos. Partindo desse pressuposto, foram plotados gráficos temporais de médias mensais sobre média de longo termo (MLT) para verificação (Figura 6.5). Os gráficos da figura 6.5 mostram evidências forte de sazonalidade para todos os postos. Esta suspeita será comprovada pelos testes estatísticos que serão aplicados aos logaritmos das vazões médias, máximas e mínimas para os períodos de verão e inverno, respectivamente.

O teste *t de Student* considera a hipótese nula de não existirem diferenças significativas entre as médias dos períodos de verão e inverno; e o teste *F de Snedecor*, a hipótese nula de que não há uma diferença significativa entre as variâncias dos períodos de verão e inverno. As tabelas 6.8 a 6.10 apresentam os resultados dos testes *t de Student* e *F de Snedccor* para validação da hipótese de sazonalidade.

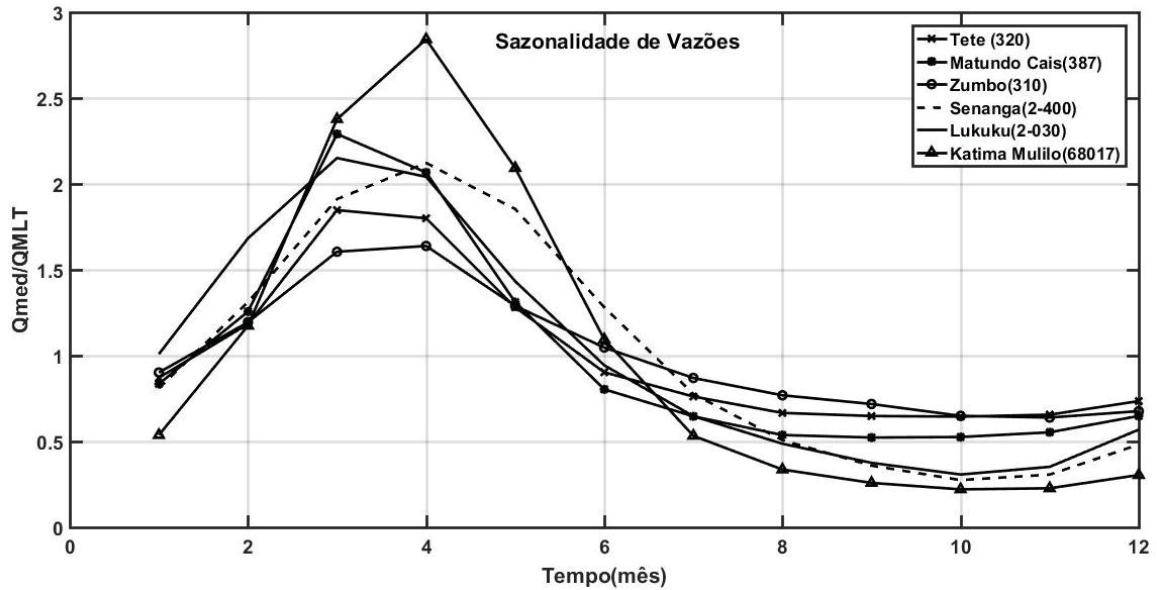


Figura 6. 5: Sazonalidade de Vazões

Tabela 6. 8: Análise das Vazões Sazonais (lnQ)- Vazões Médias Anuais

	Tete (320)	Matundo Cias (387)	Zumbo (310)	Katima Mulilo (68017)	Senanga (2-400)	Lukuku (2-030)
Média Verão (m ³ /s)	3276	4157	1911	1150	912	828
Variância Verão (m ³ /s)	4706981	14535831	339963	325364	66301	66632
Média Inverno (m ³ /s)	2974	3427	1905	1315	973	642
Variância inverno (m ³ /s)	4272973	9501132	458961	208675	50159	24308
<i>p-valor-t</i>	0,000	0,000	0,386	0,000	0,002	0,000
<i>m</i> (verão)	74	74	74	73	73	73
<i>n</i> (inverno)	74	74	74	73	73	73
<i>gl</i>	73	73	73	72	72	72
Resultado	Rejeita	Rejeita	Aceita	Rejeita	Rejeita	Rejeita
<i>p-valor -F</i>	0,046	0,055	0,020	0,021	0,178	0,040
<i>gl1</i>	73	73	73	72	72	72
<i>gl2</i>	73	73	73	72	72	72
Resultado	Rejeita	Aceita	Rejeita	Rejeita	Aceita	Rejeita

Tabela 6. 9: Análise das Vazões Sazonais (lnQ)- Vazões Máximas

	Tete (320)	Matundo Cias (387)	Zumbo (310)	Katima Mulilo (68017)	Senanga (2-400)	Lukuku (2-030)
Média Verão (m ³ /s)	6272	9516	3197	2971	1812	1579
Variância Verão (m ³ /s)	44444931	169688291	1121855	2671161	248571	193015
Média Inverno (m ³ /s)	5873	8215	3227	3566	2030	1471
Variância inverno (m ³ /s)	40710879	119771626	1594102	2120966	178392	157845
<i>p-valor-t</i>	0,000	0,000	0,419	0,000	0,000	0,028
<i>m</i> (verão)	74	74	74	73	73	73
<i>n</i> (inverno)	74	74	74	73	73	73
<i>gl</i>	73	73	73	72	72	72
Resultado	Rejeita	Rejeita	Aceita	Rejeita	Rejeita	Rejeita
<i>p-valor-F</i>	0,032	0,079	0,066	0,016	0,009	0,326
<i>gl1</i>	73	73	73	72	72	72
<i>gl2</i>	73	73	73	72	72	72
Resultado	Rejeita	Aceita	Aceita	Rejeita	Rejeita	Aceita

Tabela 6. 10: Análise das Vazões Sazonais (lnQ)- Vazões Mínimas

	Tete (320)	Matundo Cias (387)	Zumbo (310)	Katima Mulilo (68017)	Senanga (2-400)	Lukuku (2-030)
Média Verão (m ³ /s)	1825	1785	1151	286	296	257
Variância Verão (m ³ /s)	482866	966933	248503	6836	21567	16035
Média Inverno (m ³ /s)	1764	1631	1119	273	255	218
Variância inverno (m ³ /s)	537719	843014	267646	4500	14738	11207
<i>p-valor-t</i>	0,011	0,005	0,098	0,022	0,229	0,189
<i>m</i> (verão)	74	74	74	73	73	73
<i>n</i> (inverno)	74	74	74	73	73	73
<i>gl</i>	73	73	73	72	72	72
Resultado	Rejeita	Rejeita	Aceita	Rejeita	Aceita	Aceita
<i>p-valor-F</i>	0,495	0,494	0,027	0,158	0,156	0,109
<i>gl1</i>	73	73	73	72	72	72
<i>gl2</i>	73	73	73	72	72	72
Resultado	Aceita	Aceita	Rejeita	Aceita	Aceita	Aceita

Observa-se que para as vazões médias a hipótese nula de que não há variação significativa entre as médias dos dois períodos é aceita apenas para a estação de Zumbo (310) e a hipótese de igualdade das variâncias é aceita para as estações de Matundo Cais (387) e Senanga (2-400).

Para as vazões máximas a hipótese de que não há variações significativas das médias dos dois períodos é aceita para a estação de Zumbo (310) e a hipótese de que não há variações

significativas nas variâncias dos dois períodos é aceito para as estações de Zumbo (310), Matundo Cais (387) e Lukuku (2-030).

Finalmente, para as vazões mínimas, a hipótese de que as médias dos dois períodos não apresentam variações significativas é aceito para as estações de Zumbo (310), Senanga (2-400) e Lukuku (2-030) e a hipótese de que não há variações significativas na variância dos dois períodos é aceita para todas as estações, com exceção da estação de Zumbo (310).

Uma vez que na maioria dos casos a hipótese de igualdade entre médias e entre variâncias é rejeitada pelos testes t de Student e F de Senedecor, assume-se doravante, nas análises de verificação de estacionariedade das vazões médias, máximas e mínimas sazonais, os períodos de verão e inverno, como sendo novembro a março e abril a outubro, respectivamente. No APÊNDICE F são apresentadas as tabelas com vazões sazonais utilizadas.

Uma forma muito utilizada para descrição das características gerais de uma variável aleatória é a chamada estatística descritiva, que sintetiza de modo simples o padrão de distribuição das variáveis em questão. Nas tabelas 6.11 a 6.13 são apresentadas as características descritivas das amostras.

Tabela 6. 11 : Estatísticas Descritivas- Vazões Anuais

Estatísticas Descritivas	Vazões Médias						Vazões Máximas						Vazões Mínimas					
	Média (m³/s)	Mediana (m³/s)	Ass. ¹	D. Pad. ² (m³/s)	C. Var. ³ (%)	Curt. ⁴	Média (m³/s)	Mediana (m³/s)	Ass.	D. Pad. (m³/s)	C. Var. (%)	Curt.	Média (m³/s)	Mediana (m³/s)	Ass.	D. Pad. (m³/s)	C. Var. (%)	Curt.
Tete (320)	3105	2222	2,04	2006	64,61	5,62	7159	3788	2,16	7383	103,12	5,38	1726	1549	0,42	718	41,58	-1,21
Matundo Cais (387)	3736	2429	1,78	3091	82,72	2,59	11174	5016	3,80	14548	130,20	2,15	1592	1277	0,66	916	57,55	-0,95
Zumbo (310)	1911	1842	-0,01	594	31,09	-0,25	3574	3454	0,29	1133	31,71	-0,32	1065	1030	-0,08	494	46,35	-0,14
Katima Mulilo (68017)	1249	1246	0,19	441	35,35	-0,59	3776	3793	0,06	1582	41,91	-0,74	267	264	0,47	65	24,43	0,09
Senanga (2-030)	950	998	-0,40	218	22,92	-0,21	2070	2117	-0,53	441	21,32	-0,32	248	262	-0,55	121	48,93	-0,01
Lukuku (2-400)	722	727	-0,09	170	23,52	0,01	1662	1599	0,17	415	24,97	-0,39	214	214	-0,42	107	50,18	-0,19

¹ Coeficiente de assimetria; ² Desvio Padrão; ³ Coeficiente de variação; ⁴ Coeficiente de curtose

Tabela 6. 12: Estatísticas Descritivas- Vazões Sazonais- “Estação de Verão”

Estatísticas Descritivas	Vazões Médias							Vazões Máximas							Vazões Mínimas						
	Média (m ³ /s)	Mediana (m ³ /s)	Ass. ¹	D. Pad. ² (m ³ /s)	C.Var. ³ (%)	Curt. ⁴	Média (m ³ /s)	Mediana (m ³ /s)	Ass.	D. Pad. (m ³ /s)	C. Var. (%)	Curt.	Média (m ³ /s)	Mediana (m ³ /s)	Ass.	D. Pad. (m ³ /s)	C. Var. (%)	Curt.			
Tete (320)	3276	2557	2,86	2170	66,22	10,62	6272	3724	2,93	6667	106,30	10,36	1825	1732	0,23	695	38,07	-1,28			
Matundo Cais (387)	4157	2907	3,06	3813	91,71	10,90	9516	4899	2,89	13026	136,89	8,02	1785	1628	0,75	983	55,09	0,22			
Zumbo (310)	1911	1937	-0,04	583	30,52	-0,82	3197	3005	0,36	1059	33,13	-0,20	1151	1051	-0,10	499	43,32	-0,40			
Katima Mulilo (68017)	1150	1026	0,90	570	49,59	0,23	2971	2870	0,52	1634	55,00	-0,59	286	280	1,12	83	28,95	2,08			
Senanga (2-030)	912	899	0,32	257	28,23	-0,18	1812	1865	-0,25	499	27,51	-0,91	296	292	0,14	147	49,56	0,93			
Lukuku (2-400)	828	795	0,30	258	31,16	-0,46	1579	1547	0,20	439	27,83	-0,36	257	249	-0,03	127	49,35	0,13			

Tabela 6. 13: Estatísticas Descritivas- Vazões Sazonais- “Estação de Inverno”

Estatísticas Descritivas	Vazões Médias						Vazões Máximas						Vazões Mínimas					
	Média (m³/s)	Mediana (m³/s)	Ass. ¹	D. Pad. ² (m³/s)	C. Var. ³ (%)	Curt. ⁴	Média (m³/s)	Mediana (m³/s)	Ass.	D. Pad. (m³/s)	C. Var. (%)	Curt.	Média (m³/s)	Mediana (m³/s)	Ass.	D. Pad. (m³/s)	C. Var. (%)	Curt.
Tete (320)	2974	2073	1,70	2067	69,50	2,88	5873	2847	2,14	6381	108,64	5,21	1764	1663	0,42	733	41,58	2,02
Matundo Cais (387)	3427	2058	1,77	3082	89,95	2,54	8215	3083	2,12	10944	133,22	4,09	1631	1305	0,59	918	56,29	2,04
Zumbo (310)	1905	1880	0,04	677	35,55	-0,03	3227	3158	0,21	1263	39,13	-0,16	1119	1031	0,10	517	46,23	3,15
Katima Mulilo (68017)	1315	1298	0,25	457	34,73	-0,17	3566	3664	0,19	1456	40,84	-0,37	273	271	0,52	67	24,57	3,16
Senanga (2-030)	973	999	-0,47	224	23,02	-0,06	2030	2059	-0,44	422	20,81	-0,22	255	272	-0,57	121	47,68	3,00
Lukuku (2-400)	642	644	-0,16	156	24,27	-0,33	1471	1435	0,35	397	27,00	-0,10	218	220	-0,43	106	48,58	2,84

Para verificar o grau de dependência entre os dados sucessivos nas séries, calculou-se o coeficiente de autocorrelação amostral, considerando um modelo de dependência temporal nas vazões e nos logaritmos das mesmas, seguindo o método proposto por Loucks e Van Beek (2005) para testar a hipótese $H_0: \rho = 0$.

Na sequência (Figura 6.6) é apresentado um exemplo de auto-correlograma (estação de Senanga), para se verificar o grau de dependência dos dados sucessivos nas séries, com os respectivos intervalos de confiança para $\alpha = 0,05$. Uma vez que, em vários casos, a distribuição de probabilidades de vazões é representada melhor por uma distribuição log-normal (CHOW, 1954), a transformação log-normal foi usada na aplicação dos testes que requerem a normalidade e assim, os correlogramas foram traçados também na escala logarítmica, visando analisar a estrutura de dependência das séries. No APÊNDICE G, são apresentados os auto-correlogramas para todas as estações.

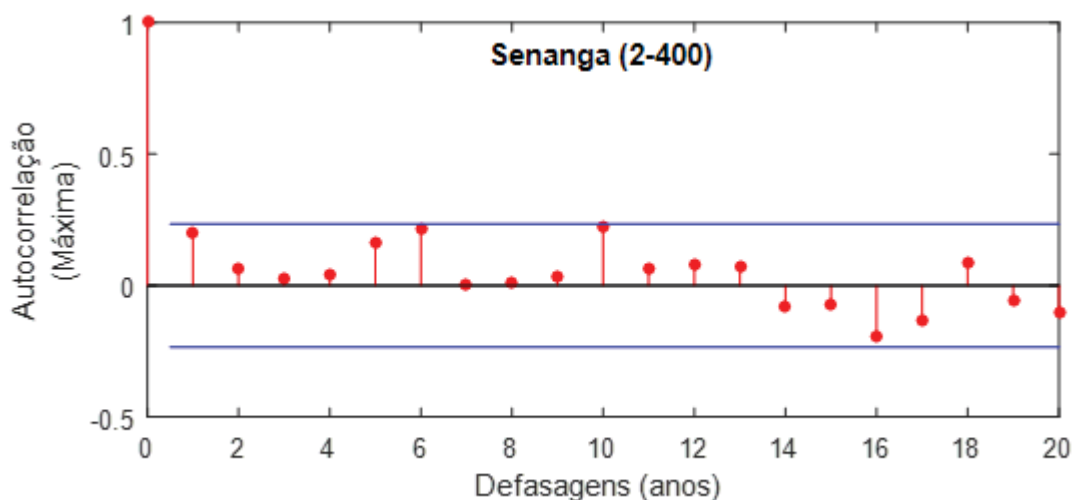


Figura 6. 6:Gráfico de Autocorrelação para a estação de Senanga

De forma geral as vazões médias, máximas, mínimas anuais e sazonais na maioria das estações não aceitam a hipótese nula, ou seja, os logaritmos das vazões não são independentes entre si. A hipótese nula foi aceita apenas para as vazões máximas anuais nas estações de Senanga (2-400) e Lukuku (2-030), para as máximas sazonais de verão para estação de Senanga (2-400) e máximas sazonais de Inverno nas estações de Katima Mulilo (68017) e Senanga (2-400). Após esta análise preliminar, os dados são submetidos a testes estatísticos para verificar a condição de normalidade. Foram aplicados testes *Kolmogorov-Smirnov (KS)*, *Anderson-Darling (AD)* e *Shapiro-Wilks (SW)*. Os testes foram aplicados as vazões anuais e sazonais médias, máximas e mínimas e aos logaritmos dos mesmos (ver o APÊNDICE H). Esta

característica das séries pode se perceber melhor nas tabelas 6.14 e 6.15 que sintetizam os resultados dos três testes, indicando a quantidade de hipóteses aceitas pelos testes.

De forma geral os dados das estações a jusante dos reservatórios de Cahora Bassa e Kariba (Tete, Matundo Cais e Zumbo) rejeitaram a hipótese nula de normalidade das vazões médias, máximas e mínimas anuais e sazonais, bem como dos logaritmos dos mesmos. Porém, as estações a montante aceitaram a hipótese nula de normalidade em alguns casos, considerando o nível de significância de 5%. De salientar que para todos os casos a hipótese nula teve maior rejeição quando aplicado aos logaritmos, embora a transformação logarítmica seja recomendada por pesquisadores como Louks e Van Beek (2005) e Fill (2011).

Tabela 6. 14: Número de aceitações da hipótese de normalidade – Vazões Anuais

Vazões (m ³ /s)	Tete (320)			Matundo Cais (387)			Zumbo (310)		
	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
Anuais	0	0	0	0	0	0	2	2	0
Verão	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Inverno	0	0	0	0	0	0	2	2	0

Vazões (m ³ /s)	Katima Mulilo (68017)			Senanga (2-400)			Lukuku (2-030)		
	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
Anuais	2	2	2	2	0	0	2	2	2
Verão	0	0	0	2	0	0	2	2	2
Inverno	2	2	2	2	2	0	2	2	0

Tabela 6. 15: Número de aceitações da hipótese de normalidade – Logaritmos das Vazões Anuais

Vazões (m ³ /s)	Tete (320)			Matundo Cais (387)			Zumbo (310)		
	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
Anuais	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Verão	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inverno	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Vazões (m ³ /s)	Katima Mulilo (68017)			Senanga (2-400)			Lukuku (2-030)		
	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
Anuais	2	0	2	0	0	0	0	2	0
Verão	2	0	2	1	0	0	1	2	0
Inverno	0	0	2	0	0	0	0	2	0

6.3 Testes Estatísticos

Foram aplicadas duas classes de testes estatísticos, paramétricos e não paramétricos para verificação mais rigorosa do comportamento estacionário das séries em análise. Para a primeira classe de testes foram utilizados o *t de Student* e *F de Snedecor* e para a segunda classe os testes de *Mann-Whitney (Wilcoxon)* e *Coeficiente de Spearman*.

Na aplicação dos testes foram considerados dois grupos: estações com influência e estações sem influência de reservatórios. Três divisões nas séries foram consideradas para todas as estações, a primeira na metade, a segunda de 1943-1959 e 1960-2016 e a terceira de 1943-1974 e 1975-2016. A segunda e terceira divisão, foi baseada nos anos de implantação dos reservatórios de Cahora Bassa em 1974 e Kariba em 1959 como forma de avaliar a influência dos mesmos nas vazões. Os resultados detalhados dos testes são apresentados no APÊNDICE H. Um resumo dos resultados dos testes de estacionariedade é apresentado nas tabelas 6.16 a 6.24 para o nível de significância de 5%, incluindo a regressão linear, indicando sempre a razão entre o número de aceites e rejeições (X:Y) da hipótese nula da estacionariedade. Na análise das tabelas do resumo dos testes, considera-se ainda dois grupos de estações, sendo o primeiro grupo das estações influenciadas pelos reservatórios (Tete, Matundo Cais e Zumbo) e o segundo as estações sem influência dos reservatórios (Katima Mulilo, Senanga, Lukuku) de Kariba e Cahora Bassa. Evidentemente sempre que o número de rejeições no grupo for igual ou maior que dois (ver tabela 5.1) a hipótese de estacionariedade é rejeitada para o respectivo grupo com base no teste composto para $\alpha = 0,038$. Nota-se que, os resultados do teste de *Pettitt* são apresentados em separado na tabela 6.25.

Tabela 6. 16: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Anuais- Divisão na Metade (1943 a 1979 – 1975 a 2016)

Teste	Dados	Estações a jusante dos Reservatório ($m=3$)			Estações a montante dos Reservatório ($m=3$)		
		Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
Regressão linear $H_0: \beta_1=\beta_2$	$\log Q$	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00
Mann-Whitney (MW) H_0 : Observações são homogêneas	Q	01:02	01:02	03:00	00:03	00:03	00:03
Spearman (S) H_0 : Observações são estacionárias	Q	03:00	03:00	03:00	02:01	02:01	01:02
T de Student (t) H_0 : não há uma diferença significativa entre as médias	$\log Q$	01:02	01:02	02:01	01:02	01:02	02:01
Fisher de Snedecor (F) H_0 : não há uma diferença significativa entre as variâncias	$\log Q$	01:02	00:03	00:03	03:00	03:00	01:02
Total (considerando MW, S, t e F)	---	6:6	5:7	8:4	6:6	6:6	4:8

m número de estações; $X:Y$, X - aceites e Y - rejeições.

Tabela 6. 17: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Anuais- Divisão no período de 1943 a 1959 – 1960 a 2016

Teste	Dados	Estações a jusante dos Reservatório ($m=3$)			Estações a montante dos Reservatório ($m=3$)		
		Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
Regressão linear $H_0: \beta_1=\beta_2$	$\log Q$	00:03	00:03	00:03	--	--	--
	$\sum \log Q$	00:03	00:03	00:03	--	--	--
Mann-Whitney H_0 : Observações são homogêneas	Q	00:03	01:02	01:02	03:00	03:00	03:00
Fisher de Snedecor H_0 : não há uma diferença significativa entre as variâncias	$\log Q$	02:01	00:03	00:03	03:00	03:00	01:02
Total (considerando MW e F)	---	2:4	1:5	1:5	6:0	6:0	4:2

m número de estações; $X:Y$, X - aceites e Y - rejeições.

Tabela 6. 18: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Anuais- Divisão no período de 1943 a 1974 – 1975 a 2016

Teste	Dados	Estações a jusante dos Reservatório ($m=3$)			Estações a montante dos Reservatório ($m=3$)		
		Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
Mann-Whitney H_0 : Observações são homogêneas	Q	00:03	01:02	03:00	03:00	03:00	02:01
Fisher de Snedecor H_0 : não há uma diferença significativa entre as variâncias	$\log Q$	01:02	00:03	00:03	03:00	03:00	01:02
Total (MW e F)	---	1:5	1:5	3:3	6:0	6:0	3:3

m número de estações; $X: Y$, X - aceites e Y - rejeições.

Tabela 6. 19: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Sazonais – “Estação de Verão” - Divisão na Metade

Teste	Dados	Estações a jusante dos Reservatório ($m=3$)			Estações a montante dos Reservatório ($m=3$)		
		Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
Regressão linear $H_0: \beta_1 = \beta_2$	$\log Q$	01:02	03:00	01:02	03:00	03:00	01:02
Mann-Whitney H_0 : Observações são homogêneas	Q	01:02	01:02	03:00	00:03	00:03	00:03
Spearman H_0 : Observações são estacionárias	Q	02:01	03:00	02:01	02:01	02:01	02:01
T de Student H_0 : não há uma diferença significativa entre as médias	$\log Q$	00:03	00:03	01:02	00:03	01:02	02:01
Fisher de Snedecor H_0 : não há uma diferença significativa entre as variâncias	$\log Q$	00:03	00:03	01:02	03:00	03:00	01:02
Total (considerando MW, S, t e F)	---	3:9	3:9	7:5	5:7	6:6	5:7

m número de estações; $X: Y$, X - aceites e Y - rejeições.

Tabela 6. 20: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Sazonais – “Estação de Verão” - Divisão no período de 1943 a 1959 – 1960 a 2016

Teste	Dados	Estações a jusante dos Reservatório ($m=3$)			Estações a montante dos Reservatório ($m=3$)		
		Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
Regressão linear $H_0: \beta_1=\beta_2$	$\log Q$	00:03	00:03	00:03	--	--	--
	$\sum \log Q$	00:03	00:03	00:03	--	--	--
Mann-Whitney H_0 : Observações são homogenias	Q	00:03	00:03	00:03	03:00	03:00	03:00
Fisher de Snedecor H_0 : não há uma diferença significativa entre as variâncias	$\log Q$	01:02	00:03	00:03	03:00	03:00	01:02
Total (MW e F)	---	1:5	0:6	0:6	6:0	6:0	4:2

m número de estações; $X:Y$, X - aceites e Y - rejeições.

Tabela 6. 21: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Sazonais – “Estação de Verão” - Divisão no período de 1943 a 1974 – 1975 a 2016

Teste	Dados	Estações a jusante dos Reservatório ($m=3$)			Estações a montante dos Reservatório ($m=3$)		
		Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
Mann-Whitney H_0 : Observações são homogenias	Q	00:03	00:03	03:00	03:00	02:01	02:01
Fisher de Snedecor H_0 : não há uma diferença significativa entre as variâncias	$\log Q$	01:02	00:03	00:03	03:00	03:00	00:03
Total (considerando MW e F)	---	1:5	0:6	3:3	6:0	5:1	2:4

m número de estações; $X:Y$, X - aceites e Y - rejeições.

Tabela 6. 22: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Sazonais – “Estação de Inverno” - Divisão na Metade

Teste	Dados	Estações a jusante dos Reservatório ($m=3$)			Estações a montante dos Reservatório ($m=3$)		
		Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
Regressão linear $H_0: \beta_1=\beta_2$	$\log Q$	03:00	03:00	02:01	03:00	03:00	01:02
Mann-Whitney H_0 : Observações são homogêneas	Q	01:02	01:02	03:00	02:01	01:02	00:03
Spearman H_0 : Observações são estacionárias	Q	03:00	03:00	03:00	03:00	03:00	00:03
t de Student H_0 : não há uma diferença significativa entre as médias	$\log Q$	01:02	01:02	02:01	01:02	02:01	01:02
Fisher de Snedecor H_0 : não há uma diferença significativa entre as variâncias	$\log Q$	01:02	01:02	00:03	03:00	03:00	01:02
Total (considerando MW, S, t e F)	----	6:6	6:6	8:4	9:3	9:4	2:10

m número de estações; $X: Y$, X - aceites e Y - rejeições.

Tabela 6. 23: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Sazonais – “Estação de Inverno” - Divisão no período de 1943 a 1959 – 1960 a 2016

Teste	Dados	Estações a jusante dos Reservatório ($m=3$)			Estações a montante dos Reservatório ($m=3$)		
		Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
Regressão linear $H_0: \beta_1=\beta_2$	$\log Q$	00:03	00:03	00:03	--	--	--
	$\sum \log Q$	00:03	00:03	00:03	--	--	--
Mann-Whitney H_0 : Observações são homogêneas	Q	00:03	01:02	00:03	03:00	03:00	02:01
Fisher de Snedecor H_0 : não há uma diferença significativa entre as variâncias	$\log Q$	02:01	01:02	00:03	03:00	03:00	01:02
Total (considerando MW e F)	---	2:4	2:4	0:6	6:0	6:0	3:3

m número de estações; $X: Y$, X - aceites e Y - rejeições.

Tabela 6. 24: Resumo de Resultado dos Testes – Vazões Sazonais – “Estação de Inverno” - Divisão no período de 1943 a 1974 – 1975 a 2016

Teste	Dados	Estações a jusante dos Reservatório ($m=3$)			Estações a montante dos Reservatório ($m=3$)		
		Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
Mann-Whitney H_0 : Observações são homogêneas	Q	01:02	01:02	02:01	03:00	03:00	02:01
Fisher de Snedecor H_0 : não há uma diferença significativa entre as variâncias	$\log Q$	00:03	01:02	00:03	03:00	03:00	01:02
Total (considerando MW e F)	---	1:5	2:4	2:4	6:0	6:0	3:3

m número de estações; $X: Y$, X - aceites e Y - rejeições.

Dada a evidência da dependência das análises de regressão linear da escolha das amostras, como foi discutido na análise da regressão linear apresentada neste trabalho, a análise e a decisão da estacionariedade ou não das séries será feita com base nos testes de *Mann-Whitney*, *Spearman*, *F de Snedecor* e *t de Student*.

Os resultados dos testes estatísticos apresentados nas tabelas 6.16 a 6.24 mostram claramente que as vazões nos postos em estudo na bacia do Zambeze, apresentam um comportamento diferenciado. Sendo que as vazões dos postos a montante dos reservatórios apresentam um comportamento estacionário, enquanto que os de jusante são não estacionários, pois a maioria dos testes rejeitaram a hipótese nula de estacionariedade.

Havia pelo menos 2 rejeições ($K_{crit} = 2$) o que implica em $\alpha_c = 0,038$ (probabilidade do tipo I no teste composto).

O maior número de rejeições da hipótese nula nas estações de Tete, Matundo Cais e Zumbo (a jusante) é verificado quando a série é dividida nos períodos antes e depois da implantação dos reservatórios (1959 e 1974), comprovando a influência destes sobre as vazões. Verifica-se ainda que a estação de Zumbo tem menos rejeições quando comparado com os outros dois postos, enfatizando a influência dos reservatórios, pois este, sofre apenas influência do reservatório de Kariba.

Com objetivo de perceber se o comportamento estacionário ou não, notável nas séries, foi causado pela implantação dos reservatórios de Kariba e Cahora Bassa foi aplicado o teste de Pettitt para verificar se as quebras nas séries coincidem com os anos de implantação dos reservatórios.

Os resultados do teste de Pettitt são apresentados na tabela 6.25, que exhibe o ano no qual as quebras foram identificadas e a significância estatística dessas detecções. Sendo que os p -

valores em negrito, indicam as quebras estatisticamente significativas verificadas em cada ano da série.

Tabela 6. 25: Resultados do teste de Pettitt

a) Teste de pettitt ($\alpha=0,05$) - vazões anuais

Estação	Vazões Médias		Vazões máximas		Vazões Mínimas	
	Ano de quebra	Significância	Ano de quebra	Significância	Ano de quebra	Significância
Tete (320)	1959	0,000	1978	0,001	1959	0,000
Matundo Cais (387)	1963	0,000	1978	0,000	1959	0,000
Zumbo (310)	1960	0,000	1965	0,017	1992	0,015
Katima Mulilo (68017)	1981	0,053	1979	0,033	1989	0,000
Senanga (2-400)	1980	0,032	1970	0,320	1981	0,001
Lukuku (2-030)	1982	0,102	1982	0,027	1990	0,000

b) Teste de pettitt ($\alpha=0,05$) - vazões sazonais – “Estação de Verão”

Estação	Vazões Médias		Vazões máximas		Vazões Mínimas	
	Ano de quebra	Significância	Ano de quebra	Significância	Ano de quebra	Significância
Tete (320)	1981	0,001	1981	0,001	1959	0,000
Matundo Cais (387)	1981	0,000	1981	0,000	1959	0,000
Zumbo (310)	1967	0,000	1967	0,002	1992	0,013
Katima Mulilo (68017)	1980	0,055	1980	0,045	1989	0,000
Senanga (2-400)	1980	0,052	1971	0,108	1989	0,000
Lukuku (2-030)	1982	0,010	1982	0,014	1989	0,000

c) Teste de pettitt ($\alpha=0,05$) - vazões sazonais – “Estação de Inverno”

Estação	Vazões Médias		Vazões máximas		Vazões Mínimas	
	Ano de quebra	Significância	Ano de quebra	Significância	Ano de quebra	Significância
Tete (320)	1960	0,000	1981	0,000	1959	0,000
Matundo Cais (387)	1960	0,000	1981	0,000	1959	0,000
Zumbo (310)	1965	0,006	1964	0,071	1992	0,075
Katima Mulilo (68017)	1981	0,198	1981	0,155	1989	0,001
Senanga (2-400)	1981	0,069	1979	0,446	1981	0,001
Lukuku (2-030)	1997	0,120	1981	0,682	1990	0,001

As quebras registadas nas vazões médias, máximas e mínimas anuais em todas as estações são significativas, com exceção das vazões médias nas estações de Katima Mulilo (68017) e Lukuku (2-030) e as vazões máximas em Senanga (2-400). Deve-se salientar ainda que, as estações de Tete (320), Matundo Cais (387) e Zumbo (310), todas influenciadas pelos reservatórios de Kariba e/ou Cahora Bassa apresentaram quebras significativas em todas as séries, com destaque para ano de 1959 que coincidiu com o ano da implantação do reservatório de Kariba. Estas quebras verificaram-se nas mínimas em Tete (320) e Matundo Cais (387) e nas medias em Tete (320).

Em relação as vazões sazonais- estação de verão, todas apresentaram quebras significativas nas suas séries, porém as vazões médias para a estação de Katima Mulilo (68017) e Senanga (2-400) e as máximas não possuem quebras estatisticamente significativas em Senanga. Mais uma vez, todas as estações a jusante dos reservatórios de Kariba e Cahora Bassa apresentam quebras estatisticamente significativas para médias, máximas e mínimas. As quebras nas vazões médias para as estações de Tete (320), Matudo Cais (387) e Zumbo (310) foram todas registadas no ano de 1981 e nas mínimas registadas no ano de 1959 para Tete (320) e Matundo Cais (387) e 1952 para a estação de Zumbo. Para as estações de Katima Mulilo (68017) e Senanga (2-400) e Lukuku (2-030), que não são influenciados pelos reservatórios, quebras significativas nas vazões mínimas verificaram-se ambas em 1989.

As estações de Katima Mulilo (68017), Senanga (2-400) e Lukuku (2-030), a montante dos reservatórios, não apresentam quebras significativas nas vazões médias e máximas sazonais (estação de inverno), tendo se verificado significância estatística apenas para as vazões mínimas. Enquanto que, as estações a jusante apresentam um cenário contrário, com quebras significativas nas séries, com exceção das vazões máximas e mínimas na estação de Zumbo

(310). As quebras significativas nas vazões mínimas, mais uma vez, são registadas em 1959 para as estações de Tete (320) e Matundo Cais (387).

A análise dos resultados do teste de Pettitt, mostram que as quebras registadas nas séries são em geral estatisticamente significativas, porém, na sua maioria não coincidem com os anos de implantação dos reservatórios de Kariba e Cahora Bassa, com exceção das vazões mínimas nas estações de Tete (320), Matundo Cais (387) e Zumbo (310).

Desta forma, pode -se assumir que o comportamento não estacionário das vazões das estações de Tete (320), Matundo Cais (387) e Zumbo (310) na bacia do Zambeze é influenciado pela existência de reservatórios, pois notam-se grandes diferenças nos resultados do teste para os postos a montante e a jusante dos reservatórios. Porém, não se deve descartar a possível influência de outros fatores como mudanças climáticas, uso do solo que não foram objeto de análise neste trabalho.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 Conclusões

Nesta dissertação verifica-se o comportamento estacionário das vazões médias, máximas e mínimas, anuais e sazonais na bacia do rio Zambeze. O entendimento deste comportamento é fundamental na aplicação dos modelos hidrológicos que auxiliam na gestão dos recursos hídricos.

As diversas técnicas estatísticas aplicadas neste estudo para a verificação da estacionariedade das vazões, apresentaram resultados consistentes, porém, algumas técnicas como a regressão linear devem ser aplicadas com cautela, pois os seus resultados evidenciam uma dependência do resultado da escolha da partição das amostras. Por outro lado, a análise do grau de dependência serial e normalidade feita sobre as vazões e/ou os logaritmos das vazões anuais e sazonais, não apresentaram resultados satisfatórios em relação a aceitação da hipótese nula de independência e normalidade na maioria dos casos. Isso pode indicar que, provavelmente, deve se usar uma outra distribuição de probabilidades para modelar as vazões na bacia do Zambeze, além da log-normal. De qualquer forma os testes foram aplicados sobre os resíduos dos logaritmos das vazões.

A EDA e os testes *t de Student* e *F de Snedecor* sobre as vazões médias, máximas e mínimas foram unânimes, mostrando que o regime hidrológico das vazões na bacia apresenta um nítido comportamento sazonal. Para tanto considera-se a estação de verão de novembro a março, e a estação de inverno de abril a outubro.

Os resultados dos testes estatísticos de *Mann-Whitney*, *Spearman*, *F de Snedecor* e *t de Student* utilizados para conclusão final sobre a estacionariedade, corroboram com a EDA, mostrando claramente que as vazões médias, máximas e mínimas, anuais e sazonais na bacia do Zambeze, nos postos em estudo, apresentam um comportamento diferenciado entre as estações a montante e a jusante dos reservatórios de Kariba e Cahora Bassa. Esta evidência foi também comprovada pelo teste composto.

Conclui-se que as vazões dos postos a montante dos reservatórios apresentam um comportamento estacionário, enquanto que os de jusante são não estacionários, pois a maioria dos testes rejeitaram a hipótese nula de estacionariedade. O teste composto de *Mann-Whitney* mostra neste caso, o *erro do tipo I*, menor ou igual a 0,038.

O maior número de rejeições da hipótese nula nas estações de Tete, Matundo Cais e Zumbo (a jusante) é verificado quando a série é dividida nos períodos antes e depois da implantação dos reservatórios (1959 ou 1974), comprovando a influência destes sobre as vazões. Podemos verificar ainda que a estação de Zumbo tem menos rejeições quando

comparado com os outros dois postos, enfatizando a influência dos reservatórios. Pois este posto, sofre apenas a influência de Kariba.

A análise dos resultados do *teste de Pettitt*, mostram que as quebras registradas nas séries são em geral estatisticamente significativas, porém, na sua maioria não coincidem com os anos de implantação dos reservatórios de Kariba e Cahora Bassa, com exceção das vazões mínimas nas estações de Tete (320), Matundo Cais (387) e Zumbo (310).

Desta forma, pode -se concluir que o comportamento não estacionário das vazões médias, máximas e mínimas, anuais e sazonais das estações de Tete (320), Matundo Cais (387) e Zumbo (310) na bacia do Zambeze é influenciado basicamente pela existência de reservatórios, pois notam-se grandes diferenças nos resultados dos testes entre os postos a montante e a jusante dos reservatórios. Porém, não se deve descartar a priori a influência de outros fatores como mudanças climáticas, uso do solo que não foram objeto de análise neste trabalho.

Nos postos a montante dos reservatórios a vazão média pode ser representada por um modelo AR(1), a vazão máxima apresenta independência serial e a vazão mínima segue um outro tipo de modelo não identificado, pois não foi investigado neste estudo. Nos postos a jusante dos reservatórios há uma forte influência de regularização plurianual dos reservatórios aumentando neste caso a dependência plurianual e sazonal nas vazões defluentes.

Com as conclusões tiradas desta pesquisa que culminaram na presente dissertação, espera-se que constituam uma importante ferramenta de auxílio à tomada de decisão na bacia do Zambeze. E auxilie os órgãos gestores no planejamento da disponibilidade hídrica atual e futura, em quantidade e qualidade adequadas para atender a diferentes usos.

7.2 Recomendações

Em função das conclusões obtidos neste trabalho e da relevância da análise da estacionariedade nas séries hidrológicas, recomenda-se para futuros estudos:

Uma análise sobre uma distribuição de probabilidades adequada para representar as vazões na bacia do Zambeze, pois a log-normal não se mostrou ideal.

Visto que, algumas quebras nas séries estudadas não se registaram nos mesmos anos da implantação dos reservatórios de Kariba e Cahora Bassa é importante avaliar as causas da não estacionariedade das vazões considerando outros fatores, como mudanças climáticas, uso e ocupação do solo, implantação e operação de obras hidráulicas (usinas hidrelétricas) ou simplesmente problemas de consistência de dados relacionados com as estações de medição.

Recomenda-se uma avaliação determinística do efeito dos reservatórios através da análise da flutuação dos níveis da modelagem da evaporação o que permitirá obter séries de vazões naturais.

Para as vazões naturais verificar a estacionariedade das estações de Tete (320), Zumbo (310) e Matundo Cais (387).

Também a inclusão de um maior número de estações fluviométricas seria recomendável.

Finalmente uma análise estatística da estacionariedade das precipitações na bacia do Zambeze seria altamente recomendável.

8. REFERÊNCIAS

- ALEMAW, B. F.; CHAOKA, T. R. (2002). **Trends in the flow regime of the Southern African rivers as visualized from Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS)**. African Journal of Science and Technology, v. 3, n. 1, p. 69-78.
- ANDERSON, T. W. e DARLING, D. A. (1954). **A test of goodness of fit**. Journal of the American Statistical Association, 49, pp. 756-769.
- ANDERSON, T.W. & DARLING, D.A. (1952). **Asymptotic theory of certain goodness of-fit criteria based on stochastic processes**. Annals of Mathematical Statistics, 23, 193–212.
- ASANTE, K.; VILANKULOS, A. (2009). **Análise da Hidrologia e das Bacias Hidrográficas**. Instituto Nacional de Gestão de Calamidades, Alterações Climáticas Relatório. Maputo, pp. 61-82.
- BANCO MUNDIAL. 2010. **A Bacia do Rio Zambeze- Análise das Oportunidades de Investimento Multisetorial**. Gestão de Recursos Hídricos na Região de África. v. 1. Acessado em: http://siteresources.worldbank.org/INTAFRICA/Resources/Zamb_ezi_MSIOA_Vol_1-Summary_Report-PO.pdf.
- BANZE, F. E. (2014). **Avaliação do Conflito entre o Controle de Cheias e Geração de Energia: Caso da barragem de Cahora Bassa-Moçambique**. Paraná. Curitiba.
- BANZE, F.; GUO, J.; XIAOTAO, S. (2017). **Impact of Climate Change on Precipitation in Zambeze River Basin in Southern Africa**. Nature Environment and Pollution Technology 2395-3454.
- BARTIKO, D.; CHAFFE, P.L.B; BONUMÁ, N. B. (2017). **Nonstationarity in maximum annual daily streamflow series from Southern Brazil**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 2318-0331(22-48).
- BATISTA, A.L.; JÚNIOR, S.A.F.; DETZEL, D.H.M.; MINE, M.R.M.; FILL, H.D.O.A.; FERNANDES, C.; KAVISK, E. (2009). **Verificação da Estacionaridade de Séries Hidrológicas no Sul-Sudeste do Brasil**. Campo Grande-MS: XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- BEILFUSS, R. (2012). **A Risky Climate for Southern African Hydro: Assessing Hydrological Risks and Consequences for Zambezi River Basin Dams**. International River.
- BOX, G. E. P., COX, D. R. (1964). **An analysis of transformations**. Journal of the Royal Statistical Society, Series B, v. 26, p. 211–243.
- BRÁS, R. L.; ITURBE-RODRÍGUEZ, I. (1985). **Random functions and hydrology**. Addison-Wesley, Reading.
- BUIHAND, T. A. (1984). **Tests for Detecting a Shift in the Mean of Hydrological Time Series**. In Journal of Hydrology, nº 73, p. 51-69.
- DE SOUZA, S.A.; MATOS, A.M.; TROGER, F.H.; CARVALHO, T.L.L.; ARAUJO, A.A.; NOBREGA, M.T. E PUFAL, M.I. (2015). **Análise de Estacionaridade de Séries de Vazões da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguai**. Brasília: XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- DETZEL, D. H. M. (2015). **Modelagem de Séries Hidrológicas: Uma Abordagem de Múltiplas Escalas Temporais**. Tese (Doutorado) -Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia. Curitiba.

DETZEL, D. H. M.; BESSA, M. R.; VALLEJOS, C. A. V.; SANTOS, A. B.; THOMSEN, L. S.; MINE, M.; BLOOT, M.; ESTROCIO, J. (2011). **Estacionariedade das aflúências às usinas hidrelétricas brasileiras**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 16, n. 3, p. 95-111.

DETZEL, D. H. M.; FERNANDES, C. V. S.; MINE, M. R. M. (2016). **Nonstationarity in determining flow-duration curves aiming water resources permits**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 21, n. 1, p. 80-87.

DETZEL, D. H. M.; MEDEIROS, L.; KOWALCZUK, B. C.; KARLY, M. V.; BESSA, M. R.; GEUS, K. (2018). **O comportamento (não) estacionário das vazões afluentes às UHEs do SIN**. XI Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Cuiabá, Set. 2018, 11-14, pp. 1-12.

DEVORE, J. L. (1991). **Probability and Statistics for Engineering and the Sciences**. Brooks Cole, Belmont.

DU, T.; XIONG, L.; XU, C. Y.; GIPPEL, C. J.; GUO, S.; LIU, P. (2015). **Return period and risk analysis of nonstationary low-flow series under climate change**. Journal of Hydrology, v. 527, pp. 234-250.

DURIN, B., PTIČEK SIROČIĆ, A.; SAKAČ, N. (2018). **Modelling of Meteorological Parameters for the Purpose of Sizing of the solar photovoltaic Irrigation Systems**. Agriculture & Forestry, v. 64, n. 1, p. 15-21.

ENERMOZ e HCB (2012). **Programa de Supervisão e Controlo dos Níveis da Albufeira no âmbito da Central Norte (Rio Zambeze)**.

FILL, H. D. (2011). **Análise da Estacionariedade das Vazões do Rio Iguaçu em União da Vitória**. In Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Maceió-AL.

FILL, H. D. (2017). **Análise da Série Temporal de cheias do Rio Iguaçu**. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Florianópolis.

FILL, H. D. (2005). **Notas de aula da disciplina de Hidrologia Estocástica**. UFPR, DHS. Curitiba.

FILL, H. D.; PÉRICO, G. (2012). **Importância dos reservatórios de regularização em sistemas hidrelétricos**, Revista técnica do IEP, Curitiba, PR, v. 4, pp. 33-37.

FILLIBEN J. J. (1975). **The probability plot correlation coefficient test for normality**. Technometrics, 17(1), pp. 111-117.

FOUFOULA-GEORGIU, E.; TAKBIRI, Z.; CZUBA, J.; SCHWENK, J. (2015). **The change of nature and the nature of change in agricultural landscapes: Hydrologic regime shifts modulate ecological transitions**. Water Resources Management, v. 51, n. 8, p. 6649-6671.

GADO, T. A.; NGUYEN, V. (2016). **An at-site flood estimation method in the context of nonstationarity II. Statistical analysis of floods in Quebec**. Journal of Hydrology, v. 535, p. 722-736.

GARBRECHT, J.; FERNANDEZ, P. G. (1994). **Visualization of trends and fluctuations in climatic records**. Water Resources Bulletin, v.30, n.2, p. 297-306.

GRAYSON, R. B.; ARGENT, R. M.; NATHAN, R. J.; MCMAHON, T. A; MEIN, R. (1996). **Hydrological Recipes: Estimation techniques in Australian hydrology**. Australa: Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, p. 125.

HCB. (2012). **Programa de Supervisão e Controlo dos Níveis da Albufeira no âmbito da Central Norte (Rio Zambeze)**. Moçambique.

HIPEL, K. W., McLEOD, A. I. (1994). **Time Series Modelling of Water Resources and Environmental Systems**. Disponível em: <http://www.stats.uwo.ca/faculty/aim/1994Book/>.

IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2001). **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Working Group II. TAR: Summary for Policymakers. [s/l]: [s/n].

IPCC -Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. (2007). **Mudança Climática 2007: a Base das Ciências Físicas**. 10ª ed, Paris, [s/n].

KLEMES, V. (1978). **Physically based stochastic hydrologic analysis**. Advances of hydroscience, n. 11, Academic Press.

KOUTSOYIANNIS, D. (2006). **Nonstationarity versus scaling in hydrology**. Journal of Hydrology, v. 324, n. 1-4, p. 239–254.

KUNDZEWICZ, Z. W.; ROBSON, A. (2000). **Detecting Trend and Other Changes in Hydrological Data**. Word Climate Programme-Water, World Climate Programme Date and Monitoring, WCDMP-45, WMO/TD nº 1013, p. 158.

LIU, H., MASERA, D. and ESSER, L., eds. (2013). **World Small Hydropower Development Report 2013**. United Nations Industrial Development Organization; International Center on Small Hydro Power. Disponível em: www.smallhydropower.org.

LOUCKS, D. P.; VAN BEEK, E. (2005). **Water Resource Systems, Planning and Analysis**. UNESCO Publishing.

MACDONALD, M. (2008). - **Integrated Water Resource Management Strategy and Implementation Plan for the Zambezi River Basin**, April.

MAKRIDAKIS, S., WHEELWRIGHT, S. C., HYNDMON, R. J. (1998). **Forecasting methods and applications**. 3ª. ed. New Jersey: John Wiley & Sons.

MANN, H. B. e WHITNEY, D. R. (1947). **On the test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other**. Annals of Mathematical Statistics, 18, pp. 50-60.

MARTINS C.A. DA S., ULIANA E. M., REIS E. F. (2011). **Estimativa da vazão e da precipitação máxima utilizando modelos probabilísticos na bacia hidrográfica do rio benevente**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.13.

MATOS, J.; PORTELA, M. M.; JUÍZO, D. (2014). **Uma forma alternativa de enfrentar a escassez de dados na bacia do rio Zambeze com vista à calibração de modelos hidrológicos**. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos, V. 35.

MILLY, P. C. D.; BETANCOURT, J.; FALKENMARK, M.; HIRSCH, R. M.; KUNDZEWICZ, Z. W.; LETTENMAIER, D. P.; STOUFFER, R. J.; DETTINGER, M. D.; KRYSANOVA, V. (2015). **On critiques of “stationarity is dead: whither water management**. Water Resources Research, v. 51, n. 9, p. 7785-7789

MILLY, P. C. D.; BETANCOURT, J.; FALKENMARK, M.; HIRSH, R. M.; KUNDZEWICZ, Z. W.; LETTENMAIER, D. P.; STOUFFER, R. J. (2008). **Stationarity is dead: whither water management**. Science, v. 319, n. 5863, p. 573-574.

- MONTANARI, A.; KOUTSOYIANNIS, D. (2014). **Modeling and mitigating natural hazards: stationary is immortal**. *Water Resources Research*, v. 50, n. 12, p. 9748-9756.
- MÜLLER, I. I., KRÜGER, C. M., KAVISKI, E. (1998). **Análise de estacionariedade de séries hidrológicas na bacia incremental de Itaipu**. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 3, n. 4, p. 51-71.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. (2007). **Hidrologia Estatística**. 1a ed. Belo Horizonte: CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Superintendência Regional de Belo Horizonte.
- PAPOULIS, A. (1991). **Probability, Random Variables, and Stochastic Processes**, McGraw-Hill, New York.
- PAULO, C. P.; MACASSA, E. I. J.; PATRÍCIO, M.; STEDMAN, N. (2016). **The World Small Hydropower Development Report 2016**. United Nations Industrial Development Organization, Vienna, and International Center on Small Hydro Power, Hangzhou. PP. 68-71. Disponível em: www.smallhydroworld.org.
- PEDROSA, V. A.; SOUZA, R. C. (2009). **Estacionariedade e Estudo de Vazões Mínimas do Rio Paraíba do Meio em Alagoas**: Campo Grande-MS: In VXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos.
- PÉRICO, GUILHERME. (2014). **Avaliação Estocástica dos Efeitos de reservatórios na expansão de um sistema hidrelétrico**. Dissertação (mestrado) -Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia. Curitiba.
- PETTITT, A. N. (1979). **A non-parametric approach to the change-point problem**. *Appl. Statist.*, 28, 126-135.
- PINTO, N. L. de S., HOLTZ, A. C. T., MARTINS, J. A., GOMIDE, F. L. S. (1976). **Hidrologia Básica**. 2a ed. São Paulo: Edgard Blücher.
- POHLERT, T. (2018). **Non-Parametric Trend Tests and Change-Point Detection**. Disponível em: <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/> for details.
- PRIESTLEY, M. (1981). **Spectral Analysis and Time Series: Multivariate Series Prediction and Control**. Academic press.
- PROSDOCIMI, I.; KJELDSSEN, T. R.; MILLER, J. D. (2015). **Detection and attribution of urbanization effect on flood extremes using nonstationary flood-frequency models I**. *Water Resources Research*, v. 51, n. 6, p. 4244-4262.
- PROSDOCIMI, I.; KJELDSSEN, T. R.; SVENSSON, C. (2014). **Non-stationarity in annual and seasonal series of peak flow and precipitation in the UK**. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 14, n. 5, p. 1125-1144.
- RÄSÄNEN, T. A.; SOMETH, P.; LAURI, H.; KOPONEN, J.; SARKKULA, J.; KUMMU, M. (2017). **Observed river discharge changes due to hydropower operations in the Upper Mekong Basin**. *Journal of Hydrology*, v. 545, p. 28-41.
- READ, L. K.; VOGEL, R. M. (2016). **Hazard function theory for nonstationary natural hazards**. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, v. 16, n. 4, p. 915-925.
- READ, L. K.; VOGEL, R. M. (2015). **Reliability, return periods, and risk under nonstationarity**. *Water Resources Research*, n. 1, p. 1-18.

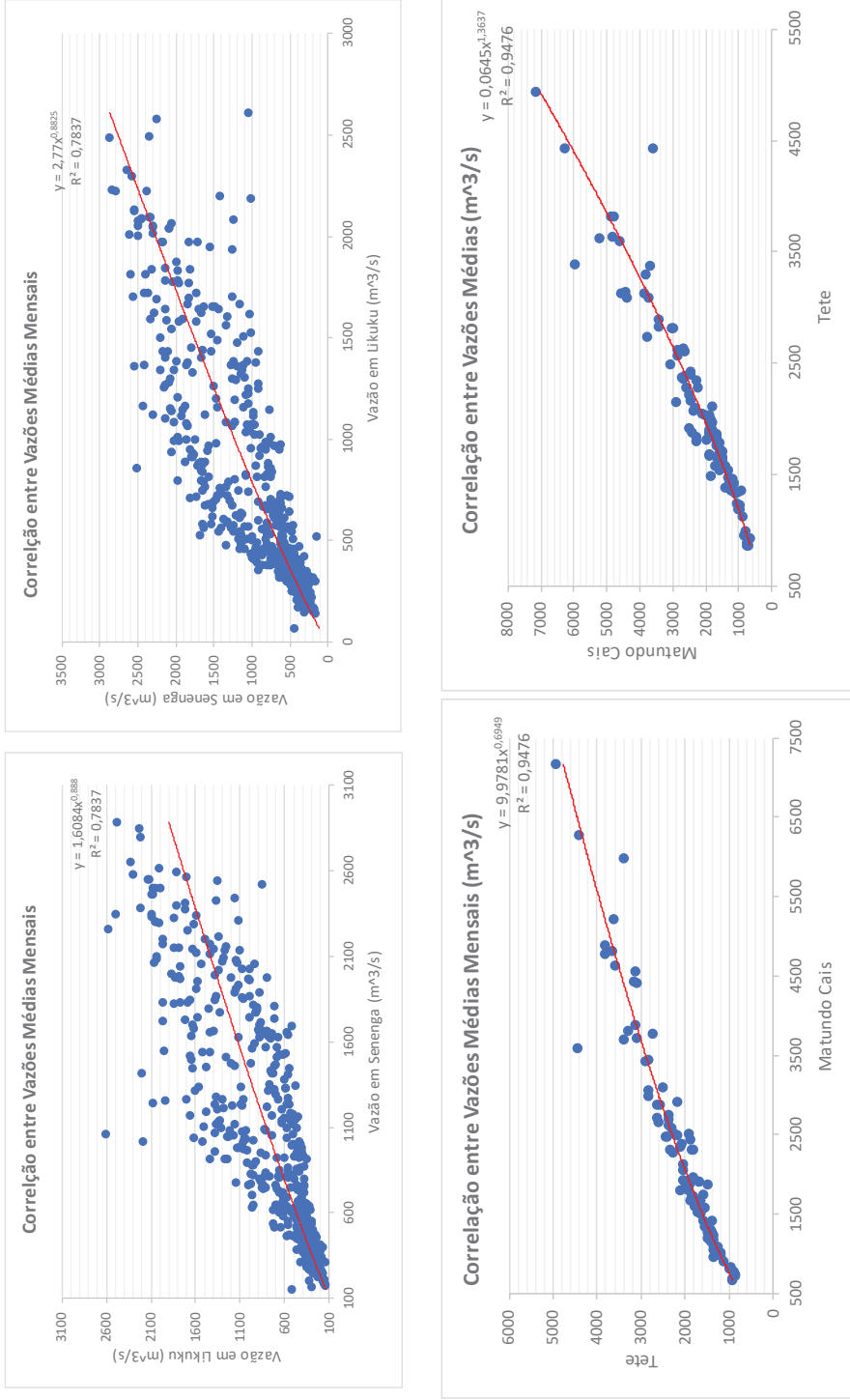
- REIS, G. M.; JÚNIOR, J. I. R. (2007). **Comparação de Testes Paramétricos e Não Paramétricos Aplicados em Delineamentos Experimentais**. In Anais de Viçosa. Viçosa-MG.
- SADRI, S.; KAM, J.; SHEFFIELD, J. (2016). *Nonstationarity of low flows and their timing in the eastern United States*. Hydrology and Earth System Sciences, v. 20, n. 2, p. 633-649.
- SALAS, J. D (1993). **Handbook of Hydrology**. Cap. 19. D. Maidment. Ed., MacGraw-Hill Book Co., New York, N. Y.
- SALAS, J. D., DELLEUR, J. W., YEVJEVICH, V., LANE, W. L. (1985). **Applied Modeling of Hydrologic Time Series**. 2ª ed. Chelsea: Water Resources Publications.
- SANTOS, C.A.; LIMA, A.M.M.; FARIAS, M.H.C.S.; AIRES, U.R.V.; SERÃO E.A.O. (2016). **Análise Estatística da não estacionaridade de Séries Temporais de Vazão Máxima Anual Diária na Bacia Hidrográfica do Rio Pardo**. Rio Grande do Sul.
- SANTOS, J. P; PORTELA, M. M; JUÍZO, D. (2014). **Uma forma alternativa de enfrentar a escassez de dados na bacia do rio Zambeze com vista à calibração de modelos hidrológicos**. Revista Recursos Hídricos, Vol. 35, Nº 1, 37-52.
- SEN, P. K. (1968). **Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau**. Journal of the American Statistical Association, v. 63, n. 324, p. 1379–1389.
- SHAMSEDDIN, A. M.; CHAIBI, T. (2019). **Scanning climate change impacts on water resources of the largest African river basins**. International Journal of River Basin Management 1571-5124.
- SHAPIRO, S.S. & WILK, M. (1965). **An analysis of variance test for normality (complete samples)**. Biometrika, 52, 591–611.
- SIEGEL, S., & CASTELLAN, N. J. (1988). **Nonparametric statistics for the behavioral sciences** (2nd ed.) New York: McGraw-Hill.
- SPANOS, A. (1980). **Statistical Foundations of Econometric Modelling**. Cambridge University Press, Cambridge.
- SRAJ, M.; VIGLIONE, A.; PARAJKA, J.; BLÖSCHL, G. (2016). **The influence of non-stationarity in extreme hydrological events on flood frequency estimation frequency estimation**. Journal of Hydrology and Hydromechanics, v. 64, n. 4, p. 426-437.
- STEDINGER, J. R.; VOGEL, R. M.; GEORGIU, E. F. (1993). **Frequency Analysis of extreme vents, in Handbook of Hydrology**, chapter 18, Mc Graw Hill, New York.
- TOZZI, B.K.M. (2014). **Verificação da Estacionaridade de Séries Hidrológicas de Vazão na Bacia do Rio Iguaçu**. Paraná. Curitiba.
- TROGER, F. H. GONDIM; F, J. G. C.; NOBREGA, M. T.; SUGAI, M.V.B. (2004). **Verificação da estacionaridade das series anuais de vazões naturais das usinas hidrelétricas de três Marias e sobradinho**. In anais de IIV Simpósio de recursos Hídricos do Nordeste, São Luiz MA.
- TUCCI, C. E. M. (2002) **Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos**. Brasília: Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas.

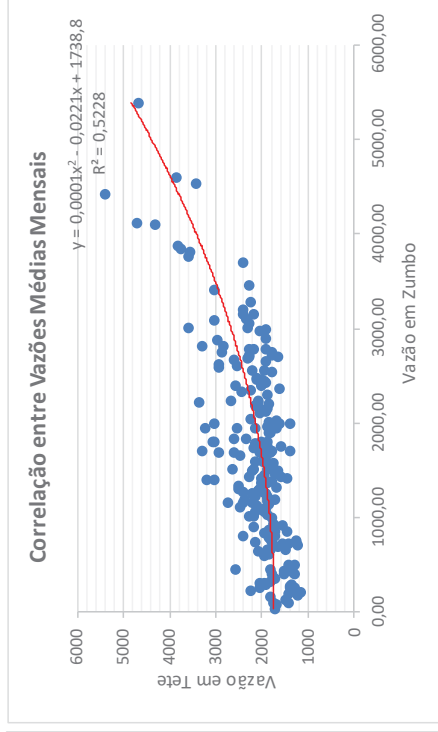
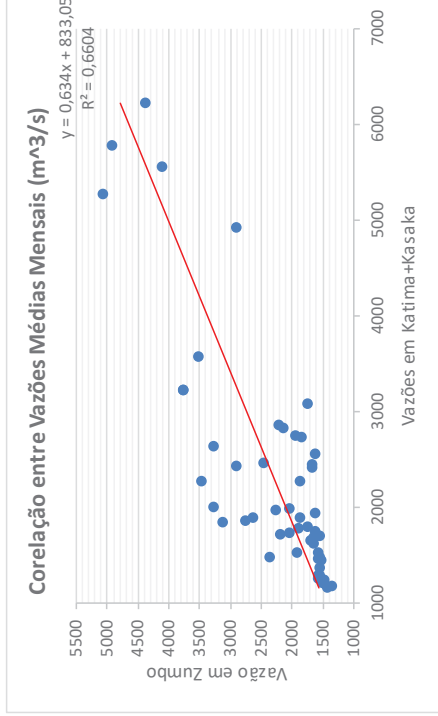
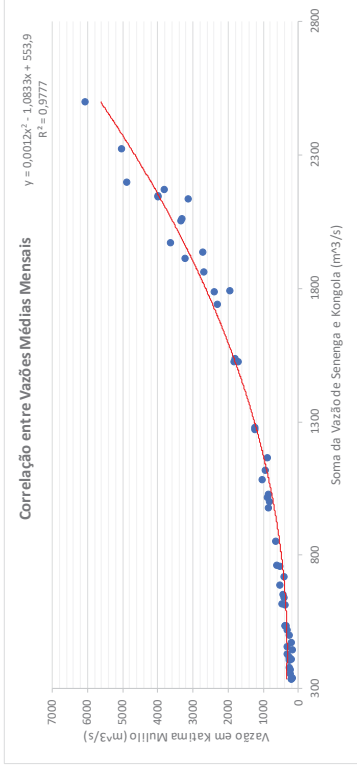
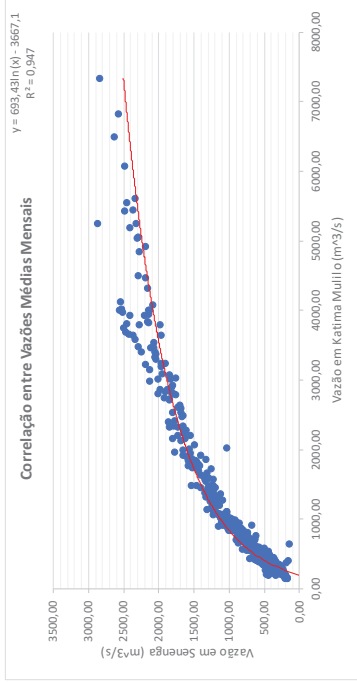
- VILLARINI, G.; SMITH, J. A.; SERINALDI, F.; NTELEKOS, A. A. (2011). **Analyses of seasonal and annual maximum daily discharge records for central Europe**. *Journal of Hydrology*, v. 399, n. 3-4, p. 299-312.
- VOGEL, R. M.; LALL, U.; CAI, X.; RAJAGOPALAN, B.; WEISKEL, P. K.; HOOPER, R. P.; MATALAS, N. C. (2015). **Hydrology: The interdisciplinary science of water**. *Water Resources Research*, v. 51, n. 6, p. 4409-4430.
- VOGEL, R. M.; YAINDL, C.; WALTER, M. (2011). **Nonstationarity: flood magnification and recurrence reduction factors in the united states**. *Journal of the American Water Resources Association*, v. 47, n. 3, p. 464-474.
- WCD – WORLD COMMISSION ON DAMS. (2000). **Kariba Dam Case Study**. prepared as an input to the World Commission on Dams, Cape Town, Soils Incorporated (Pty) Ltd and Chalo Environmental & Sustainable Development Consultants.
- WILKS, D. S. (2006). **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. 2^a ed. New York: Academic Press.
- XIONG, L.; DU, T.; XU, C. Y.; GUO, S.; JIANG, C.; GIPPEL, C. J. (2015). **Non-stationary annual maximum flood frequency analysis using the norming constants method to consider non-stationarity in the annual daily flow series**. *Water Resources Management*, v. 29, n. 10, p. 3615-3633.
- YUE, S., PILON, P., PHINNEY, B., CAVADIAS, G. (2002). **The influence of autocorrelation on the ability to detect trend in hydrological series**. *Hydrological Processes*, v. 16, n. 9, p. 1807–1829.
- YUE, S.; PILONIL, P.; CAVADIAS, G. (2002). **Power of the Mann–Kendall and Spearman’s rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series**. *Journal of Hydrology*, v. 259, p. 254–271.
- ZAJAC, Z.; REVILLA-ROMERO, B.; SALAMON, P.; BUREK, P.; HIRPA, F. A.; BECK, H. (2017). **The impact of lake and reservoir parameterization on global streamflow simulation**. *Journal of Hydrology*, v. 548, p. 552-568.
- ZAMCOM; SADC; SARDC. (2015). **Perspectiva Ambiental na Bacia do Zambeze**. Harare, Gaborone.
- ZAMCOM; SADC; SARDC. (2016). **Regras e Procedimentos para Partilha de Dados e Informações Relacionadas com a Gestão e Desenvolvimento do Curso de Água do Zambeze**. Harare, Gaborone.
- ZHANG, Q.; GU, X.; SINGH, V. P.; XIAO, M.; CHEN, X. (2015). **Evaluation of flood frequency under non-stationarity resulting from climate indices and reservoir indices in the East River basin, China**. *Journal of Hydrology*, v. 527, p. 565-575.
- ZHANG, X.; VINCENT, L. A.; HOGG, W. D.; NIITSOO, A. (2000). **Temperature and precipitation trends in Canadá during the 20th century**. *Atmosphere-Ocean*, v. 38, n. 3, p. 395–429.
- CHOW, V. T. (1954). **The Log Probability Law and its Engineering Applications**, Proc. Am. Soc. Civil Eng., v. 80, paper n. 536.

APÊNDICE A
GRÁFICOS DE REGRESSÕES E SÉRIES DE VAZÕES UTILIZADAS

APÊNDICE A.1

Figura A.1: Gráficos de Regressões





APÊNDICE A.2: Dados Utilizados

Tabela A.2. 1: Vazões Médias em Katima Mulilo

VAZÕES NATURAIS MÉDIAS MENSAIS (m ³ /s)														
Código: 68017	Posto: Katima Mulilo						Sub-bacia: Barotse			Rio Zambeze			Área de Drenagem: 339521Km ²	
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual	
1943	374,2	520,3	947,4	1961,7	1844,2	1125,3	469,6	303,5	230,3	198,4	213,3	275,4	705,3	
1944	556,8	1147,1	2357,8	3051,9	2234,1	971,6	399,0	268,6	222,5	207,6	203,6	307,0	994,0	
1945	474,5	854,6	3123,7	3779,9	2160,1	1037,0	462,2	316,3	240,1	203,6	198,7	292,2	1095,2	
1946	518,7	853,8	1215,1	1615,1	1725,6	924,6	368,7	259,7	216,7	196,5	196,5	263,1	696,2	
1947	481,7	740,2	2553,4	5012,5	3518,7	1694,5	828,5	410,2	245,7	205,1	196,5	274,7	1346,8	
1948	522,0	1318,9	6134,5	5657,4	3433,9	1790,2	903,0	476,1	337,3	274,4	310,8	360,7	1793,3	
1949	395,2	462,6	661,8	869,5	764,5	305,0	224,1	208,6	199,8	196,5	196,6	246,0	394,2	
1950	457,0	1968,9	4915,2	4009,9	2716,1	1257,8	550,2	345,3	273,7	227,3	207,0	196,5	1427,1	
1951	432,4	892,3	4012,5	3368,5	2742,8	1735,1	846,2	416,8	207,9	236,8	324,2	408,1	1302,0	
1952	1050,6	3240,6	6073,4	3151,7	1854,5	902,7	461,4	274,2	217,1	196,6	261,6	363,4	1504,0	
1953	541,3	869,0	3649,7	5048,1	3336,7	1811,1	879,5	494,4	346,1	269,1	260,0	397,8	1491,9	
1954	673,6	953,0	2323,6	3838,5	2408,1	1253,3	628,1	406,0	270,5	333,1	330,3	309,6	1144,0	
1955	398,6	1533,5	3022,4	3637,1	2503,0	1403,5	519,6	320,2	311,7	331,4	329,5	309,4	1218,3	
1956	396,5	969,6	3757,7	3971,5	4860,8	2780,1	1230,3	489,2	319,3	317,9	312,5	347,7	1646,1	
1957	461,1	696,9	5659,4	3410,7	2044,3	920,8	419,3	316,7	312,7	320,4	311,6	314,7	1265,7	
1958	847,3	5584,5	5931,1	3710,8	1988,1	842,9	359,0	310,8	314,9	330,4	313,1	327,6	1738,4	
1959	463,5	700,8	2587,0	3464,2	2038,4	891,2	362,0	310,8	316,7	341,0	338,6	310,8	1010,4	
1960	374,8	641,8	2590,8	4193,0	2414,2	1342,1	511,5	321,0	311,5	332,2	328,0	309,5	1139,2	
1961	364,9	688,4	2246,4	5147,3	3535,5	1939,9	878,6	400,7	311,2	314,3	310,9	356,0	1374,5	
1962	729,2	2267,5	4559,1	5352,1	3751,1	1966,3	904,6	456,0	333,1	309,4	309,5	415,4	1779,4	
1963	1666,1	4397,1	6914,5	5829,5	3275,7	1537,0	726,4	412,4	324,5	309,9	325,2	591,3	2192,5	
1964	1041,5	1724,9	3146,0	3089,5	2003,9	811,7	398,3	328,1	310,1	287,5	310,2	415,9	1155,6	
1965	656,6	1146,4	2870,5	3022,5	1990,9	1058,3	560,1	401,9	322,2	281,2	263,6	384,1	1079,9	
1966	575,6	920,5	2929,7	4844,5	2536,9	1413,0	731,0	461,1	365,1	291,0	274,3	327,8	1305,9	
1967	479,3	762,5	1319,8	3303,1	2869,3	1780,9	902,2	473,7	342,9	265,2	323,1	519,4	1111,8	
1968	1801,7	5059,9	4500,0	5189,1	2841,5	1638,8	913,9	590,6	424,1	329,2	312,0	526,9	2010,6	
1969	845,1	1882,0	6499,5	7342,8	3944,3	2009,3	1193,3	791,1	565,7	426,4	540,8	789,9	2235,9	
1970	1423,7	3461,0	5437,9	3930,3	2233,4	1270,5	774,8	568,5	453,2	361,0	357,8	560,0	1736,0	
1971	915,0	1697,5	3471,1	3085,4	1950,3	1276,0	732,4	542,1	446,8	378,2	385,0	472,5	1279,4	
1972	719,5	974,4	1113,1	2063,4	2201,5	1489,4	917,8	506,3	394,7	340,4	349,8	404,7	956,2	
1973	558,8	787,9	1058,7	1551,5	1482,8	814,5	467,1	382,3	295,6	240,2	301,9	408,6	695,8	
1974	710,5	1458,9	3024,0	2805,9	2789,1	1568,3	713,8	470,3	365,7	284,0	295,3	471,5	1246,5	
1975	935,1	3013,2	4325,8	5445,8	3078,0	1670,7	867,3	543,9	422,5	331,0	303,4	384,7	1776,8	
1976	615,5	972,8	4081,7	5607,6	4468,0	2488,1	1269,8	703,4	510,5	447,0	371,9	373,8	1825,8	
1977	713,8	1082,4	2538,1	3230,9	3245,9	1914,4	937,5	580,5	462,7	372,6	335,8	459,8	1322,9	
1978	844,9	1391,3	3797,2	6827,4	5258,0	2634,7	1363,7	758,3	532,2	419,9	502,4	729,3	2088,3	
1979	1080,1	1850,0	3401,9	5546,5	3545,2	1774,5	960,9	643,6	532,5	443,5	522,9	774,3	1756,3	
1980	1726,4	2870,6	3275,8	3663,9	2725,3	1592,2	833,5	571,3	466,1	378,2	385,0	475,1	1580,3	

1981	717,1	999,8	2478,1	3823,7	3195,0	1625,3	797,4	537,8	430,0	341,4	346,1	439,2	1310,9
1982	560,8	728,1	982,1	1758,6	1455,4	953,7	559,1	491,0	409,7	329,5	342,5	564,2	761,2
1983	757,2	1025,4	1290,8	1359,3	1249,8	769,8	476,8	366,2	302,3	257,1	290,1	362,9	709,0
1984	555,7	823,0	1746,3	2275,1	1577,7	771,9	438,7	343,3	283,9	251,0	279,7	384,1	810,9
1985	560,9	852,3	1334,5	2269,9	2337,0	1295,9	585,1	410,4	317,2	261,9	261,1	301,8	899,0
1986	422,3	638,3	1048,2	2898,1	2592,0	1307,2	578,9	409,7	322,3	304,5	424,5	633,3	964,9
1987	835,8	1081,2	2162,0	2609,3	1837,3	976,8	536,6	421,1	338,4	286,5	275,0	353,2	976,1
1988	461,0	705,0	1237,2	2831,9	2272,7	1260,6	594,7	412,2	329,5	276,9	299,1	407,8	924,1
1989	609,0	1482,5	3933,4	4017,8	3978,2	2125,6	973,8	524,5	385,1	317,2	308,6	308,9	1580,4
1990	496,2	774,0	1015,9	1071,5	1184,3	975,1	488,3	361,2	283,4	257,0	237,0	318,7	621,9
1991	514,2	1153,7	2956,9	2393,9	1849,2	868,6	443,2	345,4	276,6	240,4	279,7	389,8	976,0
1992	578,0	764,6	983,7	1036,7	946,9	553,2	375,6	300,8	243,8	212,0	229,0	274,9	541,6
1993	386,7	677,1	1567,3	3927,2	3281,3	1492,2	588,1	379,8	286,5	245,5	240,8	339,7	1117,7
1994	523,1	1005,2	2319,1	2199,8	982,6	448,7	336,7	285,1	235,9	204,9	208,7	253,9	750,3
1995	337,3	474,6	833,1	1762,4	1008,9	400,0	286,5	239,0	195,1	151,2	160,5	237,5	507,2
1996	345,9	447,0	656,4	974,1	940,3	426,1	293,2	240,7	197,4	149,5	146,8	217,8	419,6
1997	377,7	697,7	1119,7	1916,4	1897,5	954,4	396,6	273,0	214,8	164,2	165,3	240,4	701,5
1998	499,4	1452,2	3412,9	4125,1	2810,8	1239,7	527,3	358,8	264,2	210,9	195,6	275,6	1281,0
1999	497,8	1068,7	2986,7	3693,2	3226,1	1347,1	546,2	341,9	249,5	209,6	207,5	260,2	1219,5
2000	389,2	542,6	1198,3	3792,8	2339,8	1102,5	469,1	307,5	235,5	175,0	155,2	272,7	915,0
2001	560,5	1122,6	3651,3	4005,0	3479,8	1623,9	719,3	414,2	296,5	226,3	240,3	368,1	1392,3
2002	503,6	711,1	1488,2	2026,9	2153,7	1379,5	592,9	346,4	256,3	216,3	217,8	264,8	846,5
2003	491,6	909,7	1859,2	3749,0	3810,8	1801,2	763,7	409,1	288,1	216,6	212,3	280,6	1232,6
2004	501,0	1023,1	3583,6	5254,9	3663,4	1790,4	758,9	413,4	290,5	240,1	243,6	301,1	1505,3
2005	457,8	798,1	1372,3	1397,8	1423,8	875,7	432,6	305,3	226,7	200,6	176,2	246,3	659,4
2006	385,7	707,6	1556,5	3285,7	2782,9	1526,3	632,2	351,9	249,0	207,6	234,4	351,2	1022,6
2007	719,8	4143,3	5254,9	3850,7	2761,9	1434,4	735,6	464,2	334,1	266,5	261,3	367,0	1716,1
2008	816,9	2704,1	3585,8	3721,3	2568,9	1335,4	612,5	376,8	268,5	203,1	234,6	421,7	1404,1
2009	810,4	1767,9	5619,5	5750,3	2796,9	1427,4	705,1	435,5	314,1	255,0	264,9	424,1	1714,3
2010	766,1	1866,0	5406,4	5666,4	4616,0	2180,2	1094,8	624,3	423,1	306,0	271,4	403,7	1968,7
2011	1335,2	3436,9	4685,9	5332,4	4132,9	1918,0	950,0	570,1	392,6	302,3	300,9	449,5	1983,9
2012	808,3	1798,7	2863,9	3948,7	3222,2	1426,9	663,3	451,8	366,4	305,1	282,7	424,8	1380,2
2013	1216,1	3776,3	4190,8	3636,4	2414,3	1070,7	545,7	393,8	303,0	244,3	242,9	408,5	1536,9
2014	724,8	1435,9	2669,9	4195,7	3773,0	2127,9	995,2	526,7	382,2	282,1	260,9	344,1	1476,5
2015	536,2	871,8	1277,3	1470,1	1566,1	1141,5	541,3	357,8	279,0				893,4
Méd	669,6	1463,3	2963,8	3543,3	2608,8	1364,3	664,4	419,5	322,6	275,6	283,5	379,8	
Máx	1801,7	5584,5	6914,5	7342,8	5258,0	2780,1	1363,7	791,1	565,7	447,0	540,8	789,9	
Mín	337,3	447,0	656,4	869,5	764,5	305,0	224,1	208,6	195,1	149,5	146,8	196,5	
Vazão Média de Longo Prazo 1246,5													
D.Pad	320,0	1116,7	1625,7	1460,4	982,6	512,7	250,1	120,8	85,4	68,6	78,2	121,3	
Saz	0,54	1,17	2,38	2,84	2,09	1,09	0,53	0,34	0,26	0,22	0,23	0,30	

Tabela A.2. 2: Vazões Médias em Tete

VAZÕES NATURAIS MÉDIAS MENSAIS (m ³ /s)													
Código: 320	Posto: Tete			Sub-bacia: Tete			Rio Zambeze			Área de Drenagem: 940000 Km ²			
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
1943	2860,7	3065,5	3762,8	6006,1	5703,9	4096,5	2992,6	2767,9	2675,9	2637,1	2655,0	2732,0	3496,3
1944	3119,5	4139,0	7106,6	9339,5	6749,5	3806,6	2894,3	2723,4	2666,2	2648,2	2643,3	2772,3	4217,4
1945	2999,5	3598,8	9592,5	12097,5	6541,5	3927,5	2982,1	2784,4	2687,9	2643,3	2637,5	2753,3	4603,8
1946	3063,2	3597,5	4274,5	5146,6	5409,9	3721,8	2853,4	2712,2	2659,2	2634,8	2634,8	2716,5	3452,0
1947	3009,9	3406,3	7696,6	17738,4	11059,1	5334,9	3554,0	2909,7	2694,8	2645,1	2634,8	2731,1	5451,2
1948	3068,1	4488,4	23935,1	21176,4	10733,5	5568,6	3683,5	3001,8	2811,8	2730,7	2777,3	2842,7	7234,8
1949	2889,1	2982,6	3280,4	3624,7	3446,2	2769,8	2668,3	2649,4	2638,8	2634,8	2634,9	2695,2	2909,5
1950	2974,8	6025,0	17249,0	13057,3	8210,9	4361,4	3109,7	2822,2	2729,8	2672,1	2647,4	2634,8	5707,9
1951	2940,4	3664,6	13068,4	10486,6	8297,5	5433,1	3584,3	2918,7	2648,5	2683,9	2794,6	2906,7	5118,9
1952	3953,2	10013,5	23571,6	9692,5	5730,0	3682,9	2980,9	2730,5	2659,6	2634,9	2714,6	2846,4	6100,9
1953	3096,5	3623,8	11572,9	17919,6	10367,9	5620,7	3642,2	3028,1	2823,4	2724,0	2712,7	2892,8	5835,4
1954	3299,0	3772,9	7006,7	12338,0	7255,5	4352,2	3227,8	2903,9	2725,9	2806,3	2802,6	2775,7	4605,5
1955	2893,8	4958,1	9236,7	11523,0	7541,6	4669,1	3064,6	2789,5	2778,4	2804,1	2801,5	2775,5	4819,7
1956	2890,9	3803,1	12007,1	12894,2	16978,3	8419,0	4305,3	3020,6	2788,3	2786,4	2779,4	2825,5	6291,5
1957	2980,5	3336,1	21187,6	10645,5	6225,3	3715,1	2922,1	2784,9	2779,7	2789,7	2778,3	2782,2	5410,6
1958	3586,1	20771,2	22736,7	11817,4	6075,5	3578,6	2840,4	2777,2	2782,6	2802,7	2780,2	2799,0	7112,3
1959	2983,9	3342,4	7801,1	10849,3	6209,4	3662,6	2844,5	2777,2	2784,9	2816,6	2813,4	2777,3	4305,2
1960	2861,6	3249,0	7813,1	13852,1	7273,5	4537,5	3052,8	2790,5	2778,1	2841,6	2827,5	2821,7	4724,9
1961	2990,0	3738,4	7787,6	20617,9	13326,6	7746,4	4899,8	3734,9	3313,7	2958,1	2840,1	2984,0	6411,5
1962	3730,3	7868,4	17398,2	22208,4	14765,0	8444,7	5451,9	4231,5	3736,2	3438,0	3110,8	3370,2	8146,1
1963	6572,1	18702,0	40913,5	34539,9	17361,6	8686,6	5445,9	4134,7	3584,2	3196,0	2983,7	3437,3	12463,1
1964	4414,8	6139,8	10838,5	10807,5	7349,4	4357,9	3434,9	3098,6	2920,8	917,7	889,6	1107,0	4689,7
1965	2508,1	3544,2	2450,8	1754,9	1607,3	1264,5	1107,9	991,4	940,1	901,6	877,4	2268,2	1684,7
1966	3295,6	2386,4	2651,5	1418,2	2625,0	1296,5	2669,7	2312,2	1520,5	764,4	765,1	998,6	1892,0
1967	1509,8	1854,4	3623,3	2844,9	2282,9	1281,2	1227,9	1132,4	984,6	880,1	884,5	1074,8	1631,7
1968	1891,4	3632,0	4363,0	3877,3	1598,2	1233,6	1103,4	988,8	855,1	825,1	815,7	1825,6	1917,4
1969	4207,7	5138,4	3908,4	3777,7	3846,4	3562,6	3005,5	3249,0	2589,3	2348,9	2198,5	2067,7	3325,0
1970	2813,9	4188,2	3480,1	3462,2	2655,0	1860,1	1527,3	1386,9	1238,1	1115,1	1118,1	1759,8	2217,1
1971	2919,2	4225,8	3998,8	3412,7	2078,1	1749,6	1616,9	1386,6	1308,9	1215,0	1218,5	1369,1	2208,3
1972	1984,9	2718,1	3560,6	1850,1	1515,8	1443,3	1406,3	1348,6	1230,9	1152,9	1147,7	1213,9	1714,4
1973	1554,3	1830,6	2006,1	1596,7	1327,4	1309,1	1338,5	1273,0	1328,9	1404,7	1330,7	1588,3	1490,7
1974	2914,5	4425,1	5119,7	4827,3	4121,8	2311,2	1533,4	1310,9	1129,9	1113,8	1138,0	1721,1	2638,9
1975	2152,0	2074,9	3970,6	4407,4	2811,1	2656,7	3361,1	1781,8	1471,5	1453,2	1450,7	1749,8	2445,1
1976	1538,6	1699,7	1965,7	2564,6	2111,9	3491,7	3735,2	1297,8	790,7	983,6	1142,5	3685,7	2084,0
1977	4566,3	2837,3	2483,7	1893,7	1549,5	1167,7	2192,0	2447,2	2633,7	2233,5	2213,2	2635,4	2404,4
1978	2551,4	3877,9	6663,6	6130,2	5128,1	4910,1	4368,3	1791,2	1954,4	2901,9	3966,6	3017,9	3938,5
1979	2567,7	1469,5	1781,5	1414,6	1699,7	2641,4	3387,7	2163,2	2288,3	1924,0	1796,1	3087,9	2185,1
1980	3133,5	1495,1	1885,3	2740,9	3146,2	2157,9	1841,1	1582,1	1680,8	2171,9	2079,0	2375,4	2190,8
1981	2826,4	3637,6	4422,5	1665,5	2494,3	3129,0	2897,8	2107,4	2223,7	2386,4	3084,8	3813,7	2890,7
1982	2769,3	2019,3	1602,4	1738,1	1883,0	1736,0	1794,7	1759,0	1766,5	1722,0	1817,7	1643,5	1854,3

1983	1707,2	1970,5	1672,5	1462,7	1452,3	1353,2	1850,1	1893,9	1866,8	1878,2	1826,2	1536,7	1705,9
1984	1572,8	1702,2	1661,3	1195,6	1193,4	1351,6	1468,0	1461,0	1481,8	1468,9	1873,1	2422,1	1571,0
1985	3293,2	3628,2	1227,4	1132,1	934,3	2048,2	2817,1	2635,3	2353,1	1333,5	1347,5	2399,7	2095,8
1986	3385,4	4433,6	2111,8	1546,0	1430,5	1383,2	1362,2	1833,3	2606,2	2622,4	1899,7	2365,0	2248,3
1987	2289,0	1817,0	1386,7	888,3	860,4	862,3	932,5	993,1	960,2	1342,1	1742,4	1766,2	1320,0
1988	1431,8	1740,8	2033,7	1703,9	1637,0	1583,7	1787,6	1851,2	1825,7	1813,5	1778,8	2037,5	1768,8
1989	1970,3	4936,8	3592,4	1640,7	1463,8	1912,0	1996,9	1990,7	1696,9	2563,7	3823,1	2279,8	2488,9
1990	2817,0	3380,4	1660,0	1238,0	1195,2	1227,8	1373,1	1323,3	1352,2	1692,5	1724,7	1688,5	1722,7
1991	1879,6	1945,9	1653,7	1526,4	1295,7	903,9	1118,4	891,2	889,7	1051,6	1736,9	1842,8	1394,7
1992	1818,8	1622,2	960,4	892,9	927,3	970,4	949,7	977,6	976,7	954,9	1103,1	1116,8	1105,9
1993	2073,9	2049,2	2024,5	1957,6	1900,8	1980,6	1941,9	1974,6	1474,7	889,7	904,8	1393,4	1713,8
1994	1345,0	1780,8	1531,6	859,1	875,4	846,6	879,9	977,8	978,0	1010,4	1523,3	1057,2	1138,7
1995	1416,7	1238,3	923,9	1212,5	1131,5	1325,3	1392,1	1497,6	1369,3	1314,2	1156,1	1439,7	1284,8
1996	1287,6	2727,4	2542,3	1886,9	1369,4	1343,1	1308,1	1319,0	1300,4	1357,5	1416,0	1487,4	1612,1
1997	1697,2	3327,1	898,9	1389,1	1415,6	1346,0	1225,8	765,4	626,0	2005,8	2004,6	2262,2	1580,3
1998	3021,3	2751,6	1884,8	1475,2	1286,8	1217,5	1156,4	1813,4	1761,1	1705,8	1671,8	1415,8	1763,5
1999	2158,7	2926,1	3285,7	2849,4	2620,8	1844,1	1434,0	1293,9	1706,0	1817,9	1905,6	2230,0	2172,7
2000	2046,6	2166,1	2438,1	1555,6	1469,6	1599,3	1444,3	1715,5	1811,0	1773,6	2038,3	2568,2	1885,5
2001	3578,4	5404,4	6952,6	4669,8	3439,9	3202,8	3020,1	1907,1	2053,1	1953,7	1330,1	1226,5	3228,2
2002	1578,9	1859,0	1662,1	1496,6	1354,9	1382,7	1414,0	1379,3	1321,9	1511,8	1367,1	1508,9	1486,4
2003	1897,1	2007,2	1998,4	1749,7	1288,5	1261,5	1556,9	1406,8	1273,9	1775,6	1860,9	1939,6	1668,0
2004	1895,1	1772,2	2295,1	2130,8	2166,7	1836,8	1870,3	1902,8	1803,5	1870,6	1834,7	2184,5	1963,6
2005	2921,9	1894,4	1667,7	1689,5	1720,4	1733,6	1715,1	1741,2	1808,6	1864,6	1818,9	1763,5	1861,6
2006	2265,2	1872,3	3018,8	2289,7	1918,0	1935,3	1906,4	1948,8	2348,0	2410,0	2473,1	2155,2	2211,7
2007	2857,1	4718,4	2236,5	2008,0	1891,8	1842,7	1916,8	2173,9	2402,1	2264,3	2416,6	3037,1	2480,4
2008	5008,6	3604,8	1906,6	2168,5	2285,4	2111,1	2228,3	2208,2	2213,7	2090,5	2204,1	3306,3	2611,3
2009	2937,7	2304,2	2393,7	2402,1	2195,1	2140,2	2208,0	2131,7	2093,3	2365,3	1960,2	1935,4	2255,6
2010	1921,1	2263,7	3840,5	3833,2	3572,8	3767,2	3028,4	1682,2	1967,7	1961,9	1784,7	3232,2	2738,0
2011	2613,2	4312,5	2277,0	2673,7	1385,9	2394,4	1615,5	1613,5	1393,0	1660,5	2138,6	2639,5	2226,4
2012	2113,1	2433,3	1790,1	2060,5	1825,0	1892,7	1841,1	1660,8	1672,8	1679,4	1713,4	2038,6	1893,4
2013	2573,7	2284,4	2049,1	1919,0	1772,7	1774,1	1906,7	2011,8	3077,8	3205,1	1806,5	1971,0	2196,0
2014	2087,2	2335,9	2166,5	2054,2	1868,2	1669,5	1835,3	1817,4	1893,4	1945,4	2606,6	3021,7	2108,4
2015	3377,0	2956,7	2535,8	2239,4	2063,7	1883,6	2084,0	2137,1	2068,9	2041,3	1988,3	2503,0	2323,2
2016	2512,3	2550,9	2458,0	2018,4	2097,6	1866,5	1909,8	1784,8	1946,3				2127,2
Méd	2593,2	3073,9	4005,8	3795,5	2907,6	2311,8	2130,7	1906,7	1866,5	1864,7	1931,3	2187,1	
Máx	5008,6	10013,5	23935,1	21176,4	11059,1	5620,7	4368,3	3249,0	3077,8	3205,1	3966,6	3813,7	
Mín	1287,6	1238,3	898,9	859,1	860,4	846,6	879,9	765,4	626,0	572,9	547,6	648,3	
Vazão Média de Longo Prazo 3105,0													
DPad	909,9	3086,3	6919,2	6427,9	3808,3	1857,0	1063,6	771,0	731,4	705,6	726,5	693,7	
Saz	0,87	1,18	1,85	1,80	1,28	0,90	0,76	0,67	0,65	0,64	0,66	0,74	

Tabela A.2. 3: Vazões Médias em Zumbo

VAZÕES NATURAIS MÉDIAS MENSAIS (m ³ /s)													
Código: 310	Posto: Zumbo			Sub-bacia: Tete			Rio Zambeze			Área de Drenagem:			Km ²
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
1943	1070,3	1162,9	1433,7	2076,8	2002,3	1546,5	1130,8	1025,5	979,1	958,9	968,3	1007,6	1280,2
1944	1186,1	1560,3	2327,9	2768,0	2249,5	1449,0	1086,0	1003,3	974,1	964,7	962,1	1027,7	1463,2
1945	1133,9	1374,9	2813,5	3229,5	2202,5	1490,5	1126,1	1033,6	985,3	962,1	959,0	1018,3	1527,4
1946	1161,9	1374,4	1603,4	1857,1	1927,1	1419,2	1066,8	997,7	970,5	957,6	957,7	999,8	1274,4
1947	1138,5	1302,4	2451,9	4011,0	3063,9	1907,4	1358,3	1093,1	988,8	963,1	957,6	1007,2	1686,9
1948	1164,0	1669,2	4722,3	4419,8	3010,1	1968,0	1405,6	1134,9	1046,9	1007,0	1030,1	1061,7	1970,0
1949	1083,6	1126,3	1252,7	1384,3	1317,7	1026,4	975,1	965,3	959,7	957,6	957,7	989,0	1083,0
1950	1122,8	2081,4	3949,3	3375,3	2555,0	1630,5	1181,9	1051,9	1006,5	977,2	964,3	957,6	1737,8
1951	1107,2	1398,8	3377,0	2968,7	2572,0	1933,1	1369,5	1097,3	964,8	983,2	1038,6	1091,8	1658,5
1952	1499,1	2887,6	4683,6	2831,2	2008,8	1405,4	1125,6	1006,9	970,7	957,7	998,9	1063,5	1786,6
1953	1176,2	1384,0	3147,0	4033,6	2948,5	1981,3	1390,7	1146,5	1052,5	1003,7	997,9	1085,3	1778,9
1954	1260,1	1437,3	2306,2	3266,7	2359,8	1627,6	1231,3	1090,5	1004,6	1044,3	1042,5	1029,3	1558,3
1955	1085,8	1805,3	2749,2	3139,0	2419,9	1722,8	1162,5	1036,1	1030,7	1043,2	1041,9	1029,2	1605,5
1956	1084,4	1447,8	3215,4	3351,0	3914,8	2595,6	1613,1	1143,2	1035,5	1034,6	1031,2	1053,5	1876,7
1957	1125,4	1274,9	4421,1	2995,4	2129,2	1416,9	1098,9	1033,8	1031,3	1036,2	1030,6	1032,5	1635,5
1958	1370,2	4373,6	4593,4	3185,7	2093,5	1367,5	1060,6	1030,1	1032,7	1042,5	1031,6	1040,7	1935,2
1959	1126,9	1277,4	2473,2	3029,4	2125,4	1398,1	1062,6	1030,1	1033,9	1049,2	1047,7	1030,1	1473,7
1960	1070,7	1240,0	2475,6	3491,4	2363,6	1684,0	1157,4	1036,6	1030,5	1061,2	1054,5	1051,7	1559,8
1961	1129,6	1425,1	2470,4	4356,0	3415,1	2462,1	1789,0	1423,9	1266,0	1115,3	1060,5	1126,9	1920,0
1962	1422,2	2486,8	3968,2	4535,3	3620,2	2600,6	1938,0	1589,9	1424,3	1314,6	1182,4	1288,3	2280,9
1963	2209,5	4129,7	6270,0	5738,2	3963,6	2646,9	1936,4	1558,9	1369,5	1218,2	1126,8	1314,3	2790,2
1964	1646,9	2108,9	3027,6	3022,4	2379,7	1629,4	1313,4	1177,2	1098,3	1048,7	1055,1	1144,2	1721,0
1965	1371,0	1734,3	2839,8	2956,1	2316,3	1709,8	1325,2	1154,7	1073,2	1037,3	1023,2	1115,0	1638,0
1966	1268,6	1537,9	2909,6	4141,1	2703,1	1982,8	1487,2	1211,5	1097,9	1038,6	1021,2	1064,5	1788,7
1967	1197,3	1439,4	1824,9	3095,6	2842,6	2172,0	1598,9	1261,4	1105,6	1028,3	1063,2	1208,2	1653,1
1968	2055,5	4156,4	3827,7	4290,2	2812,4	2037,2	1530,0	1270,3	1138,4	1064,2	1050,2	1236,5	2205,8
1969	1533,1	2241,4	5253,3	6109,2	4273,5	2916,0	2214,6	1807,9	1545,1	1343,7	1302,6	1479,2	2668,3
1970	1967,7	3306,8	4632,0	3732,9	2670,8	2025,1	1635,2	1385,5	1206,9	1098,7	1093,3	1258,0	2167,7
1971	1546,7	2115,3	3584,4	3306,9	2411,1	1984,3	1691,2	1966,3	1944,6	1889,1	1887,7	1954,3	2190,2
1972	2128,6	2254,8	2385,0	3007,3	3096,9	2647,8	2275,7	2010,1	1924,1	1853,6	1742,8	1649,3	2248,0
1973	1694,5	1853,9	2119,7	2517,0	2518,5	2115,5	1856,9	1767,2	1639,3	1467,0	1349,5	1288,5	1849,0
1974	1782,0	2650,3	4012,5	3915,3	3900,3	3157,4	2600,8	2425,7	2309,7	2131,6	2002,2	2070,5	2746,5
1975	2490,4	3974,5	4866,9	5583,3	4076,0	3184,2	2674,6	2464,2	2380,8	2234,2	2081,7	2038,2	3170,7
1976	2190,5	2502,5	4637,3	5674,8	4945,1	3683,9	2920,0	2560,9	2439,5	2377,3	2227,8	2100,0	3188,3
1977	2209,3	2374,0	3387,0	3935,6	4101,3	3409,1	2739,6	2392,8	2192,7	2000,7	1867,6	2032,6	2720,2
1978	2279,2	2542,2	4105,6	5990,7	4978,9	3311,4	2507,9	2147,9	1973,8	1929,2	1975,3	2118,5	2988,4
1979	2329,0	2815,8	3791,8	5173,3	3927,9	2825,8	2254,8	2037,3	1707,5	833,1	1943,1	1886,3	2627,1
1980	3527,5	2918,9	4136,1	4936,5	833,1	3783,9	3475,3	3297,1	2777,7	2201,9	1915,6	2051,3	2987,9
1981	2468,9	3782,8	5091,9	4407,2	833,1	833,1	833,1	833,1	3145,3	2054,1	1650,2	1717,5	2304,2
1982	2267,2	3279,4	2220,8	833,1	1756,1	1679,2	1639,4	1559,5	1584,5	1533,4	1571,4	1749,0	1806,1

1983	1893,3	2926,5	1948,8	833,1	1678,0	1651,0	1588,9	1476,7	1503,2	1437,2	1369,4	1583,2	1657,4
1984	2367,1	2657,0	2147,4	1752,5	1644,2	1627,5	1587,1	1555,1	1562,2	1589,8	1495,7	1464,1	1787,5
1985	1715,3	2463,5	2856,3	3512,3	3376,4	2619,9	2175,9	2025,0	1083,5	1833,4	1825,1	1897,0	2282,0
1986	2152,3	2486,9	2829,6	4032,2	3775,3	2779,0	2212,1	2059,5	1975,4	1941,1	2010,7	2106,7	2530,1
1987	2207,9	2643,1	3365,1	3563,5	2980,0	2387,1	2088,4	2017,8	1952,2	1885,8	1794,0	1773,5	2388,2
1988	1793,4	2106,8	2784,7	3740,2	3262,3	2600,3	2160,8	2019,7	1919,1	1833,2	1830,9	1902,8	2329,5
1989	2119,6	3039,4	4356,9	4416,0	4297,6	2865,5	2195,6	1991,4	1834,5	1851,7	1917,2	1947,1	2736,0
1990	2120,7	2342,7	2470,9	2595,0	2540,0	2282,1	1902,0	1748,4	1667,6	1647,3	1610,6	1679,0	2050,5
1991	2012,4	2633,2	3747,8	3305,4	2867,9	2213,9	1915,4	1800,9	1649,8	1587,0	1590,9	1632,0	2246,4
1992	1773,5	1841,1	1908,0	1910,2	1799,0	1565,0	1445,3	1391,7	1363,7	1320,6	1294,3	1400,0	1584,4
1993	1758,9	2361,3	3347,1	4759,0	4140,3	2931,3	2326,6	2139,4	2029,8	21,1	54,6	70,8	2161,7
1994	2164,3	2566,8	3416,4	3210,4	577,1	733,7	685,5	596,2	685,4	532,6	607,2	566,2	1361,8
1995	442,6	360,1	496,5	492,0	37,8	1448,8	1347,4	101,9	1214,9	1149,3	1175,7	285,7	712,7
1996	294,0	593,8	1645,4	2194,4	1906,1	1396,3	1358,1	1427,4	1438,3	1344,3	1312,4	1402,8	1359,4
1997	607,8	1849,6	881,7	645,7	374,2	269,0	2021,1	1866,6	1715,1	1492,7	1329,0	1429,1	1206,8
1998	1994,8	1168,4	1365,3	125,7	257,6	180,5	208,5	172,7	94,4	39,1	80,6	95,5	481,9
1999	1058,6	1697,6	2824,4	2819,3	1688,2	795,7	510,9	507,9	363,6	328,0	286,5	228,1	1092,4
2000	305,9	899,6	2972,6	928,9	861,6	1438,4	1418,8	1192,5	663,2	414,5	269,8	456,7	985,2
2001	3011,0	4427,7	4818,0	5394,8	4531,1	2736,3	2136,3	1917,3	1813,9	308,0	259,4	707,7	2671,8
2002	1764,6	2018,0	700,8	669,3	293,3	285,8	195,6	265,5	428,8	403,3	455,4	438,3	659,9
2003	1223,0	1412,0	1797,7	1580,0	412,9	741,1	730,6	727,3	765,6	739,6	615,5	606,7	946,0
2004	1206,5	1714,6	2685,5	1949,3	1518,2	1139,4	1179,3	1104,3	462,5	664,7	646,2	1014,3	1273,7
2005	2601,0	2152,5	2697,7	1847,0	809,6	850,1	918,4	939,8	820,0	879,2	773,7	886,8	1348,0
2006	1436,5	1960,5	3410,6	3051,4	2898,4	2552,9	2430,2	2451,3	1832,0	1271,3	1119,5	1223,5	2136,5
2007	2758,4	4115,9	3289,1	2463,4	1680,7	2208,4	2126,3	1746,0	1163,9	1010,3	808,0	1403,9	2064,5
2008	3442,3	3773,2	2988,2	3154,9	2705,1	2458,5	2047,7	1505,6	1252,8	1285,4	1264,4	1709,0	2298,9
2009	2622,3	3013,2	3205,2	3160,9	2565,0	1788,5	1165,7	750,9	653,4	1198,3	842,5	1064,7	1835,9
2010	1669,5	2713,8	4600,2	3881,4	3811,9	3840,1	3095,2	2026,1	1594,1	1446,0	1391,5	1953,7	2668,6
2011	2679,8	4104,8	3455,7	2242,9	1998,5	3702,9	2366,9	1997,4	1701,0	1503,6	1601,8	1514,8	2405,8
2012	2481,1	2328,8	2547,6	2107,2	1551,3	1513,8	1574,0	1460,4	1481,8	1321,1	1473,1	1686,1	1793,9
2013	2395,0	2789,5	2983,0	2793,3	2717,6	2757,1	2663,5	2393,4	1807,8	1408,3	1685,5	1677,3	2339,3
2014	2173,4	3107,8	2785,5	2163,7	1804,4	1949,4	1895,5	1899,1	1755,4	1746,8	1839,3	1803,9	2077,0
2015	2227,9	2887,0	2604,2	2353,2	2246,1	2307,9	2215,8	2188,0	1743,2	1303,6	1279,1	1302,0	2054,8
2016	1343,5	1948,9	1653,1	1368,6	1126,2	1027,7	1255,4	1006,4	1105,2				1315,0
Méd	1665,2	2118,1	2720,6	2772,8	2221,1	1876,5	1607,9	1437,9	1345,0	1212,3	1193,7	1261,7	
Máx	3527,5	4427,7	5253,3	6109,2	4978,9	3840,1	3475,3	3297,1	3145,3	2377,3	2227,8	2118,5	
Mín	294,0	360,1	496,5	125,7	37,8	180,5	195,6	101,9	94,4	21,1	54,6	70,8	
Vazão Média de Longo Prazo 1910,5													
DPad.	669,0	934,5	1148,1	1361,1	1161,5	838,9	653,3	607,6	558,0	504,7	492,5	502,8	
Saz	0,90	1,19	1,61	1,64	1,29	1,05	0,87	0,77	0,72	0,65	0,64	0,68	

Tabela A.2. 4: Vazões Médias em Matundo Cais

VAZÕES NATURAIS MÉDIAS MENSAIS (m³/s)

Código: 387**Posto: Matundo Cais****Sub-bacia: Tete****Rio Zambeze****Área de Drenagem: 940000
Km²**

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
1943	3335,5	3665,3	4847,1	9171,2	8547,8	5442,6	3546,9	3188,7	3045,0	2985,1	3012,7	3132,4	4493,4
1944	3753,5	5519,7	11536,4	16745,2	10753,2	4924,3	3389,0	3119,0	3030,1	3002,1	2994,6	3195,7	5996,9
1945	3558,1	4561,4	17366,9	23830,6	10303,9	5138,8	3529,9	3214,7	3063,8	2994,6	2985,6	3165,9	6976,2
1946	3661,6	4559,1	5767,6	7429,5	7952,7	4775,2	3323,8	3101,6	3019,2	2981,5	2981,5	3108,2	4388,5
1947	3574,9	4231,9	12861,9	40160,9	21085,3	7802,6	4484,1	3413,5	3074,5	2997,4	2981,5	3131,1	9149,9
1948	3669,5	6164,7	60429,6	51135,8	20243,3	8272,5	4708,3	3561,8	3257,9	3130,4	3203,5	3306,9	14257,0
1949	3380,7	3530,8	4020,0	4606,1	4299,6	3191,7	3033,2	3004,0	2987,7	2981,5	2981,6	3075,0	3424,3
1950	3518,1	9210,7	38657,6	26445,3	14047,9	5928,1	3737,5	3274,4	3129,0	3039,3	3001,0	2981,5	9747,5
1951	3462,7	4675,4	26476,0	19610,9	14250,4	7999,2	4536,3	3427,9	3002,6	3057,5	3230,8	3408,8	8094,9
1952	5184,6	18414,4	59181,5	17614,1	8601,0	4707,3	3528,0	3130,2	3019,9	2981,6	3105,4	3312,7	11065,1
1953	3715,8	4604,6	22432,5	40721,5	19308,8	8378,2	4636,5	3604,3	3276,3	3120,0	3102,3	3386,5	10023,9
1954	4051,2	4864,8	11315,8	24478,7	11867,3	5911,1	3932,3	3404,3	3122,9	3249,3	3243,4	3200,9	6886,8
1955	3388,2	7061,0	16494,3	22300,7	12510,1	6505,7	3663,8	3222,7	3205,3	3245,7	3241,6	3200,7	7336,6
1956	3383,5	4918,0	23588,0	25995,9	37832,5	14535,7	5824,5	3592,2	3220,8	3217,9	3206,9	3279,5	11049,6
1957	3527,3	4113,4	51172,4	20017,2	9630,6	4763,6	3433,5	3215,5	3207,3	3223,0	3205,0	3211,3	9393,3
1958	4539,5	49805,9	56341,5	23081,2	9316,1	4526,5	3303,2	3203,4	3211,8	3243,6	3208,1	3237,8	13918,2
1959	3532,8	4124,0	13100,6	20541,6	9597,2	4672,0	3309,7	3203,4	3215,5	3265,5	3260,5	3203,5	6252,2
1960	3336,8	3967,7	13128,1	28664,5	11907,5	6256,9	3644,5	3224,3	3204,8	339,9	318,5	406,1	6533,3
1961	1547,6	2397,0	3381,9	2038,1	1298,0	1197,5	1207,2	1104,2	1014,1	674,1	598,2	1245,3	1475,3
1962	3901,6	6122,1	5035,6	5439,2	2945,3	1922,3	1766,2	1558,3	1295,7	1044,0	871,0	2091,7	2832,8
1963	5122,2	8551,0	9866,6	7537,5	5299,1	2293,2	1741,9	1307,5	950,7	2043,1	5176,7	5147,5	4586,4
1964	6688,2	7551,8	3069,1	1635,0	1357,8	1319,8	1279,1	1014,0	816,7	669,5	640,3	877,1	2243,2
1965	2845,6	4680,2	2752,4	1702,0	1499,9	1062,0	878,1	748,3	693,2	652,7	627,6	2462,2	1717,0
1966	4215,3	2649,0	3082,6	1252,7	3038,3	1100,9	3113,1	2531,3	1384,8	514,7	515,4	756,1	2012,8
1967	1370,7	1842,7	4831,3	3411,3	2485,2	1082,3	1018,1	906,1	740,9	630,4	635,0	840,5	1649,5
1968	1895,8	4848,0	6312,1	5326,0	1487,6	1025,0	872,9	745,5	604,9	574,6	565,2	1801,5	2171,6
1969	5991,3	7987,3	5387,6	5130,4	5265,2	4715,2	3691,7	4129,7	2979,0	2589,3	2354,1	2155,1	4364,7
1970	3357,8	5951,4	4559,0	4525,2	3088,4	1850,8	1393,7	1213,0	1030,3	886,3	889,7	1708,9	2537,9
1971	3540,2	6028,3	5568,0	4432,5	2170,9	1694,7	1512,8	1212,8	1116,2	1002,7	1006,9	1190,7	2539,7
1972	2032,1	3194,6	4711,5	1836,5	1378,6	1284,7	1237,5	1165,2	1021,7	929,8	923,8	1001,4	1726,5
1973	1429,3	1808,8	2063,4	1485,8	1138,9	1116,3	1152,7	1072,4	1140,8	1235,6	1142,9	1474,4	1355,1
1974	3532,0	6441,8	7945,6	7300,8	5815,9	2529,7	1401,7	1118,6	903,2	884,8	912,6	1655,1	3370,2
1975	2282,8	2166,0	5511,5	6404,7	3353,0	3091,2	4336,3	1739,7	1321,0	1297,5	1294,2	1695,0	2874,4
1976	1408,5	1625,5	2003,8	2938,3	2221,8	4580,8	5047,5	1102,5	540,4	739,8	917,8	4951,5	2339,9
1977	6739,5	3398,0	2805,8	1899,1	1422,9	947,1	2344,0	2746,7	3052,8	2408,1	2376,7	3055,6	2766,4
1978	2916,5	5327,2	11610,5	10296,9	7964,4	7481,7	6323,0	1752,9	1987,3	3510,0	5503,5	3713,7	5699,0
1979	2943,3	1318,4	1739,4	1248,1	1625,5	3065,6	4385,8	2299,9	2493,6	2512,6	2306,0	4408,6	2528,9
1980	4558,7	1859,6	2424,1	3770,4	4428,2	2908,8	2300,3	1734,5	1897,4	2486,9	2378,2	2738,7	2790,5
1981	3438,5	4812,2	6261,7	1908,3	3093,8	3877,6	3414,3	2344,5	2511,0	2620,3	3718,4	4887,4	3574,0
1982	3281,6	2083,0	1493,3	1678,6	1883,7	1675,7	1757,9	1707,8	1718,3	1656,3	1790,4	1548,7	1856,3
1983	1518,8	1805,3	1525,4	1299,7	1265,3	953,5	1715,7	1847,4	1886,8	1896,1	1715,6	1339,6	1564,1
1984	1567,3	1575,8	1502,7	1016,0	973,1	1091,2	1261,7	1287,2	1337,1	1196,2	1665,1	2471,4	1412,1

1985	3809,3	5209,9	987,7	892,0	686,2	2123,2	2986,5	2702,6	2308,1	1104,2	1040,2	2470,9	2193,4
1986	5970,8	3585,1	1789,9	1581,1	1158,0	1268,1	1221,5	1658,5	2653,1	2880,2	1917,6	2680,3	2363,7
1987	2581,9	1966,2	1408,2	766,3	713,8	742,1	665,6	813,0	827,5	1172,8	1589,3	1675,9	1243,6
1988	1302,3	1605,0	2045,8	1546,0	1519,6	1413,6	1593,3	1659,3	1656,9	1684,8	1663,0	1914,5	1633,7
1989	1907,7	7160,0	4631,6	1509,0	1260,1	1787,8	1895,2	1859,7	1580,7	2878,4	4779,7	2262,3	2792,7
1990	3046,5	3697,9	1673,0	1080,4	1014,6	1052,5	1225,9	1165,7	1200,5	1630,4	1672,9	1625,2	1673,8
1991	1881,1	1972,2	1579,7	1416,2	1132,6	693,2	926,7	679,9	678,4	852,1	1689,0	1831,1	1277,7
1992	1798,6	1538,8	752,8	681,6	717,8	763,6	741,4	771,4	770,4	747,0	909,4	924,8	926,5
1993	2151,1	2116,4	2081,6	1988,4	1910,0	2020,3	1966,6	2011,8	1351,2	678,4	694,1	1250,6	1645,8
1994	1191,7	1747,5	1422,8	646,7	663,6	633,9	668,1	771,5	771,7	806,8	1412,3	858,2	966,2
1995	1279,3	1064,7	714,2	1034,6	941,5	1168,1	1249,1	1379,8	1221,3	1154,8	969,5	1307,6	1123,7
1996	1123,0	3125,3	2839,7	1891,1	1221,3	1189,4	1147,4	1160,5	1138,2	1206,9	1278,4	1367,1	1557,4
1997	1636,6	4098,3	687,9	1245,4	1277,9	1192,9	1050,2	552,5	420,0	2055,4	2053,7	2421,8	1557,7
1998	3593,3	3163,1	1888,1	1351,9	1122,0	1040,4	969,9	1791,4	1721,2	1648,0	1603,3	1278,1	1764,2
1999	2272,0	3439,9	4028,9	3317,5	2959,8	1832,8	1300,5	1130,5	1648,2	1797,4	1916,7	2374,8	2334,9
2000	2112,6	2282,6	2682,2	1453,3	1344,8	1509,3	1313,3	1660,7	1788,0	1737,9	2100,9	2879,2	1905,4
2001	4526,2	7941,6	11196,8	6507,0	4288,9	3890,9	3591,4	1918,7	2121,8	1982,8	1173,8	1051,0	4182,6
2002	1483,0	1853,0	1590,7	1378,6	1203,7	1237,6	1275,9	1233,4	1164,0	1397,8	1218,6	1394,2	1369,2
2003	1905,0	2057,3	2045,0	1706,1	1124,1	1092,1	1455,0	1267,0	1106,7	1740,6	1855,6	1963,5	1609,8
2004	1902,2	1736,0	2470,0	2232,0	2283,5	1822,8	1868,4	1912,8	1778,0	1868,8	1820,1	2309,0	2000,3
2005	3433,2	1901,3	1598,0	1626,5	1667,2	1684,6	1660,2	1694,7	1784,9	1860,6	1798,7	1724,4	1869,5
2006	2426,2	1871,1	3589,4	2461,9	1933,7	1957,5	1917,8	1976,2	2547,9	2640,0	2734,8	2267,0	2360,3
2007	3329,7	6599,6	2384,4	2058,5	1897,8	1830,9	1932,0	2293,7	2628,3	2424,8	2650,0	3619,0	2804,0
2008	7159,1	4571,7	1918,1	2286,0	2455,7	2203,9	2372,4	2343,2	2351,3	2174,6	2337,3	4063,4	3019,7
2009	3458,5	2483,4	2615,8	2628,3	2324,4	2245,4	2343,0	2233,3	2178,6	2573,5	1991,9	1957,6	2419,5
2010	1938,0	2424,0	4984,1	4971,2	4516,4	4854,9	3604,9	1616,9	2002,3	1994,3	1752,8	3939,7	3216,6
2011	2948,1	5837,7	2443,4	3041,7	1241,5	2616,9	1530,1	1527,6	1250,1	1588,5	2243,1	2988,7	2438,1
2012	2206,8	2674,9	1760,0	2132,2	1806,9	1898,9	1828,7	1588,9	1604,6	1613,2	1657,9	2101,3	1906,2
2013	2887,6	2454,2	2116,2	1935,1	1736,7	1738,6	1918,1	2063,8	3685,3	3894,8	1781,9	2006,8	2351,6
2014	2170,0	2530,1	2283,2	2123,3	1865,5	1600,3	1820,9	1796,7	1899,9	1971,4	2938,1	3594,0	2216,1
2015	4182,3	3488,9	2829,8	2388,6	2136,7	1886,5	2165,4	2241,1	2144,0	2105,1	2030,9	2780,0	2531,6
2016	2794,1	2852,8	2712,0	2073,0	2184,7	1863,2	1922,4	1752,8	1972,6				2236,4
Méd	3044,3	3901,9	6432,0	6044,5	3891,3	2663,2	2318,2	1958,7	1909,5	1918,0	2021,6	2378,0	
Máx	7159,1	18414,4	60429,6	51135,8	21085,3	8378,2	6323,0	4129,7	3685,3	3894,8	5503,5	5147,5	
Mín	1123,0	1064,7	687,9	646,7	663,6	633,9	665,6	552,5	420,0	339,9	318,5	406,1	

Vazão Média de Longo Prazo 3739,2

D.Pad	1356,9	5951,1	13408,2	10749,8	6212,6	2496,4	1338,7	919,0	913,9	941,7	1103,6	1071,3	
Saz	0,84	1,26	2,29	2,07	1,31	0,80	0,65	0,54	0,52	0,53	0,55	0,65	

Tabela A.2. 5: Vazões Médias em Senanga

VAZÕES NATURAIS MÉDIAS MENSAIS (m ³ /s)													
Código: 2-400	Posto: Senanga			Sub-bacia: Barotse			Rio Zambeze			Área de Drenagem: 284538 Km ²			
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
1943	441,2	669,8	1085,5	1590,2	1547,4	1204,8	598,8	296,2	104,8	1,5	51,4	228,7	651,7
1944	716,9	1218,1	1717,7	1896,7	1680,4	1103,0	485,8	211,3	80,8	32,7	19,2	304,0	788,9
1945	606,0	1014,0	1912,8	2045,0	1657,0	1148,1	587,8	324,8	133,7	19,2	2,5	269,8	810,1
1946	667,7	1013,4	1258,0	1455,4	1501,2	1068,6	431,0	188,0	62,6	0,0	0,0	197,0	653,6
1947	616,5	914,4	1773,0	2240,7	1995,4	1488,7	992,5	505,0	149,6	24,3	0,0	226,9	910,6
1948	672,2	1314,9	2380,8	2324,6	1978,4	1526,7	1052,2	608,3	369,4	226,1	312,7	415,9	1098,5
1949	479,2	588,3	836,7	1026,0	936,7	299,6	85,9	36,1	6,3	0,0	0,0	150,4	370,4
1950	580,0	1790,1	2197,6	2145,3	1861,0	1277,7	759,8	520,8	407,1	337,5	337,1	446,7	1055,1
1951	719,8	1166,9	2148,9	2055,5	1935,3	1526,9	999,6	639,9	474,3	371,3	427,8	615,2	1090,1
1952	1084,7	1913,2	2498,9	2136,7	1527,1	1016,0	654,4	499,5	411,7	341,1	413,5	536,9	1086,1
1953	688,3	1028,2	1973,0	2322,7	2062,4	1536,1	979,3	618,7	456,1	378,7	353,4	534,8	1077,6
1954	852,4	1117,9	1741,7	2172,8	1785,8	1270,3	763,9	536,0	417,6	310,7	319,4	463,0	979,3
1955	724,0	1461,4	1955,0	2116,6	1803,4	1406,2	869,9	546,3	407,4	315,9	322,1	456,8	1032,1
1956	720,7	1193,1	2146,5	2198,3	2398,9	1886,3	1327,4	838,5	542,3	367,4	400,7	630,0	1220,8
1957	806,9	1019,6	2562,8	2059,0	1653,8	1165,2	753,9	529,4	398,9	355,7	408,7	517,5	1019,3
1958	1120,9	2548,0	2615,8	2135,0	1634,1	1118,1	654,6	485,0	383,7	319,1	396,0	574,5	1165,4
1959	809,7	1022,5	1829,0	2072,8	1651,7	1147,7	660,8	485,4	373,2	289,2	295,5	417,0	921,2
1960	684,8	977,7	1830,2	2250,4	1775,7	1379,1	861,8	549,7	409,7	313,6	326,8	443,9	983,6
1961	666,4	1013,3	1721,9	2459,2	2091,0	1617,0	1140,1	727,1	489,7	387,7	416,7	648,5	1114,9
1962	1042,9	1728,8	2333,2	2501,3	2144,9	1626,4	1155,6	800,8	591,9	455,7	444,0	748,5	1297,8
1963	1514,6	2297,0	2797,5	2596,2	2023,6	1462,8	1040,8	744,4	563,5	471,7	566,0	936,1	1417,8
1964	1232,4	1537,5	1988,9	1973,5	1639,7	1098,4	723,5	576,3	476,0	394,7	437,6	582,5	1055,1
1965	876,8	1318,1	1985,3	2020,8	1666,4	1154,9	736,7	552,9	457,3	402,2	380,1	583,5	1011,3
1966	812,8	1073,1	1820,1	2286,2	1816,9	1327,5	854,3	582,1	470,1	380,1	372,8	424,5	1018,4
1967	599,9	894,9	1335,1	2043,7	1885,8	1509,3	950,9	580,6	426,4	325,5	422,5	676,2	970,9
1968	1455,1	2300,8	2299,9	2414,1	1913,0	1415,1	995,5	692,4	510,1	396,8	384,2	642,7	1285,0
1969	981,8	1549,7	2649,9	2844,6	2154,9	1569,0	1140,5	809,5	571,3	498,3	611,6	811,6	1349,4
1970	1276,5	2086,1	2497,3	2213,6	1656,9	1204,5	817,4	603,3	475,4	384,5	411,6	698,9	1193,8
1971	962,0	1447,6	2118,2	1963,1	1566,1	1185,5	735,1	511,1	411,7	203,8	363,5	478,1	995,5
1972	716,7	923,0	1039,0	1507,2	1564,4	1238,1	684,2	465,2	346,6	295,9	321,6	380,2	790,2
1973	577,9	816,3	1054,0	1338,1	1266,6	742,8	448,4	342,5	264,7	224,8	267,0	381,8	643,7
1974	646,1	1210,7	1774,9	1791,6	1774,1	1237,3	638,4	435,6	327,4	248,0	271,0	466,4	901,8
1975	915,2	1843,6	2170,9	2373,4	1857,7	1324,4	843,7	524,9	384,2	296,0	279,6	384,5	1099,8
1976	629,4	958,4	2097,2	2347,9	2203,6	1671,4	1096,5	650,1	450,5	445,5	476,7	529,4	1129,7
1977	764,7	1069,4	1699,1	1966,7	1978,6	1416,8	863,1	512,9	424,9	347,1	316,8	473,0	986,1
1978	820,8	1229,8	1996,0	2582,1	2336,1	1715,6	1128,1	627,6	446,7	362,9	709,5	749,9	1225,4
1979	1047,7	1494,0	2062,1	2462,9	2075,7	1427,4	797,5	150,2	484,6	375,3	463,2	763,1	1133,6
1980	1264,4	1903,2	2080,8	1806,8	1851,4	1294,8	803,8	594,9	432,6	340,0	381,7	554,0	1109,0
1981	761,8	971,0	1675,3	2147,0	1971,6	949,4	764,2	515,7	387,0	304,2	292,5	408,2	929,0

1982	625,4	786,9	1056,8	1476,4	1315,5	922,7	556,8	427,1	166,9	275,7	362,0	617,4	715,8	
1983	831,6	993,4	1229,6	1262,8	1171,3	748,2	470,9	370,0	295,2	239,2	284,0	380,2	689,7	
1984	603,7	912,2	1453,4	1623,4	1347,8	748,5	444,3	337,9	271,9	291,6	354,4	479,6	739,1	
1985	640,4	900,2	1265,2	1655,1	1661,1	1148,4	601,5	418,4	321,8	251,3	260,8	309,2	786,1	
1986	467,7	736,7	1097,0	1827,9	1696,1	1144,1	591,1	419,6	324,5	311,5	477,6	741,8	819,6	
1987	951,6	1142,4	1636,8	1745,5	1469,0	930,5	564,4	428,9	330,4	293,0	280,1	313,4	840,5	
1988	607,1	825,4	1238,0	1847,7	1652,0	1145,3	575,4	433,7	315,1	266,4	312,9	407,0	802,2	
1989	669,9	1472,3	2424,4	2544,8	2523,0	1692,4	934,9	553,1	392,3	307,8	293,4	313,8	1176,8	
1990	512,0	777,5	1052,1	1081,5	1220,3	969,3	500,5	354,3	280,1	252,9	241,8	330,8	631,1	
1991	513,5	1257,5	1934,3	1869,5	1587,2	841,7	426,4	334,8	273,5	239,1	291,1	401,4	830,8	
1992	634,7	880,0	1081,1	1087,3	1002,2	550,0	375,5	301,6	144,4	47,4	246,4	324,8	556,3	
1993	579,1	1108,3	2105,4	2615,1	1175,8	606,7	478,0	351,4	256,0	224,4	232,8	398,2	844,3	
1994	257,3	1056,9	1864,6	1733,1	924,0	450,1	350,1	252,7	240,2	206,1	217,0	276,1	652,4	
1995	376,1	539,7	1016,7	1592,4	1011,9	404,1	303,7	255,0	207,5	179,0	189,6	262,8	528,2	
1996	446,7	469,7	771,5	1085,5	957,2	432,5	312,5	257,1	210,0	175,9	185,9	262,6	463,9	
1997	453,1	795,7	1202,9	1666,6	1625,8	912,9	430,8	313,3	248,7	207,9	211,1	301,2	697,5	
1998	644,2	1418,6	2259,0	2551,4	2027,0	1178,0	629,8	408,7	308,9	250,0	236,7	347,0	1021,6	
1999	641,4	1228,8	2140,2	2483,8	2202,8	1222,9	603,8	392,7	267,5	207,5	260,4	329,4	998,4	
2000	471,1	641,4	1246,5	2283,1	1795,6	1041,4	496,5	351,6	276,3	220,2	217,2	347,4	782,4	
2001	702,8	1239,3	2379,6	2563,3	2307,1	1361,3	718,7	458,8	344,8	271,8	301,1	451,9	1091,7	
2002	615,1	915,9	1540,4	1037,8	1808,5	1346,7	638,8	404,3	179,0	259,6	252,4	320,9	776,6	
2003	630,6	1105,8	1345,6	2507,4	2463,7	1531,0	799,7	462,7	338,1	261,9	266,6	355,9	1005,8	
2004	622,2	1135,5	2348,4	2882,7	2439,9	1444,3	516,9	462,6	331,4	272,1	280,3	380,2	1093,0	
2005	581,2	966,5	1342,4	1355,2	1368,0	1030,9	542,0	300,1	93,8	9,0	0,0	151,4	645,0	
2006	462,3	883,1	1429,7	1947,8	1832,7	1416,2	805,0	398,6	159,0	32,7	117,0	397,3	823,5	
2007	894,9	2108,7	2273,5	2057,9	1827,4	1373,1	910,0	590,7	362,7	206,1	192,3	427,8	1102,1	
2008	982,7	1812,7	2008,5	2034,2	1777,2	1323,5	783,0	446,1	211,2	17,6	117,5	524,2	1003,2	
2009	977,2	1518,1	2320,0	2335,9	1836,1	1369,7	880,6	546,5	320,0	175,3	201,8	528,1	1084,1	
2010	938,2	1555,5	2293,2	2325,7	2183,6	1663,4	1185,7	796,2	526,5	301,7	218,6	493,9	1206,8	
2011	1323,4	1979,0	2194,0	2283,6	2106,9	1574,6	1087,4	733,3	474,5	293,4	290,2	568,4	1242,4	
2012	975,3	1530,0	1852,6	2075,3	1934,3	1369,5	838,3	571,9	426,7	299,7	246,9	529,2	1054,1	
2013	1258,6	2044,3	2116,6	2018,2	1734,1	1170,3	703,0	476,7	294,9	145,7	141,7	502,1	1050,5	
2014	899,8	1373,8	1803,9	2117,4	2043,7	1646,6	1119,6	678,4	456,1	245,4	191,3	383,2	1079,9	
2015	690,8	1027,8	1292,7	1390,1	1434,0	1214,7	697,3	410,2	237,8				932,8	
Méd	767,7	1243,5	1812,0	2011,6	1757,4	1214,8	736,3	481,1	340,7	260,9	291,0	457,1		
Máx	1514,6	2548,0	2797,5	2882,7	2523,0	1886,3	1327,4	838,5	591,9	498,3	709,5	936,1		
Mín	257,3	469,7	771,5	1026,0	924,0	299,6	85,9	36,1	6,3	0,0	0,0	150,4		
			Vazão Média de Longo Prazo				947,8							
DPad	257,7	451,1	498,6	442,4	371,6	334,6	249,2	161,8	131,4	121,6	140,4	160,9		
Saz	0,81	1,31	1,91	2,12	1,85	1,28	0,78	0,51	0,36	0,28	0,31	0,48		

Tabela A.2. 6: Vazões Médias em Lukuku

VAZÕES NATURAIS MÉDIAS MENSAIS (m ³ /s)													
Código: 2-030	Posto: Lukuku			Sub-bacia: Barotse				Rio Zambeze			Área de Drenagem: 206531 Km ²		
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
1943	358,0	518,7	796,3	1117,7	1090,9	873,5	469,5	251,3	99,9	2,3	53,1	199,7	485,9
1944	550,9	882,1	1196,9	1307,0	1173,8	807,6	389,9	186,2	79,3	35,5	22,1	257,2	574,0
1945	474,5	749,5	1316,9	1397,4	1159,2	836,9	461,8	272,7	124,0	22,2	3,6	231,3	587,5
1946	517,2	749,1	907,7	1033,1	1062,0	785,2	350,6	167,8	63,2	0,0	0,0	174,9	484,2
1947	481,8	683,8	1231,0	1515,5	1367,2	1054,1	735,4	403,6	137,0	27,2	0,0	198,4	652,9
1948	520,3	944,0	1599,4	1565,8	1356,9	1078,0	774,5	476,1	305,7	197,7	263,7	339,7	785,2
1949	385,2	462,2	632,0	757,4	698,6	253,8	83,7	38,7	8,3	0,0	0,0	137,6	288,1
1950	456,4	1241,6	1489,6	1458,1	1285,1	920,3	580,1	414,8	333,3	184,3	206,5	318,4	740,7
1951	646,8	1667,6	1783,0	1544,3	1118,1	618,8	419,2	320,8	254,3	214,1	282,0	532,2	783,4
1952	1218,1	1590,4	2002,0	1104,7	665,2	434,1	348,0	282,0	239,2	210,1	287,7	347,2	727,4
1953	577,0	1040,6	1830,4	1840,4	1137,2	585,4	409,3	316,4	250,1	203,9	266,1	338,2	732,9
1954	666,5	1159,5	1581,0	1435,1	911,3	563,7	382,4	300,9	244,8	203,9	266,1	338,2	671,1
1955	666,5	1159,5	1581,0	1435,1	911,3	563,7	382,4	300,9	244,8	210,0	249,3	317,4	668,5
1956	622,7	1476,6	1640,4	1974,4	1810,7	886,0	585,7	438,9	350,2	290,3	328,6	484,8	907,4
1957	657,4	2184,4	1703,2	938,3	580,7	458,6	378,2	314,6	292,1	298,3	328,7	457,0	716,0
1958	1367,6	2126,8	2007,2	1270,9	790,0	502,5	402,2	343,9	294,1	266,0	324,2	424,3	843,3
1959	589,0	954,4	1770,5	1299,6	745,6	478,8	378,5	317,3	264,8	221,3	248,6	336,1	633,7
1960	611,0	1114,9	1973,0	1689,9	931,3	608,7	430,7	304,4	206,7	148,7	211,8	367,7	716,6
1961	612,4	1069,5	1971,1	2092,3	1282,0	764,1	536,1	426,4	344,7	299,6	357,9	663,6	868,3
1962	1228,7	1719,1	2096,9	2049,6	1404,1	888,2	610,6	487,5	399,7	353,0	387,0	858,4	1040,2
1963	1657,1	2015,4	2222,0	1813,7	1083,0	721,6	571,6	475,2	400,9	360,1	462,7	816,9	1050,0
1964	1086,8	1517,8	1384,0	798,8	566,8	459,3	397,6	348,1	317,0	293,3	342,1	468,8	665,0
1965	960,1	1602,8	1785,4	1342,4	796,9	544,2	436,1	368,2	318,8	296,7	301,2	488,0	770,1
1966	675,9	1074,5	1840,9	1623,7	949,9	592,8	463,0	386,5	332,8	288,7	311,4	356,2	741,4
1967	518,6	1024,4	1565,3	1777,7	1162,9	692,4	466,9	372,3	335,0	273,3	344,4	523,0	754,7
1968	1032,9	2046,1	2054,8	1719,0	1143,6	744,0	522,9	412,4	388,6	363,9	397,9	685,5	959,3
1969	1134,3	1950,2	2326,4	2232,6	1256,3	813,6	638,3	533,3	450,2	442,3	531,7	824,9	1094,5
1970	1365,6	2040,9	2076,6	1339,8	879,4	627,4	506,9	437,5	370,3	346,3	387,6	614,4	916,1
1971	1026,6	1641,7	1586,5	990,2	683,6	536,8	458,9	382,3	350,6	322,0	367,2	460,8	733,9
1972	666,8	695,4	1045,2	1260,3	971,0	577,1	427,0	355,3	301,0	289,4	317,0	378,8	607,0
1973	612,0	766,5	1178,3	1086,1	672,0	431,2	346,8	289,1	243,5	223,8	270,7	371,7	541,0
1974	699,8	1292,8	1327,0	1455,1	924,6	546,3	405,4	326,8	284,1	290,7	332,5	575,8	705,1
1975	1436,6	1665,3	1970,4	1722,1	1078,5	720,4	560,0	464,3	397,2	343,9	351,3	471,0	931,8
1976	686,6	1380,3	2038,4	2094,2	1499,6	890,8	572,3	437,3	381,8	437,4	436,1	569,8	952,1
1977	835,5	1385,7	1640,4	1769,4	1206,7	731,2	560,5	462,7	386,9	353,9	337,5	543,2	851,1
1978	948,4	1194,8	1876,3	2296,8	1594,3	872,2	629,4	507,4	426,5	370,3	536,0	815,4	1005,6
1979	1247,7	1655,5	2065,1	2084,4	1149,2	758,8	611,9	519,8	447,7	400,5	509,4	1013,3	1038,6
1980	1701,4	1639,6	1814,0	1545,8	1065,0	699,6	562,3	478,5	411,0	348,6	401,9	560,9	935,7
1981	706,1	1070,9	1621,5	1846,4	1010,5	745,6	463,9	417,0	357,1	307,9	313,1	411,4	772,6
1982	464,6	862,9	2608,5	1200,1	788,6	599,0	459,9	352,2	299,8	285,2	371,0	730,1	751,8

1983	816,7	1071,8	1084,7	1068,9	745,6	533,5	450,1	392,6	344,2	247,6	285,3	378,1	618,3
1984	661,3	1248,5	1486,9	1120,7	767,9	410,6	308,1	254,9	222,6	195,7	236,0	386,0	608,3
1985	572,7	920,3	1298,0	1439,4	846,8	501,1	372,3	300,2	252,7	219,8	234,7	269,4	602,3
1986	414,4	841,7	1307,9	1696,0	880,4	490,9	377,7	316,0	267,2	281,8	449,4	691,2	667,9
1987	873,4	1325,7	1652,2	1000,2	705,6	492,4	397,5	333,3	277,6	263,3	239,2	264,2	652,0
1988	449,2	984,1	1387,8	1381,4	842,2	520,0	391,8	319,3	262,7	263,3	263,8	333,3	616,6
1989	449,2	978,4	1368,1	1361,8	859,1	526,2	395,0	321,1	268,9	245,0	311,2	421,6	625,5
1990	717,6	1148,2	744,5	1038,3	804,4	446,7	331,6	277,6	233,5	224,8	222,6	317,2	542,2
1991	645,1	1938,8	1670,0	1368,4	943,4	635,3	297,9	239,6	214,8	198,4	247,5	329,2	727,4
1992	642,0	958,3	818,5	829,1	502,2	331,8	265,7	255,4	132,8	49,4	161,7	221,1	430,7
1993	354,9	888,5	1838,3	2350,3	950,0	448,8	342,6	241,8	220,8	145,4	151,6	170,9	675,3
1994	169,8	506,4	1000,0	714,7	438,0	67,2	291,5	218,2	208,7	170,6	190,7	200,8	348,1
1995	310,7	725,2	1527,5	1119,0	748,2	266,0	224,0	193,7	164,5	149,0	164,2	226,2	484,8
1996	317,3	435,0	981,0	796,2	406,6	271,5	263,6	191,5	162,1	141,1	162,5	237,4	363,8
1997	461,2	884,2	1358,1	1400,5	675,5	353,5	259,4	207,9	174,9	156,0	170,8	304,5	533,9
1998	951,5	2199,9	2580,5	2133,4	990,2	510,2	378,1	301,0	240,4	216,2	214,6	207,6	910,3
1999	499,1	889,0	1455,0	1660,7	1492,7	885,1	473,0	322,8	229,6	183,2	224,2	276,2	715,9
2000	379,4	499,1	900,3	1541,0	1245,0	767,5	397,5	292,7	236,2	193,1	190,8	362,3	583,7
2001	968,3	2080,3	2221,4	1707,8	1121,9	973,6	386,5	305,4	287,6	232,8	255,0	365,7	908,9
2002	591,2	1275,4	1435,4	1619,5	713,2	480,7	329,0	331,2	160,7	223,5	218,0	269,8	637,3
2003	972,9	1507,4	963,6	1674,7	1648,8	1080,6	377,6	290,8	234,3	195,7	211,3	315,2	789,4
2004	708,6	1344,6	2490,9	2487,7	1163,4	543,5	374,3	297,2	241,5	216,1	223,8	313,6	867,1
2005	457,2	718,3	961,6	969,7	977,8	760,6	429,7	254,3	90,5	11,3	0,0	138,4	480,8
2006	373,1	663,0	1016,9	1338,3	1267,8	1008,3	610,6	327,1	144,6	35,5	110,1	326,2	601,8
2007	670,8	1435,9	1535,2	1405,2	1264,5	981,1	680,8	463,9	300,8	182,1	171,3	348,3	786,7
2008	729,0	1255,5	1375,2	1390,8	1233,6	949,5	595,8	361,5	186,1	20,5	110,6	417,2	718,8
2009	725,3	1072,5	1563,0	1572,6	1269,9	978,9	661,3	432,9	269,1	157,7	178,7	419,9	775,2
2010	699,5	1096,0	1547,0	1566,5	1481,2	1163,2	861,2	604,7	418,8	255,4	191,9	395,7	856,8
2011	949,5	1357,3	1487,4	1541,3	1434,9	1107,9	797,5	562,1	381,9	249,2	246,8	448,3	880,3
2012	724,1	1080,0	1280,0	1415,8	1330,0	978,8	633,0	450,8	347,5	253,9	213,8	420,7	760,7
2013	908,1	1397,0	1440,7	1381,1	1207,1	851,3	541,4	383,5	250,3	133,8	130,6	401,6	752,2
2014	674,1	981,5	1250,1	1441,2	1396,6	1152,8	818,4	524,5	368,7	212,6	170,4	315,8	775,6
2015	533,0	758,6	929,9	991,9	1019,6	879,9	537,5	335,6	206,8				688,1
Méd	726,6	1212,1	1549,2	1470,5	1032,0	679,7	466,1	350,6	270,4	221,5	253,6	409,7	
Máx	1701,4	2199,9	2608,5	2487,7	1810,7	1163,2	861,2	604,7	450,2	442,3	536,0	1013,3	
Mín	169,8	435,0	632,0	714,7	406,6	67,2	83,7	38,7	8,3	0,0	0,0	137,6	
Vazão Média de Longo Prazo							720,2						
D.Pad	315,4	452,8	446,5	398,3	296,8	238,9	146,0	102,6	97,0	106,6	123,7	182,7	
Saz	1,01	1,68	2,15	2,04	1,43	0,94	0,65	0,49	0,38	0,31	0,35	0,57	

Estações utilizadas para o preenchimento de falhas

Tabela A.2. 7: Vazões Médias em Hook Bridge

VAZÕES NATURAIS MÉDIAS MENSAIS (m³/s)														
Código: 4-669		Posto: Hook Bridge				Rio Kafue			Área de Drenagem: 96239 Km²					
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual	
1973									39,6	32,2	41,3	98,5	52,9	
1974	329,7	1057,8	793,3	589,6	307,1	170,5	118,8	92,3	68,6	45,7	37,7	206,8	318,2	
1975	824,2	706,0	1045,1	743,6	438,4	191,3	129,8	102,2	79,9	57,2	44,6	98,7	371,7	
1976	359,9	840,5	1067,2	1310,7	890,5	520,0	251,4	175,0	130,8	102,1	86,9	117,3	487,7	
1977	229,4	384,6	757,4	763,0	483,9	220,3	153,6	125,8	94,0	64,9	51,1	199,1	293,9	
1978	778,4	1239,6	2114,0	1196,5	1518,3	900,5	478,5	315,5	220,7	151,0	198,4	332,8	787,0	
1979	608,0	760,6	1265,4	1654,8	969,1	545,7	320,0	239,6	171,7	128,4	153,4	387,0	600,3	
1980	568,6	750,7	1004,8	840,3	671,1	369,7	234,4	185,0	136,7	101,7	113,0	153,7	427,5	
1981	381,3	853,8	1509,5	1086,5	651,8	323,5	217,5	171,5	130,9	96,3	78,2	110,4	467,6	
1982	185,8	553,5	588,4	384,9	230,0	150,3	113,7	93,4	76,6	63,4	77,9	199,2	226,4	
1983	227,0	407,2	471,0	340,4	177,8	112,4	88,8	74,4	61,1	63,3	79,1	201,2	192,0	
1984	226,4	409,1	471,0	340,0	177,8	102,5	75,9	63,2	50,8	39,0	47,5	131,8	177,9	
1985	393,0	858,2	674,2	675,8	401,7	198,5	133,1	101,6	77,9	54,0	53,6	91,2	309,4	
1986	281,3	586,7	727,8	754,2	645,8	354,1	180,9	135,2	100,3	81,0	116,1	158,7	343,5	
1987	189,9	475,6	517,2	384,4	209,8	123,2	99,7	85,9	65,4	50,4	35,6	80,7	193,1	
1988	172,7	433,7	833,0	654,8	313,0	140,7	103,0	82,4	63,3	47,8	50,0	76,8	247,6	
1989	182,6	632,8	512,5	518,8	335,8		110,6	87,1		46,1	38,5	66,4	253,1	
1990	188,7	441,2	321,3	344,2	195,2	116,6	77,3	60,0	44,5	32,5	24,9	45,8	157,7	
1991	240,9	496,1	493,1	402,0	218,1	115,6	82,7	68,0	51,4	40,2	44,8	63,6	193,0	
1992	104,6	141,3	111,7	152,1	90,5	55,7	42,5	35,2	26,6	17,8	23,4	40,2	70,1	
1993	178,5	617,9	1085,4	877,4	504,7	207,3	129,1	97,3	73,7	50,7	46,8	69,5	328,2	
1994	375,0	663,0	631,1	327,2	146,6				48,2	36,0	30,0	43,9	255,7	
1995	87,8	210,5	295,1	252,8	113,4	61,9	44,5	39,5	29,2	16,4	16,4	48,3	101,3	
1996	149,6	280,2	466,9	397,9	237,1	116,1	77,9	58,1	38,8	23,0	18,8	46,8	159,3	
1997	260,9	370,4	393,6	396,4	146,6	69,6	51,1	39,7	29,1	19,8	17,1	66,8	155,1	
1998	278,6	470,5	588,5	577,9	344,7	142,6	100,5	79,5	56,2	34,0	25,7	81,7	231,7	
1999	363,6	517,5	750,1	768,3	431,7	193,7	125,6	98,4	74,4	47,7	41,3	64,0	289,7	
2000	114,8	231,6	737,2	395,5	205,7	105,2	74,9	59,1	45,2	30,7	27,5	113,9	178,4	
2001	474,2	948,5	1394,7	1003,3	595,2	269,2	171,6	132,4	97,8	55,2	24,4	87,6	437,8	
2002	187,0	400,9	378,9	277,1	158,1	96,1	74,4	58,9	43,6	30,6	34,4	48,3	149,0	
2003	180,1	255,0	454,4	567,5	354,8	152,6	96,0	72,6	53,0	16,5	15,8	32,7	187,6	
2004	152,4	242,5	511,5	459,5	271,6	101,5		66,0	45,9	33,4	13,4	35,6	175,7	
2005	178,2	282,7	262,5	201,5	100,4							56,9	180,4	
Méd	295,4	547,5	725,9	613,7	391,8	214,7	136,5	103,1	75,0	53,4	53,4	110,8		
Máx	824,2	1239,6	2114,0	1654,8	1518,3	900,5	478,5	315,5	220,7	151,0	198,4	387,0		
Mín	87,8	141,3	111,7	152,1	90,5	55,7	42,5	35,2	26,6	16,4	13,4	32,7		
Vazão Média de Longo Prazo							175,6							
DPad	182,94	264,63	417,51	347,931	304,18	181,51	92,31	61,84	44,01	32,35	41,97	82,46		
Saz.	1,682	3,118	4,134	3,495	2,231	1,223	0,777	0,587	0,427	0,304	0,304	0,631		

Tabela A.2. 8: Vazões Médias em Kasaka

VAZÕES NATURAIS MÉDIAS MENSAIS (m ³ /s)													
Código: 4997	Posto: Kasaka			Sub-bacia: Kafue				Rio: Kafue		Área de Drenagem: 153351 Km ²			
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
1960										27,6	21,2	35,4	28,1
1961	102,9	245,5	336,3	409,5	537,1	629,6	629,1	531,2	371,7	130,9	47,9	107,5	339,9
1962	200,1	340,9	385,9	487,5	645,0	821,6	838,2	737,8	599,6	450,1	241,5	302,7	504,2
1963	505,0	802,6	1661,1	1907,4	1662,1	1323,9	1014,0	732,4	521,6	297,6	138,1	167,7	894,5
1964	242,2	287,5	315,4	363,8	435,6	444,4	359,3	214,6	108,2	52,7	40,0	74,8	244,9
1965	191,9	275,2	294,8	326,2	348,5	324,6	216,1	105,4	56,6	40,9	36,3	60,7	189,8
1966	111,5	191,2	345,5	373,2	412,7	400,5	300,8	135,8	52,7	33,2	22,5	37,3	201,4
1967	95,2	193,9	244,7	265,6	300,3	331,1	305,7	201,9	86,9	42,8	39,9	72,3	181,7
1968	126,5	182,0	223,5	263,9	280,5	260,5	185,4	99,0	57,5	35,5	30,5	109,4	154,5
1969	259,0	339,4	472,4	979,2	1482,3	1276,1	985,8	746,5	557,3	378,9	199,9	229,2	658,8
1970	366,1	440,8	554,1	643,5	665,2	609,7	490,4	303,0	136,4	58,0	52,7	110,3	369,2
1971	210,7	325,0	868,6	816,5	538,7	540,0	621,1	1245,4	1306,4	1287,5	1278,6	1295,9	861,2
1972	1323,9	1268,1	1334,7	1366,0	1369,2	1373,0	1357,7	1350,2	1326,2	1269,4	1085,1	882,8	1275,5
1973	800,1	822,3	970,8	1104,5	1175,6	1208,2	1147,8	1091,1	976,2	759,7	512,6	309,8	906,6
1974	786,3	1407,4	1990,8	2055,7	2048,7	2097,8	2074,4	2041,8	1963,4	1764,1	1548,7	1480,3	1771,6
1975	1679,0	1941,8	2036,7	2046,7	2037,1	2037,7	2037,4	2028,9	2018,7	1879,1	1666,0	1516,3	1910,4
1976	1525,6	1660,4	1918,7	2029,1	2017,9	2008,5	2021,9	2021,9	2023,3	1988,7	1828,0	1624,6	1889,1
1977	1457,0	1348,2	1490,2	1662,7	1909,0	2148,7	2069,7	1879,6	1681,9	1469,1	1296,0	1432,3	1653,7
1978	1436,1	1304,6	1364,5	1307,8	1281,1	1274,4	1278,1	1315,6	1267,1	1309,0	1299,2	1298,3	1311,3
1979	1279,5	1277,4	1264,8	1299,3	1336,3	1368,7	1281,6	1255,8	846,8	796,6	845,7	1111,0	1163,6
1980	1268,0	1302,2	1268,9	1273,5	1235,5	1261,2	1195,7	1235,6	1256,0	1239,6	1271,7	1347,4	1262,9
1981	1362,8	1371,4	1284,3	1314,0	1264,5	1253,6	1267,1	1350,6	1281,9	1297,7	1191,1	1102,1	1278,4
1982	1213,3	1345,3	1290,1	1342,7	1388,8	1341,1	1262,4	1119,0	1042,2	1047,1	1056,4	1031,3	1206,6
1983	898,0	1000,0	988,2	1036,3	987,8	804,1	722,7	794,3	840,1	839,2	798,4	681,7	865,9
1984	688,2	660,1	607,0	655,1	805,0	867,0	938,7	954,5	949,8	903,7	718,0	479,4	768,9
1985	437,8	861,1	1182,5	1280,3	1272,9	1323,9	1399,8	1368,0		1261,9	1250,0	1285,2	1174,9
1986	1377,2	1383,6	1373,1	1393,6	1402,9	1408,1	1415,3	1389,6	1379,2	1362,2	1317,0	1216,9	1368,2
1987	1142,8	1298,1	1314,6	1312,9	1339,3	1351,2	1343,7	1361,7	1361,4	1323,5	1205,2	1049,5	1283,7
1988	881,0	870,4	1008,1	1098,8	1245,9	1386,3	1396,5	1377,2	1320,2	1252,7	1224,8	1202,6	1188,7
1989	1237,7	1364,8	1112,3	1114,6	1150,5	1080,1	1064,7	1215,4	1194,4	1243,4	1362,9	1381,9	1210,2
1990	1346,1	1166,0	1246,2	1363,3	1312,9	1193,9	1120,6	1022,6	988,5	994,9	964,4	969,9	1140,8
1991	1105,1	1189,7	1147,4	1103,8	1142,3	1193,8	1181,3	1113,2	960,2	908,7	870,8	806,8	1060,2
1992	800,8	684,1	600,2	510,2	486,2	545,6	547,5	545,2	566,5	539,1	475,1	579,0	573,3
1993	895,1	1115,5	1312,6	1387,6	1430,6	1610,1	1638,5	1583,3	1527,5	1429,1	1335,2	1240,0	1375,4
1994	1201,6	1066,5	1124,6	1222,8	1391,6	1440,5	1387,3	1197,0	978,4	883,5	844,0	768,2	1125,5
1995	681,3	472,3	488,2	411,4	402,9	509,2	480,3	381,5	378,0	331,2	363,5	497,1	449,8
1996	482,6	515,3	753,1	775,2	515,1	346,2	457,1	638,7	718,4	634,0	590,4	634,1	588,4
1997	887,0	1395,3	1574,6	1592,3	1572,8	1512,4	1426,2	1317,4	1147,4	856,4	599,9	633,0	1209,6
1998	660,9	739,9	660,7	666,3	837,1	969,3	988,1	950,8	885,8	822,8	664,3	741,5	798,9

1999	1032,7	1424,0	1575,2	1589,6	1623,0	1620,4	1606,8	1629,0	1576,0	1461,0	1334,9	1350,5	1485,3
2000	1449,2	1477,3	1439,2	1412,5	1527,1	1485,8	1464,9	1377,5	1095,8	838,9	742,1	770,7	1256,8
2001	856,4	928,2	1239,4	1420,5	1315,8	1108,8	1164,6	1163,6	1152,8	885,2	734,5	975,9	1078,8
2002	1021,3	992,8	714,5	661,0	872,6	966,7	993,4	922,5	897,5	879,5	838,6	848,3	884,1
2003	856,7	722,5	1080,9	1306,6	1248,8	1285,4	1239,2	1195,3	1223,8	1201,0	1144,3		1136,8
2004	1101,7	1098,3	1308,5	1377,2	1477,2	1582,4	1479,6	1246,2	966,5	938,0			1257,6
Méd	854,2	934,1	1040,2	1098,4	1130,3	1134,7	1099,9	1056,5	968,5	876,6	798,4	787,2	
Máx	1679,0	1941,8	2036,7	2055,7	2048,7	2148,7	2074,4	2041,8	2023,3	1988,7	1828,0	1624,6	
Mín	95,2	182,0	223,5	263,9	280,5	260,5	185,4	99,0	52,7	27,6	21,2	35,4	
Vazão Média de Longo Prazo							1004,4						
DPad	462,8	463,4	488,6	501,0	495,8	499,7	502,1	515,6	528,8	534,3	522,6	496,5	
Saz	0,850	0,930	1,036	1,094	1,125	1,130	1,095	1,052	0,964	0,873	0,795	0,784	

Tabela A.2. 9: Vazões Médias em Kongola

VAZÕES NATURAIS MÉDIAS MENSAIS (m³/s)													
Código: 68022	Posto: Kongola (HYCOS)			Subbacia: Cuando/Chobe	Rio: Kwando	Área de Drenagem: 170000 Km²							
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Média Anual
1969		53,5	54,7	60,2	95,0	112,4	105,9	100,4	91,8	80,6	64,9	60,3	80,0
1970	58,2	57,3	52,9	45,8	43,2	45,9	51,4	46,4	0,0	1,3	36,2	31,1	39,1
1971	36,2	47,4	43,4	24,4	0,0	0,0	0,0	20,4	47,9	38,5	32,8	30,1	26,8
1972	33,9	42,6	44,8	48,9	48,2	64,0	18,2	57,7	50,8	39,5	29,3	27,2	42,1
1973	26,3	25,5	24,7	23,9	22,7	19,7	18,2	18,4	17,6	17,0	17,3	21,5	21,1
1974	31,2	41,6	54,0	63,2	65,9	60,1	58,5	57,7	55,9	50,0	45,4	45,0	52,4
1975	47,8	49,4	56,2	63,7	70,7	99,5	96,0	90,4	84,7	75,6	60,7	48,7	70,3
1976	48,6	54,7	62,1	63,5	54,1	17,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0
1977	0,0	0,0	0,0	0,0	28,1	56,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7,1
1978	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
1979	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
1980	0,0	0,0	0,0	15,5	42,3	75,8	71,6	63,8	50,8	41,9	35,9	33,3	35,9
1981	31,8	35,0	48,5	63,1	42,3	78,5	80,6	78,3	69,1	50,5	39,3	33,8	54,2
1982	30,0	30,0	28,5	25,2	22,4	21,3	21,7	22,7	25,1	26,4	24,5	27,3	25,4
1983	27,5	29,8	26,6	27,6	25,6	24,1	24,6	26,4	27,7	26,3	25,4	27,2	26,6
1984	28,8	29,3	28,7	29,2	25,8	23,8	24,6	28,1	32,3	31,6	30,2	28,0	28,4
1985	25,8	31,4	30,9	28,2	25,7	24,5	25,1	26,1	27,0	26,4	25,7	26,7	26,9
1986	26,4	28,9	31,3	33,2	32,0	30,2	28,5	27,7	30,1	32,6	33,9	34,3	30,8
1987	33,6	33,2	32,5	29,9	27,2	24,6	24,0	24,1	23,4	21,2	20,3	22,8	26,4
1988	23,2	24,6	28,9	30,1	28,5	26,0	24,8	24,4	23,3	21,9	20,4	22,2	24,9
1989	27,3	33,8	37,2	38,2	35,7	34,2	36,1	40,3	43,0	41,9	38,8	36,3	36,9
1990	36,7	41,3	37,3	33,8	31,0	29,2	27,9	26,0	24,6	23,8	23,2	22,6	29,8
1991	23,6	24,9	27,9	29,5	28,3	26,4	24,9	24,3	22,6	20,3	19,0	19,4	24,3
1992	22,0	25,1	25,3	21,0	18,6	19,4	21,0	20,7	18,5	20,9	17,3	17,3	20,6
1993	23,6	29,9	29,9	28,4	26,6	27,1	26,4	25,8	25,3	23,8	22,6	23,6	26,1

1994	26,9	31,7	32,5	31,3	29,2	27,6	25,8	23,9	22,1	20,3	19,2	16,8	25,6
1995	16,7	18,5	18,9	18,2	18,5	18,5	19,2	19,6	17,8	14,9	13,4	13,9	17,3
1996	15,3	17,2	19,1	16,1	15,1	14,9	13,9	12,9	12,3	12,4	13,5	13,9	14,7
1997	15,3	18,6	19,1	18,8	17,7	17,3	17,6	17,5	16,7	14,8	12,5	13,1	16,6
1998	15,5	16,7	17,0	16,2	14,7	15,2	16,2	16,5	15,5	14,0	13,9	15,0	15,5
1999	17,2	16,5	18,2	18,1	16,2	15,7	15,9	15,7	15,1	14,8	14,5	16,7	16,2
2000	21,4	23,1	26,9	28,1	27,7	25,2	22,4	20,4	18,9	17,4	16,2	17,5	22,1
2001	18,0	20,9	22,7	26,0	29,2	30,6	36,0	48,5	45,6	40,4	40,2	37,0	32,9
2002	36,3	37,2	35,2	32,1	29,7	27,2	25,7	24,8	23,2	21,8	20,3	19,8	27,8
2003	21,0	23,2	21,5	21,4	21,7	21,2	20,9	19,9	18,6	17,9	18,1	18,4	20,3
2004	18,6	18,8	19,0	19,3	19,5	19,7	20,0	20,2	20,4	20,7	20,9	21,1	19,8
2005	21,5	21,6	21,8	22,1	22,3	22,5	22,8	23,0	23,3	23,5	23,7	24,0	22,7
2006	24,2	24,5	24,7	24,9	25,2	25,4	25,7	25,9	26,2	26,4	26,7	26,9	25,6
2007	27,2	27,4	27,7	27,9	28,2	28,4	28,7	28,9	29,2	29,4	29,7	30,0	28,6
2008	40,7	54,0	71,5	58,0	45,8	38,4	37,7	37,0	36,4	35,7	35,1	34,5	43,7
2009	42,6	44,4	47,8	52,5	63,8	56,6	50,8	45,6	42,2	39,3	36,5	33,7	46,3
2010	41,4	34,6	39,4	43,2	45,3	51,0	73,8	73,3	64,9	53,1	44,9	42,2	50,6
2011	39,2	44,2	51,2	50,2	44,0	42,3	46,2	54,2	54,6	48,9	42,2	44,3	46,8
2012	42,8	50,5	48,9										47,4
2013		37,7	37,2	38,0	61,2	67,5	61,9	52,5	42,9	35,0	28,9	32,3	45,0
2014	40,1	38,5	42,6	40,4	36,8	36,8							39,2
Méd	26,9	30,2	31,9	31,8	32,3	34,3	31,6	32,5	30,4	27,6	25,8	25,2	
Máx	58,2	57,3	71,5	63,7	95,0	112,4	105,9	100,4	91,8	80,6	64,9	60,3	
Mín	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Vazão Média de Longo Prazo							31,0						
DPad	13,1	14,6	16,3	16,6	18,7	24,2	24,5	23,0	21,2	17,8	14,3	12,8	
Saz	0,868	0,974	1,030	1,024	1,040	1,106	1,020	1,048	0,980	0,889	0,831	0,813	

APÊNDICE B
GRÁFICOS TEMPORAIS

Figura B. 1: Gráficos Temporais

a) Postos com Influência dos reservatórios de Kariba e Cahora Bassa

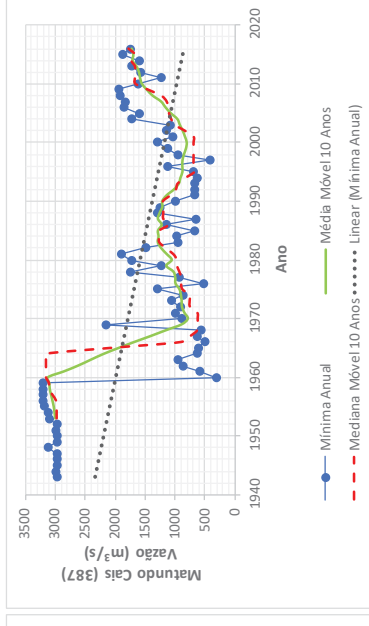
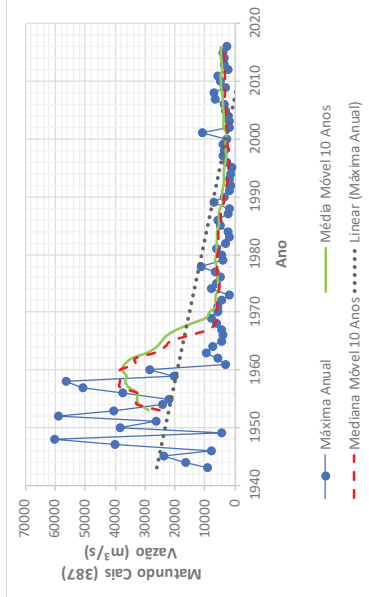
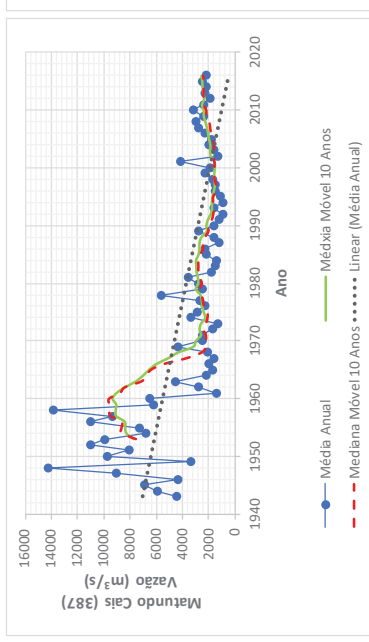
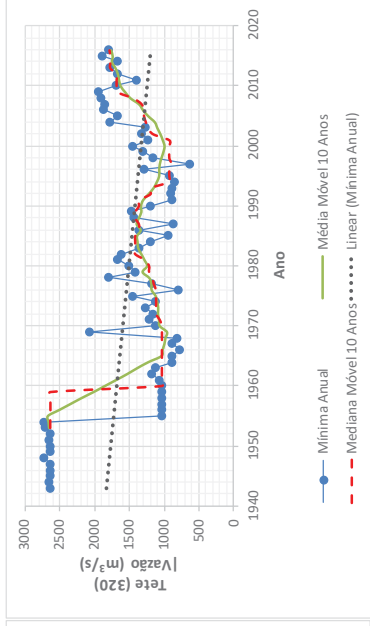
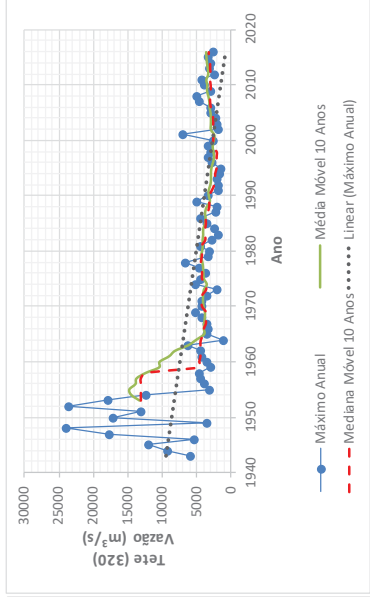
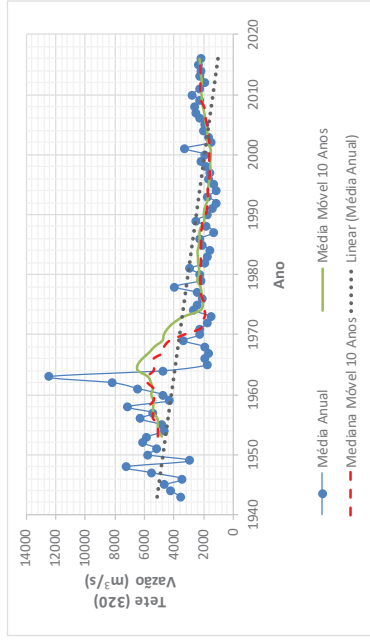
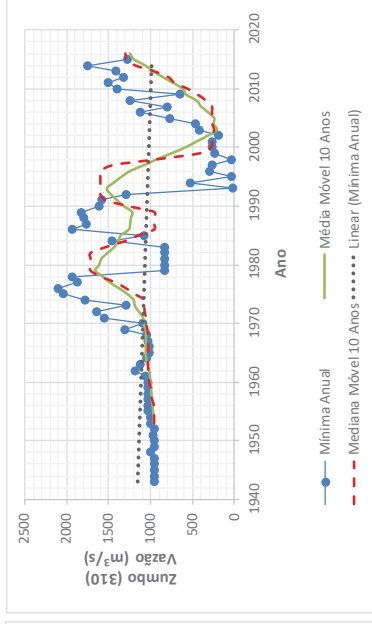
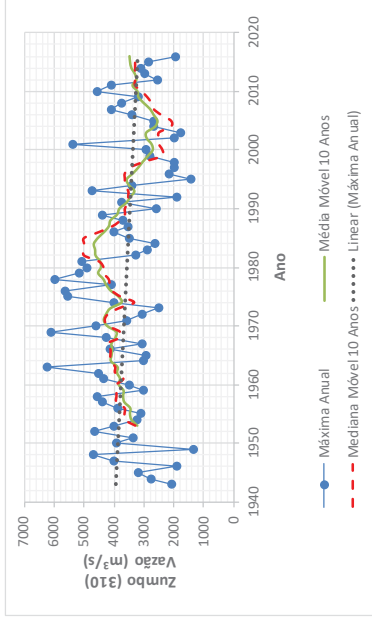
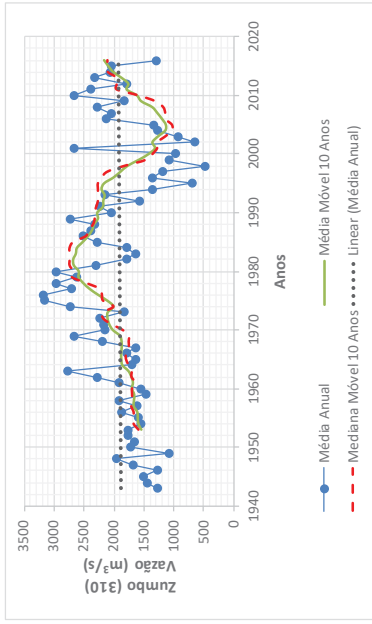


Figura B.1- Gráficos Temporais (Continuação)

a) Posto com Influência do reservatório de Kariba



b) Postos sem Influência dos reservatórios

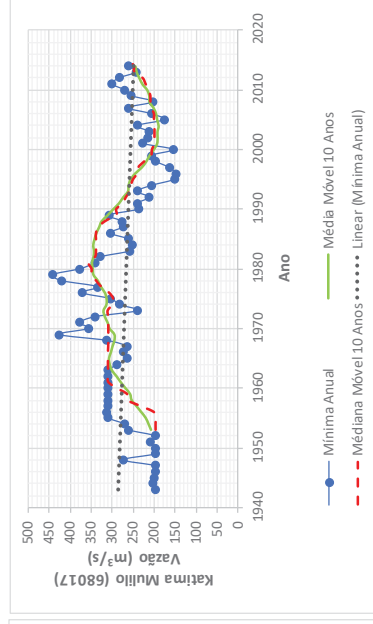
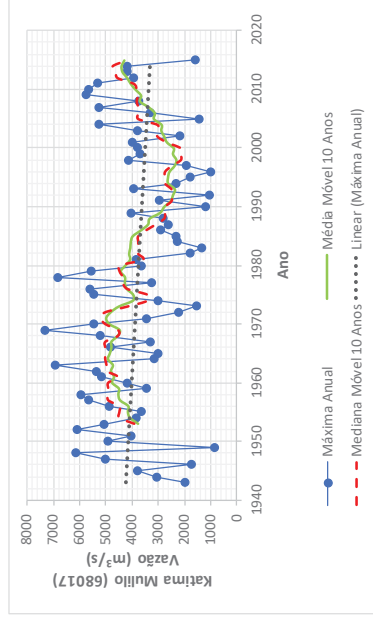
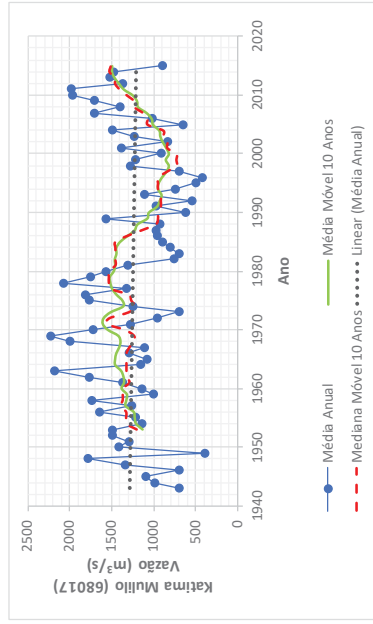
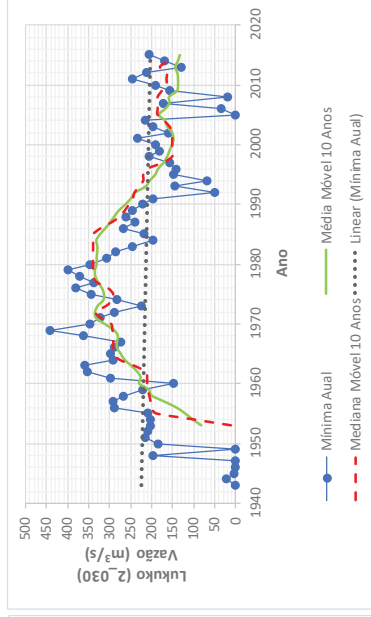
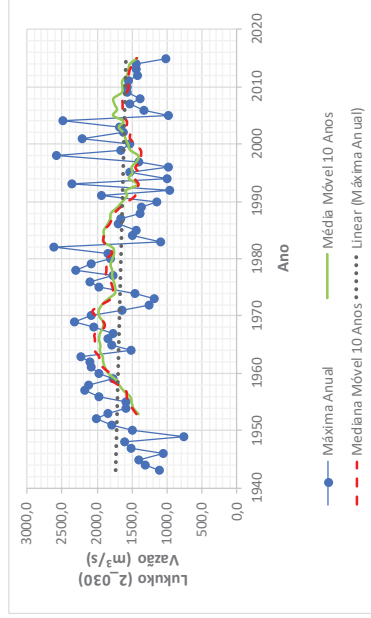
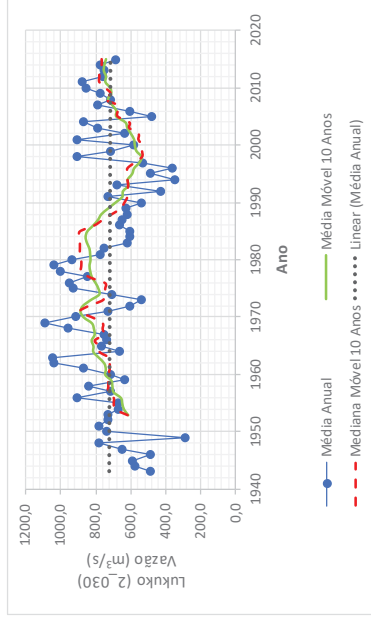
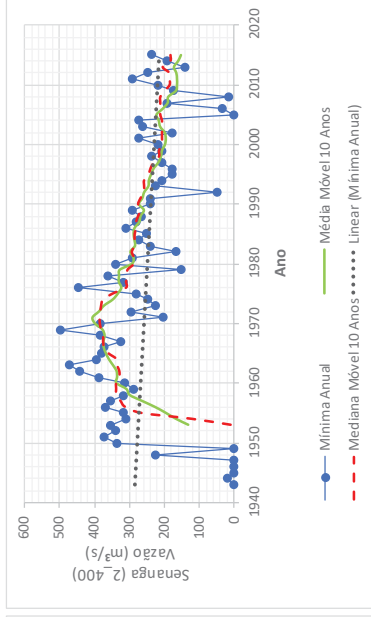
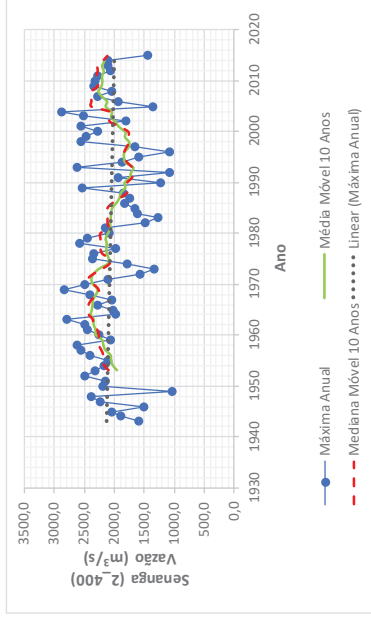
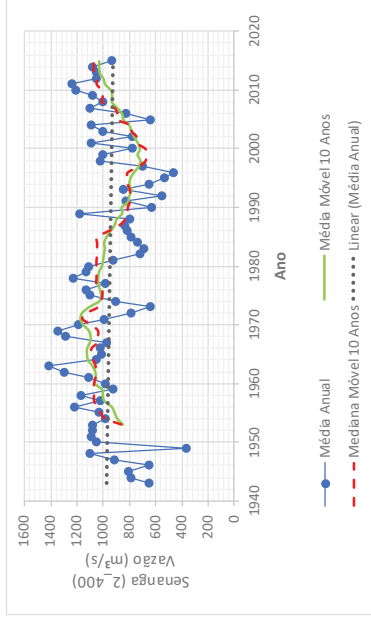


Figura B.1- Gráficos Temporais (continuação)



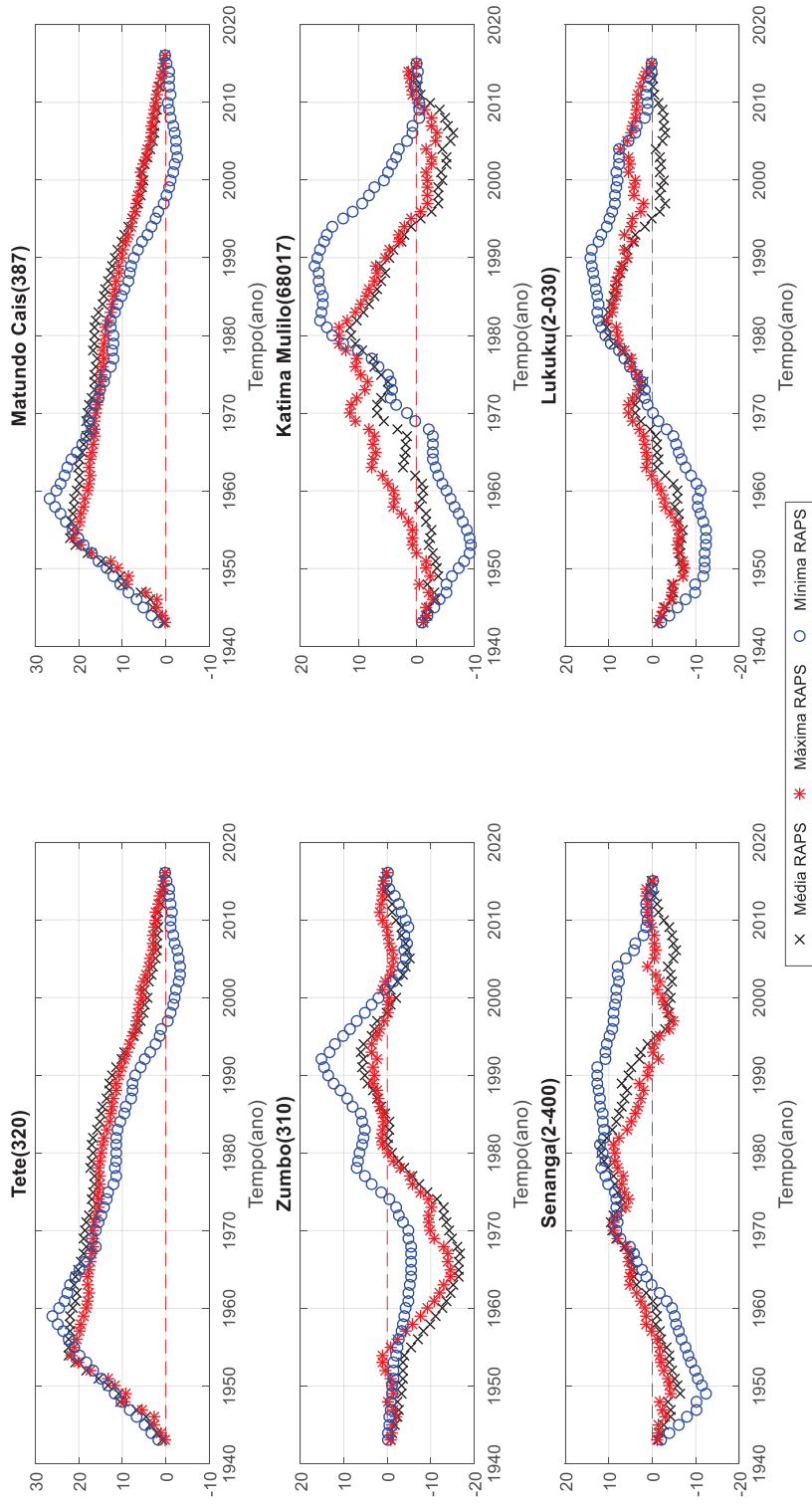
APÊNDICE C
GRÁFICOS DE VAZÃO MÉDIA MENSAL E DESVIO PADRÃO

Figura C. 1: Desvio Padrão e Vazão Média Mensal



APÊNDICE D
GRÁFICOS RAPS

Figura D. 1: Gráficos RAPS



APÊNDICE E
GRÁFICOS DE VAZÃO MÉDIA ACUMULADA

Figura E.1: Gráficos de Vazão Média Acumulada
 a) Postos com Influência dos reservatórios de Kariba e Cahora Bassa

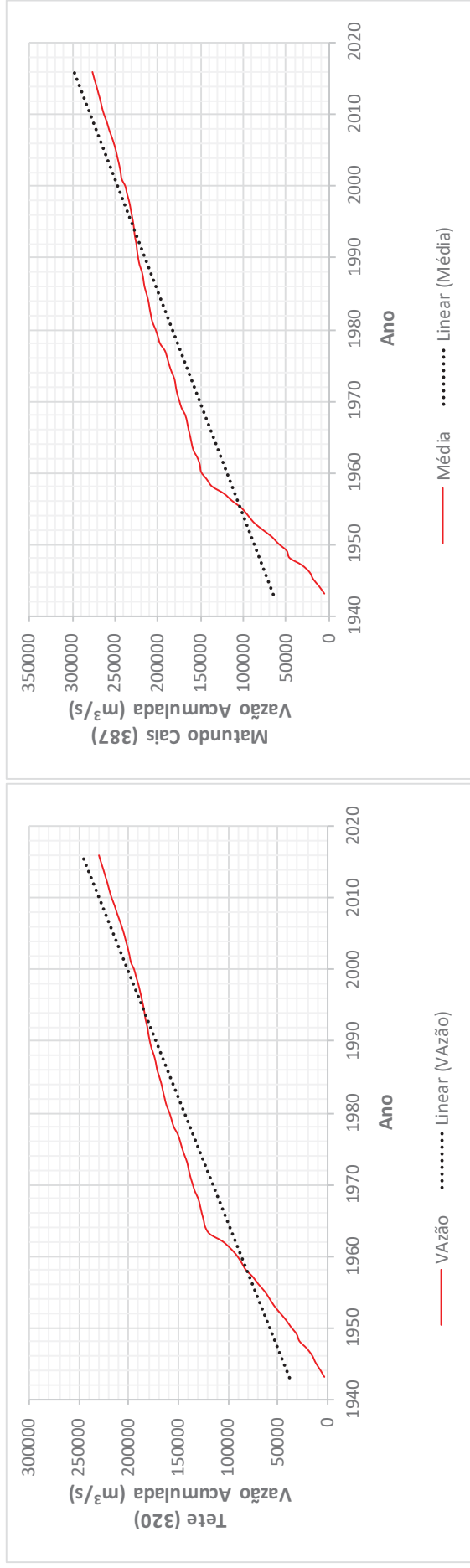
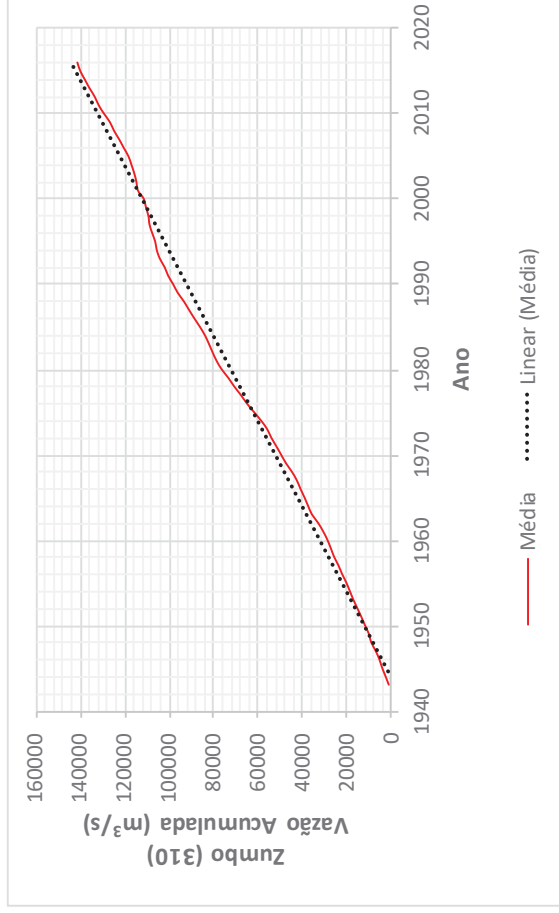


Figura E.1: Gráficos de Vazão Média Acumulada (continuação)

b) Posto com Influência do reservatório de Kariba



c) Posto sem Influência dos reservatórios

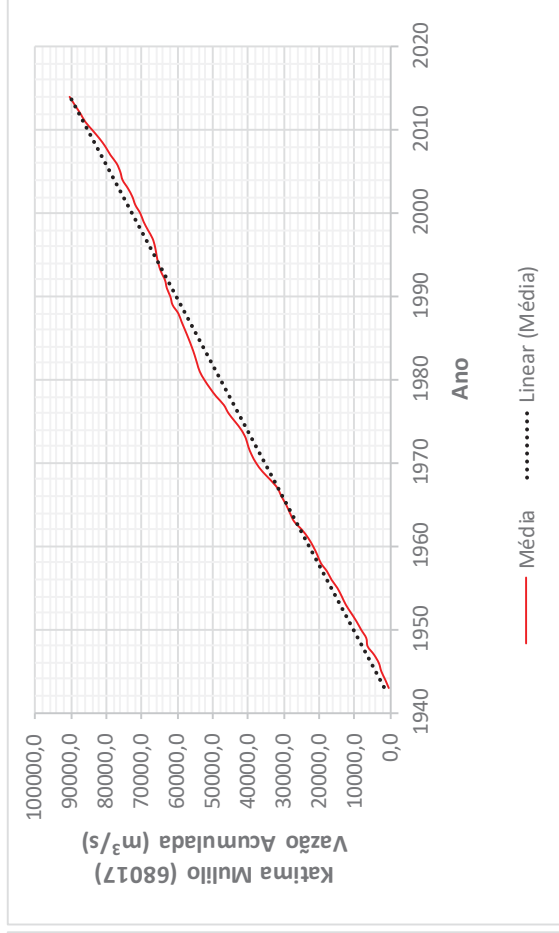
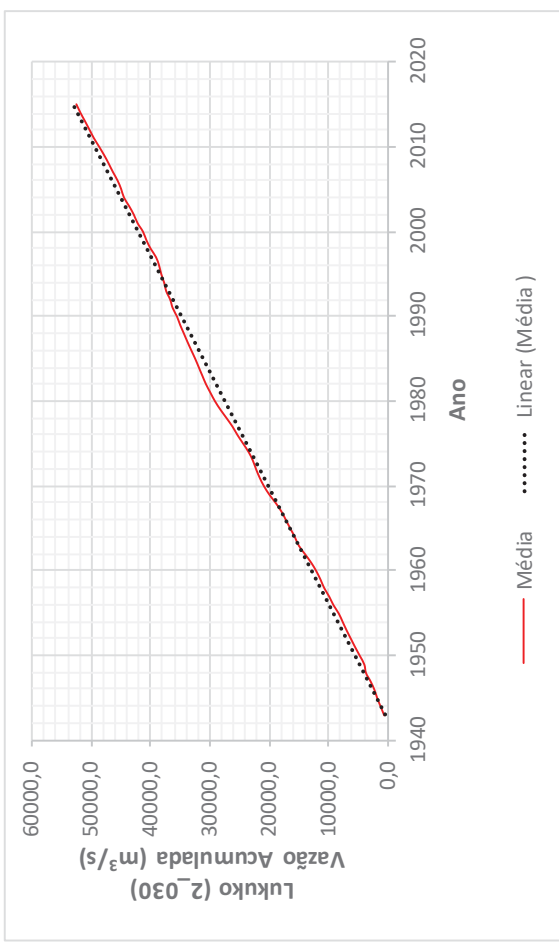


Figura E.1: Gráficos de Vazão Média Acumulada (continuação)

c) Postos sem Influência dos reservatórios



APÊNDICE F
SÉRIES DE VAZÕES SAZONAIS UTILIZADAS

Tabela F. 1: Vazões Médias Sazonais- “Estação de Verão”

Ano	Tete (320) m ³ /s	Matundo Cais (387) m ³ /s	Zumbo (310) m ³ /s	Katima Mulilo (68017) m ³ /s	Senanga (2-030) m ³ /s	Lukuku (2-400) m ³ /s
1943	3015,2	3598,6	1128,6	466,1	495,3	385,1
1944	3956,1	5400,0	1412,8	914,4	795,2	581,8
1945	4316,3	6327,6	1459,9	988,7	761,0	555,2
1946	3257,3	4015,6	1219,4	609,4	627,2	469,8
1947	3895,7	5356,2	1371,5	849,3	706,2	519,0
1948	7422,3	15354,8	1929,5	1729,4	1019,3	733,4
1949	2896,4	3397,6	1081,8	392,4	410,9	323,4
1950	6306,2	11473,8	1815,1	1548,9	1070,3	742,5
1951	5074,9	8250,8	1602,7	1213,9	1015,7	982,3
1952	8619,9	17839,7	2226,5	2197,9	1289,5	1089,1
1953	4779,7	7448,3	1558,1	1143,6	915,5	810,4
1954	3931,4	5335,2	1415,1	918,0	898,9	802,2
1955	4533,1	6677,2	1542,3	1118,7	983,9	794,7
1956	4861,2	7675,2	1566,5	1156,8	1018,2	910,6
1957	6612,9	13045,9	1776,9	1488,7	1063,1	1066,1
1958	10534,6	23426,5	2481,9	2600,7	1451,0	1250,1
1959	3943,6	5444,3	1391,1	880,1	874,7	779,7
1960	3914,6	4231,4	1378,5	849,0	852,7	855,7
1961	4068,0	1834,0	1442,5	793,3	893,3	934,9
1962	7095,6	3604,4	2069,6	1656,1	1259,5	1258,0
1963	14521,7	6772,8	3010,1	2778,8	1622,3	1434,8
1964	4678,0	3765,3	1796,5	1327,7	1155,8	959,9
1965	2329,7	2673,6	1616,7	1064,2	1028,8	1027,5
1966	2019,4	2243,7	1560,4	1005,6	900,7	851,8
1967	1789,4	1904,0	1346,6	680,8	785,7	795,1
1968	2505,5	3084,5	2465,3	2440,1	1416,5	1243,5
1969	3504,1	4775,1	2361,9	2111,5	1320,9	1353,5
1970	2672,0	3293,4	2451,6	2248,1	1394,1	1297,0
1971	2746,3	3466,8	2217,7	1388,2	1073,9	1016,6
1972	2125,0	2372,7	2032,1	712,3	676,1	620,6
1973	1662,0	1583,8	1661,2	623,2	619,4	639,8
1974	3063,7	4097,4	2503,5	1192,1	873,8	845,6
1975	2279,6	2589,9	3090,3	1792,4	1118,8	1178,9
1976	2006,4	2181,4	2731,6	1283,1	938,2	1022,2
1977	2947,2	3675,1	2374,1	1026,0	864,6	948,5
1978	4015,5	5814,3	2604,2	1453,0	1101,2	1074,2
1979	2140,5	2543,1	2553,2	1525,8	1166,0	1298,2
1980	2193,7	2791,9	2909,9	1746,6	1236,8	1223,6
1981	3557,0	4623,6	2942,3	996,1	821,8	824,6
1982	1970,4	2039,4	2217,6	635,6	689,7	1007,4

1983	1742,6	1580,9	1944,3	745,3	743,8	727,3
1984	1846,3	1756,5	2026,3	757,8	760,6	803,7
1985	2379,2	2703,6	2151,4	662,1	675,2	659,0
1986	2839,1	3188,8	2317,2	633,3	704,2	740,9
1987	1800,3	1844,3	2356,7	941,4	864,9	870,9
1988	1804,5	1706,1	2083,7	622,0	678,1	683,6
1989	3320,5	4148,3	2676,1	1328,5	1034,7	705,7
1990	2254,1	2343,1	2044,8	568,4	582,8	630,0
1991	1811,8	1790,6	2323,3	1058,9	879,6	966,1
1992	1324,2	1184,9	1643,4	566,1	633,4	560,3
1993	1689,2	1658,8	1518,5	642,3	884,8	680,8
1994	1447,6	1326,5	1864,2	862,0	734,4	413,6
1995	1234,9	1067,1	552,1	408,6	477,0	590,7
1996	1892,2	1946,7	1049,6	362,8	427,3	426,6
1997	2038,0	2179,7	1219,5	520,2	592,8	635,8
1998	2149,0	2305,2	940,9	1167,1	981,1	1230,8
1999	2501,2	2806,5	1219,1	1004,2	920,1	668,7
2000	2251,5	2411,5	980,9	511,6	584,7	466,4
2001	3698,4	5177,9	2644,8	1188,6	1014,9	1178,1
2002	1595,2	1507,9	1075,4	637,1	728,9	758,0
2003	1940,6	1965,3	1131,0	750,7	740,9	794,1
2004	1996,3	2047,5	1453,4	1130,5	953,3	1016,3
2005	2013,3	2091,1	1822,3	610,1	608,3	455,1
2006	2356,9	2577,7	1830,1	647,1	657,9	497,9
2007	3053,2	3716,5	2475,1	2149,3	1179,4	832,3
2008	3206,1	4009,9	2635,4	1552,6	1089,1	777,5
2009	2306,3	2501,4	2149,6	1777,4	1109,0	791,9
2010	2608,5	3007,7	2465,7	1742,7	1099,9	786,0
2011	2796,1	3292,2	2671,4	2041,7	1271,0	897,9
2012	2017,7	2080,2	2103,3	1235,7	1026,8	743,7
2013	2136,9	2249,3	2306,1	1966,9	1212,7	855,6
2014	2443,6	2703,1	2342,0	1087,1	930,4	678,4
2015	2672,2	3062,4	2060,0	537,1	602,3	444,3
2016	1504,2	1671,8	989,1			
Média	3276,1	4157,3	1910,6	1150,2	912,2	828,4
Máximo	14521,7	23426,5	3090,3	2778,8	1622,3	1434,8
Mínimo	1234,9	1067,1	552,1	362,8	410,9	323,4

Tabela F. 2: Vazões Máximas Sazonais- “Estação de Verão”

Ano	Tete (320) m ³ /s	Matundo Cais (387) m ³ /s	Zumbo (310) m ³ /s	Katima Mulilo (68017) m ³ /s	Senanga (2-030) m ³ /s	Lukuku (2-400) m ³ /s
1943	3762,8	4847,1	1433,7	947,4	1085,5	796,3
1944	7106,6	11536,4	2327,9	2357,8	1717,7	1196,9
1945	9592,5	17366,9	2813,5	3123,7	1912,8	1316,9
1946	4274,5	5767,6	1603,4	1215,1	1258,0	907,7
1947	7696,6	12861,9	2451,9	2553,4	1773,0	1231,0
1948	23935,1	60429,6	4722,3	6134,5	2380,8	1599,4
1949	3280,4	4020,0	1252,7	661,8	836,7	632,0
1950	17249,0	38657,6	3949,3	4915,2	2197,6	1489,6
1951	13068,4	26476,0	3377,0	4012,5	2148,9	1783,0
1952	23571,6	59181,5	4683,6	6073,4	2498,9	2002,0
1953	11572,9	22432,5	3147,0	3649,7	1973,0	1830,4
1954	7006,7	11315,8	2306,2	2323,6	1741,7	1581,0
1955	9236,7	16494,3	2749,2	3022,4	1955,0	1581,0
1956	12007,1	23588,0	3215,4	3757,7	2146,5	1640,4
1957	21187,6	51172,4	4421,1	5659,4	2562,8	2184,4
1958	22736,7	56341,5	4593,4	5931,1	2615,8	2126,8
1959	7801,1	13100,6	2473,2	2587,0	1829,0	1770,5
1960	7813,1	13128,1	2475,6	2590,8	1830,2	1973,0
1961	7787,6	3381,9	2470,4	2246,4	1721,9	1971,1
1962	17398,2	6122,1	3968,2	4559,1	2333,2	2096,9
1963	40913,5	9866,6	6270,0	6914,5	2797,5	2222,0
1964	10838,5	7551,8	3027,6	3146,0	1988,9	1517,8
1965	3544,2	4680,2	2839,8	2870,5	1985,3	1785,4
1966	3295,6	4215,3	2909,6	2929,7	1820,1	1840,9
1967	3623,3	4831,3	1824,9	1319,8	1335,1	1565,3
1968	4363,0	6312,1	4156,4	5059,9	2300,8	2054,8
1969	5138,4	7987,3	5253,3	6499,5	2649,9	2326,4
1970	4188,2	5951,4	4632,0	5437,9	2497,3	2076,6
1971	4225,8	6028,3	3584,4	3471,1	2118,2	1641,7
1972	3560,6	4711,5	2385,0	1113,1	1039,0	1045,2
1973	2006,1	2063,4	2119,7	1058,7	1054,0	1178,3
1974	5119,7	7945,6	4012,5	3024,0	1774,9	1327,0
1975	3970,6	5511,5	4866,9	4325,8	2170,9	1970,4
1976	3685,7	4951,5	4637,3	4081,7	2097,2	2038,4
1977	4566,3	6739,5	3387,0	2538,1	1699,1	1640,4
1978	6663,6	11610,5	4105,6	3797,2	1996,0	1876,3
1979	3087,9	4408,6	3791,8	3401,9	2062,1	2065,1
1980	3133,5	4558,7	4136,1	3275,8	2080,8	1814,0
1981	4422,5	6261,7	5091,9	2478,1	1675,3	1621,5
1982	2769,3	3281,6	3279,4	982,1	1056,8	2608,5

1983	1970,5	1805,3	2926,5	1290,8	1229,6	1084,7
1984	2422,1	2471,4	2657,0	1746,3	1453,4	1486,9
1985	3628,2	5209,9	2856,3	1334,5	1265,2	1298,0
1986	4433,6	5970,8	2829,6	1048,2	1097,0	1307,9
1987	2289,0	2581,9	3365,1	2162,0	1636,8	1652,2
1988	2037,5	2045,8	2784,7	1237,2	1238,0	1387,8
1989	4936,8	7160,0	4356,9	3933,4	2424,4	1368,1
1990	3380,4	3697,9	2470,9	1015,9	1052,1	1148,2
1991	1945,9	1972,2	3747,8	2956,9	1934,3	1938,8
1992	1818,8	1798,6	1908,0	983,7	1081,1	958,3
1993	2073,9	2151,1	3347,1	1567,3	2105,4	1838,3
1994	1780,8	1747,5	3416,4	2319,1	1864,6	1000,0
1995	1439,7	1307,6	1175,7	833,1	1016,7	1527,5
1996	2727,4	3125,3	1645,4	656,4	771,5	981,0
1997	3327,1	4098,3	1849,6	1119,7	1202,9	1358,1
1998	3021,3	3593,3	1994,8	3412,9	2259,0	2580,5
1999	3285,7	4028,9	2824,4	2986,7	2140,2	1455,0
2000	2568,2	2879,2	2972,6	1198,3	1246,5	900,3
2001	6952,6	11196,8	4818,0	3651,3	2379,6	2221,4
2002	1859,0	1853,0	2018,0	1488,2	1540,4	1435,4
2003	2007,2	2057,3	1797,7	1859,2	1345,6	1507,4
2004	2295,1	2470,0	2685,5	3583,6	2348,4	2490,9
2005	2921,9	3433,2	2697,7	1372,3	1342,4	961,6
2006	3018,8	3589,4	3410,6	1556,5	1429,7	1016,9
2007	4718,4	6599,6	4115,9	5254,9	2273,5	1535,2
2008	5008,6	7159,1	3773,2	3585,8	2008,5	1375,2
2009	2937,7	3458,5	3205,2	5619,5	2320,0	1563,0
2010	3840,5	4984,1	4600,2	5406,4	2293,2	1547,0
2011	4312,5	5837,7	4104,8	4685,9	2194,0	1487,4
2012	2433,3	2674,9	2547,6	2863,9	1852,6	1280,0
2013	2573,7	2887,6	2983,0	4190,8	2116,6	1440,7
2014	3021,7	3594,0	3107,8	2669,9	1803,9	1250,1
2015	3377,0	4182,3	2887,0	1277,3	1292,7	929,9
2016	2550,9	2852,8	1948,9			
Média	6271,9	9515,7	3197,0	2971,4	1812,0	1578,6
Máximo	40913,5	60429,6	6270,0	6914,5	2797,5	2608,5
Mínimo	1439,7	1307,6	1175,7	656,4	771,5	632,0

Tabela F. 3: Vazões Mínimas Sazonais- “Estação de Verão”

Ano	Tete (320) m ³ /s	Matundo Cais (387) m ³ /s	Zumbo (310) m ³ /s	Katima Mulilo (68017) m ³ /s	Senanga (2-030) m ³ /s	Lukuku (2-400) m ³ /s
1943	2655,0	3012,7	968,3	213,3	51,4	53,1
1944	2643,3	2994,6	962,1	203,6	19,2	22,1
1945	2637,5	2985,6	959,0	198,7	2,5	3,6
1946	2634,8	2981,5	957,7	196,5	0,0	0,0
1947	2634,8	2981,5	957,6	196,5	0,0	0,0
1948	2777,3	3203,5	1030,1	310,8	312,7	263,7
1949	2634,9	2981,6	957,7	196,6	0,0	0,0
1950	2634,8	2981,5	957,6	196,5	337,1	206,5
1951	2794,6	3230,8	1038,6	324,2	427,8	282,0
1952	2714,6	3105,4	998,9	261,6	413,5	287,7
1953	2712,7	3102,3	997,9	260,0	353,4	266,1
1954	2775,7	3200,9	1029,3	309,6	319,4	266,1
1955	2775,5	3200,7	1029,2	309,4	322,1	249,3
1956	2779,4	3206,9	1031,2	312,5	400,7	328,6
1957	2778,3	3205,0	1030,6	311,6	408,7	328,7
1958	2780,2	3208,1	1031,6	313,1	396,0	324,2
1959	2777,3	3203,5	1030,1	310,8	295,5	248,6
1960	2821,7	318,5	1051,7	309,5	326,8	211,8
1961	2840,1	598,2	1060,5	310,9	416,7	357,9
1962	3110,8	871,0	1182,4	309,5	444,0	387,0
1963	2983,7	5122,2	1126,8	325,2	566,0	462,7
1964	889,6	640,3	1055,1	310,2	437,6	342,1
1965	877,4	627,6	1023,2	263,6	380,1	301,2
1966	765,1	515,4	1021,2	274,3	372,8	311,4
1967	884,5	635,0	1063,2	323,1	422,5	344,4
1968	815,7	565,2	1050,2	312,0	384,2	397,9
1969	2067,7	2155,1	1302,6	540,8	611,6	531,7
1970	1118,1	889,7	1093,3	357,8	411,6	387,6
1971	1218,5	1006,9	1546,7	385,0	363,5	367,2
1972	1147,7	923,8	1649,3	349,8	321,6	317,0
1973	1330,7	1142,9	1288,5	301,9	267,0	270,7
1974	1138,0	912,6	1782,0	295,3	271,0	332,5
1975	1450,7	1294,2	2038,2	303,4	279,6	351,3
1976	1142,5	917,8	2100,0	371,9	476,7	436,1
1977	1893,7	1899,1	1867,6	335,8	316,8	337,5
1978	2551,4	2916,5	1975,3	502,4	709,5	536,0
1979	1414,6	1248,1	1886,3	522,9	463,2	509,4
1980	1495,1	1859,6	1915,6	385,0	381,7	401,9
1981	1665,5	1908,3	1650,2	346,1	292,5	313,1
1982	1602,4	1493,3	833,1	342,5	362,0	371,0

1983	1462,7	1299,7	833,1	290,1	284,0	285,3
1984	1195,6	1016,0	1464,1	279,7	354,4	236,0
1985	1132,1	892,0	1715,3	261,1	260,8	234,7
1986	1546,0	1581,1	2010,7	422,3	467,7	414,4
1987	888,3	766,3	1773,5	275,0	280,1	239,2
1988	1431,8	1302,3	1793,4	299,1	312,9	263,8
1989	1640,7	1509,0	1917,2	308,6	293,4	311,2
1990	1238,0	1080,4	1610,6	237,0	241,8	222,6
1991	1526,4	1416,2	1590,9	279,7	291,1	247,5
1992	892,9	681,6	1294,3	229,0	246,4	161,7
1993	904,8	694,1	54,6	240,8	232,8	151,6
1994	859,1	646,7	566,2	208,7	217,0	169,8
1995	923,9	714,2	285,7	160,5	189,6	164,2
1996	1287,6	1123,0	294,0	146,8	185,9	162,5
1997	898,9	687,9	607,8	165,3	211,1	170,8
1998	1415,8	1278,1	80,6	195,6	236,7	207,6
1999	1905,6	1916,7	228,1	207,5	260,4	224,2
2000	1555,6	1453,3	269,8	155,2	217,2	190,8
2001	1226,5	1051,0	259,4	240,3	301,1	255,0
2002	1367,1	1218,6	438,3	217,8	252,4	218,0
2003	1749,7	1706,1	606,7	212,3	266,6	211,3
2004	1772,2	1736,0	646,2	243,6	280,3	223,8
2005	1667,7	1598,0	773,7	176,2	0,0	0,0
2006	1872,3	1871,1	1119,5	234,4	117,0	110,1
2007	2008,0	2058,5	808,0	261,3	192,3	171,3
2008	1906,6	1918,1	1264,4	234,6	117,5	110,6
2009	1935,4	1957,6	842,5	264,9	201,8	178,7
2010	1784,7	1752,8	1391,5	271,4	218,6	191,9
2011	2138,6	2243,1	1514,8	300,9	290,2	246,8
2012	1713,4	1657,9	1473,1	282,7	246,9	213,8
2013	1806,5	1781,9	1677,3	242,9	141,7	130,6
2014	2054,2	2123,3	1803,9	260,9	191,3	170,4
2015	1988,3	2030,9	1279,1	536,2	690,8	533,0
2016	2018,4	2073,0	1343,5			
Média	1825,4	1784,9	1150,8	285,6	296,3	256,6
Máximo	3110,8	5122,2	2100,0	540,8	709,5	536,0
Mínimo	765,1	318,5	54,6	146,8	0,0	0,0

Tabela F. 4: Vazões Médias Sazonais- “Estação de Inverno”

Ano	Tete (320) m³/s	Matundo Cais (387) m³/s	Zumbo (310) m³/s	Katima Mulilo (68017) m³/s	Senanga (2-030) m³/s	Lukuku (2-400) m³/s
1943	3840,0	5132,5	1388,5	876,2	763,4	557,9
1944	4404,0	6423,3	1499,2	1050,7	784,4	568,5
1945	4809,2	7439,5	1575,7	1171,3	845,1	610,6
1946	3591,1	4654,8	1313,7	758,1	672,4	494,6
1947	6562,3	11859,7	1912,2	1702,2	1056,6	748,6
1948	7100,9	13472,9	1998,9	1838,9	1155,1	822,1
1949	2918,8	3443,4	1083,8	395,4	341,5	262,9
1950	5280,5	8514,5	1682,6	1340,0	1044,1	739,4
1951	5150,4	7983,5	1698,4	1364,9	1143,3	641,4
1952	4301,6	6226,0	1472,3	1008,3	940,9	469,0
1953	6589,4	11863,7	1936,7	1740,7	1193,4	677,5
1954	5087,1	7995,1	1660,7	1305,4	1036,7	577,5
1955	5024,3	7807,7	1650,6	1289,5	1066,5	578,3
1956	7313,2	13459,9	2098,3	1995,6	1365,6	905,2
1957	4551,8	6784,4	1534,5	1106,4	988,0	465,8
1958	4667,8	7126,5	1544,7	1122,4	961,4	552,8
1959	4563,5	6829,3	1532,7	1103,5	954,4	529,4
1960	5303,7	8177,5	1689,2	1346,5	1077,1	617,2
1961	8085,3	1219,0	2261,0	1789,6	1273,1	820,7
1962	8896,5	2281,6	2431,8	1867,5	1325,2	884,7
1963	10992,7	3024,7	2633,1	1773,6	1271,8	775,1
1964	4698,1	1156,0	1667,0	1032,7	983,1	454,4
1965	1223,9	1033,7	1653,2	1091,0	998,7	586,2
1966	1800,9	1848,0	1951,7	1520,4	1102,5	662,5
1967	1519,1	1467,8	1872,0	1419,6	1103,2	725,8
1968	1497,4	1519,5	2020,4	1703,9	1191,0	756,3
1969	3197,1	4071,5	2887,1	2324,7	1369,7	909,5
1970	1892,1	1998,3	1965,0	1370,3	1050,8	644,0
1971	1824,0	1877,5	2170,5	1201,6	939,5	532,1
1972	1421,1	1264,9	2402,2	1130,5	871,6	597,3
1973	1368,3	1191,8	1983,0	747,7	661,1	470,4
1974	2335,5	2850,7	2920,1	1285,3	921,8	604,7
1975	2563,3	3077,6	3228,2	1765,6	1086,3	755,2
1976	2139,4	2453,0	3514,5	2213,5	1266,5	901,9
1977	2016,7	2117,2	2967,4	1534,9	1072,8	781,6
1978	3883,5	5616,6	3262,8	2542,0	1314,2	956,7
1979	2217,0	2518,8	2680,0	1921,0	1110,5	853,2
1980	2188,7	2789,5	3043,6	1461,5	1017,8	730,1
1981	2414,9	2824,2	1848,4	1535,8	1005,6	735,5
1982	1771,3	1725,5	1512,2	851,0	734,4	569,3

1983	1679,6	1552,1	1452,6	683,0	651,1	540,4
1984	1374,3	1166,1	1616,9	848,8	723,6	468,7
1985	1893,3	1829,0	2375,2	1068,2	865,4	561,8
1986	1826,3	1774,3	2682,1	1201,8	902,1	615,7
1987	977,0	814,5	2410,7	1000,9	823,1	495,7
1988	1743,2	1581,9	2505,1	1139,8	890,8	568,7
1989	1894,9	1824,4	2778,9	1760,3	1278,3	568,2
1990	1343,2	1195,7	2054,6	660,1	665,5	479,5
1991	1096,7	911,3	2191,5	916,7	796,0	556,8
1992	949,9	741,9	1542,2	524,2	501,2	338,0
1993	1731,4	1703,8	2621,1	1457,2	815,3	671,4
1994	918,2	708,9	1003,0	670,5	593,8	301,3
1995	1320,4	1164,2	827,4	577,6	564,8	409,2
1996	1412,0	1279,3	1580,7	460,2	490,1	318,9
1997	1253,4	1113,5	1197,8	831,0	772,3	461,1
1998	1488,0	1377,8	154,1	1362,4	1050,5	681,4
1999	1938,0	1998,1	1001,9	1373,4	1054,4	749,6
2000	1624,1	1543,9	988,3	1203,2	923,5	667,6
2001	2892,4	3471,7	2691,1	1537,9	1146,6	716,5
2002	1408,7	1270,1	363,1	996,0	810,7	551,1
2003	1473,3	1355,9	813,9	1576,9	1194,9	786,1
2004	1940,2	1966,6	1145,4	1773,1	1192,9	760,5
2005	1753,3	1711,2	1009,1	694,6	671,3	499,1
2006	2108,0	2205,0	2355,3	1290,8	941,7	676,0
2007	2071,4	2152,3	1771,3	1406,8	1046,8	754,1
2008	2186,5	2312,4	2058,6	1298,1	941,8	676,8
2009	2219,4	2360,9	1611,8	1669,2	1066,3	763,2
2010	2830,5	3365,9	2813,6	2130,1	1283,3	907,3
2011	1819,5	1828,0	2216,2	1942,6	1222,0	867,8
2012	1804,6	1781,9	1572,8	1483,5	1073,7	772,8
2013	2238,2	2424,6	2363,0	1229,7	934,7	678,3
2014	1869,0	1868,3	1887,8	1754,7	1186,7	845,0
2015	2074,0	2152,5	2051,1	892,6	897,4	661,9
2016	1937,2	1961,5	1148,2			
Média	2974,3	3426,9	1905,5	1315,3	973,1	642,4
Máximo	10992,7	13472,9	3514,5	2542,0	1369,7	956,7
Mínimo	918,2	708,9	154,1	395,4	341,5	262,9

Tabela F. 5: Vazões Máximas Sazonais- “Estação de Inverno”

Ano	Tete (320) m ³ /s	Matundo Cais (387) m ³ /s	Zumbo (310) m ³ /s	Katima Mulilo (68017) m ³ /s	Senanga (2-030) m ³ /s	Lukuku (2-400) m ³ /s
1943	6006,1	9171,2	2076,8	1961,7	1590,2	1117,7
1944	9339,5	16745,2	2768,0	3051,9	1896,7	1307,0
1945	12097,5	23830,6	3229,5	3779,9	2045,0	1397,4
1946	5409,9	7952,7	1927,1	1725,6	1501,2	1062,0
1947	17738,4	40160,9	4011,0	5012,5	2240,7	1515,5
1948	21176,4	51135,8	4419,8	5657,4	2324,6	1565,8
1949	3624,7	4606,1	1384,3	869,5	1026,0	757,4
1950	13057,3	26445,3	3375,3	4009,9	2145,3	1458,1
1951	10486,6	19610,9	2968,7	3368,5	2055,5	1544,3
1952	9692,5	17614,1	2831,2	3151,7	2136,7	1104,7
1953	17919,6	40721,5	4033,6	5048,1	2322,7	1840,4
1954	12338,0	24478,7	3266,7	3838,5	2172,8	1435,1
1955	11523,0	22300,7	3139,0	3637,1	2116,6	1435,1
1956	16978,3	37832,5	3914,8	4860,8	2398,9	1974,4
1957	10645,5	20017,2	2995,4	3410,7	2059,0	938,3
1958	11817,4	23081,2	3185,7	3710,8	2135,0	1270,9
1959	10849,3	20541,6	3029,4	3464,2	2072,8	1299,6
1960	13852,1	28664,5	3491,4	4193,0	2250,4	1689,9
1961	20617,9	2038,1	4356,0	5147,3	2459,2	2092,3
1962	22208,4	5439,2	4535,3	5352,1	2501,3	2049,6
1963	34539,9	7537,5	5738,2	5829,5	2596,2	1813,7
1964	10807,5	1635,0	3022,4	3089,5	1973,5	798,8
1965	1754,9	1702,0	2956,1	3022,5	2020,8	1342,4
1966	2669,7	3113,1	4141,1	4844,5	2286,2	1623,7
1967	2844,9	3411,3	3095,6	3303,1	2043,7	1777,7
1968	3877,3	5326,0	4290,2	5189,1	2414,1	1719,0
1969	3846,4	5265,2	6109,2	7342,8	2844,6	2232,6
1970	3462,2	4525,2	3732,9	3930,3	2213,6	1339,8
1971	3412,7	4432,5	3306,9	3085,4	1963,1	990,2
1972	1850,1	1836,5	3096,9	2201,5	1564,4	1260,3
1973	1596,7	1485,8	2518,5	1551,5	1338,1	1086,1
1974	4827,3	7300,8	3915,3	2805,9	1791,6	1455,1
1975	4407,4	6404,7	5583,3	5445,8	2373,4	1722,1
1976	3735,2	5047,5	5674,8	5607,6	2347,9	2094,2
1977	2633,7	3052,8	4101,3	3245,9	1978,6	1769,4
1978	6130,2	10296,9	5990,7	6827,4	2582,1	2296,8
1979	3387,7	4385,8	5173,3	5546,5	2462,9	2084,4
1980	3146,2	4428,2	4936,5	3663,9	1851,4	1545,8
1981	3129,0	3877,6	4407,2	3823,7	2147,0	1846,4
1982	1883,0	1883,7	1756,1	1758,6	1476,4	1200,1

1983	1893,9	1896,1	1678,0	1359,3	1262,8	1068,9
1984	1481,8	1337,1	1752,5	2275,1	1623,4	1120,7
1985	2817,1	2986,5	3512,3	2337,0	1661,1	1439,4
1986	2622,4	2880,2	4032,2	2898,1	1827,9	1696,0
1987	1342,1	1172,8	3563,5	2609,3	1745,5	1000,2
1988	1851,2	1684,8	3740,2	2831,9	1847,7	1381,4
1989	2563,7	2878,4	4416,0	4017,8	2544,8	1361,8
1990	1692,5	1630,4	2595,0	1184,3	1220,3	1038,3
1991	1526,4	1416,2	3305,4	2393,9	1869,5	1368,4
1992	977,6	771,4	1910,2	1036,7	1087,3	829,1
1993	1980,6	2020,3	4759,0	3927,2	2615,1	2350,3
1994	1010,4	806,8	3210,4	2199,8	1733,1	714,7
1995	1497,6	1379,8	1448,8	1762,4	1592,4	1119,0
1996	1886,9	1891,1	2194,4	974,1	1085,5	796,2
1997	2005,8	2055,4	2021,1	1916,4	1666,6	1400,5
1998	1813,4	1791,4	257,6	4125,1	2551,4	2133,4
1999	2849,4	3317,5	2819,3	3693,2	2483,8	1660,7
2000	1811,0	1788,0	1438,4	3792,8	2283,1	1541,0
2001	4669,8	6507,0	5394,8	4005,0	2563,3	1707,8
2002	1511,8	1397,8	669,3	2153,7	1808,5	1619,5
2003	1775,6	1740,6	1580,0	3810,8	2507,4	1674,7
2004	2166,7	2283,5	1949,3	5254,9	2882,7	2487,7
2005	1864,6	1860,6	1847,0	1423,8	1368,0	977,8
2006	2410,0	2640,0	3051,4	3285,7	1947,8	1338,3
2007	2402,1	2628,3	2463,4	3850,7	2057,9	1405,2
2008	2285,4	2455,7	3154,9	3721,3	2034,2	1390,8
2009	2402,1	2628,3	3160,9	5750,3	2335,9	1572,6
2010	3833,2	4971,2	3881,4	5666,4	2325,7	1566,5
2011	2673,7	3041,7	3702,9	5332,4	2283,6	1541,3
2012	2060,5	2132,2	2107,2	3948,7	2075,3	1415,8
2013	3205,1	3894,8	2793,3	3636,4	2018,2	1381,1
2014	2054,2	2123,3	2163,7	4195,7	2117,4	1441,2
2015	2239,4	2388,6	2353,2	1566,1	1434,0	1019,6
2016	2097,6	2184,7	1368,6			
Média	5872,9	8215,1	3226,8	3565,8	2029,9	1471,4
Máximo	34539,9	51135,8	6109,2	7342,8	2882,7	2487,7
Mínimo	977,6	771,4	257,6	869,5	1026,0	714,7

Tabela F. 6: Vazões Mínimas Sazonais- “Estação de Inverno”

Ano	Tete (320) m³/s	Matundo Cais (387) m³/s	Zumbo (310) m³/s	Katima Mulilo (68017) m³/s	Senanga (2-030) m³/s	Lukuku (2-400) m³/s
1943	2637,1	2985,1	958,9	198,4	1,5	2,3
1944	2648,2	3002,1	964,7	207,6	32,7	35,5
1945	2643,3	2994,6	962,1	203,6	19,2	22,2
1946	2634,8	2981,5	957,6	196,5	0,0	0,0
1947	2645,1	2997,4	963,1	205,1	24,3	27,2
1948	2730,7	3130,4	1007,0	274,4	226,1	197,7
1949	2634,8	2981,5	957,6	196,5	0,0	0,0
1950	2672,1	3039,3	977,2	227,3	337,5	184,3
1951	2648,5	3002,6	964,8	207,9	371,3	214,1
1952	2634,9	2981,6	957,7	196,6	341,1	210,1
1953	2724,0	3120,0	1003,7	269,1	378,7	203,9
1954	2725,9	3122,9	1004,6	270,5	310,7	203,9
1955	2778,4	3205,3	1030,7	311,7	315,9	210,0
1956	2786,4	3217,9	1034,6	317,9	367,4	290,3
1957	2779,7	3207,3	1031,3	312,7	355,7	292,1
1958	2777,2	3203,4	1030,1	310,8	319,1	266,0
1959	2777,2	3203,4	1030,1	310,8	289,2	221,3
1960	2778,1	339,9	1030,5	311,5	313,6	148,7
1961	2958,1	674,1	1115,3	311,2	387,7	299,6
1962	3438,0	1044,0	1314,6	309,4	455,7	353,0
1963	3196,0	950,7	1218,2	309,9	471,7	360,1
1964	917,7	669,5	1048,7	287,5	394,7	293,3
1965	901,6	652,7	1037,3	281,2	402,2	296,7
1966	764,4	514,7	1038,6	291,0	380,1	288,7
1967	880,1	630,4	1028,3	265,2	325,5	273,3
1968	825,1	574,6	1064,2	329,2	396,8	363,9
1969	2348,9	2589,3	1343,7	426,4	498,3	442,3
1970	1115,1	886,3	1098,7	361,0	384,5	346,3
1971	1215,0	1002,7	1691,2	378,2	203,8	322,0
1972	1152,9	929,8	1853,6	340,4	295,9	289,4
1973	1273,0	1072,4	1467,0	240,2	224,8	223,8
1974	1113,8	884,8	2131,6	284,0	248,0	284,1
1975	1453,2	1297,5	2234,2	331,0	296,0	343,9
1976	790,7	540,4	2377,3	447,0	445,5	381,8
1977	1167,7	947,1	2000,7	372,6	347,1	353,9
1978	1791,2	1752,9	1929,2	419,9	362,9	370,3
1979	1414,6	1248,1	833,1	443,5	150,2	400,5
1980	1582,1	1734,5	833,1	378,2	340,0	348,6
1981	1665,5	1908,3	833,1	341,4	304,2	307,9
1982	1722,0	1656,3	833,1	329,5	166,9	285,2

1983	1353,2	953,5	833,1	257,1	239,2	247,6
1984	1193,4	973,1	1555,1	251,0	271,9	195,7
1985	934,3	686,2	1083,5	261,9	251,3	219,8
1986	1362,2	1158,0	1941,1	304,5	311,5	267,2
1987	860,4	665,6	1885,8	286,5	293,0	263,3
1988	1583,7	1413,6	1833,2	276,9	266,4	262,7
1989	1463,8	1260,1	1834,5	317,2	307,8	245,0
1990	1195,2	1014,6	1647,3	257,0	252,9	224,8
1991	889,7	678,4	1587,0	240,4	239,1	198,4
1992	892,9	681,6	1320,6	212,0	47,4	49,4
1993	889,7	678,4	21,1	245,5	224,4	145,4
1994	846,6	633,9	532,6	204,9	206,1	67,2
1995	1131,5	941,5	37,8	151,2	179,0	149,0
1996	1300,4	1138,2	1344,3	149,5	175,9	141,1
1997	626,0	420,0	269,0	164,2	207,9	156,0
1998	1156,4	969,9	39,1	210,9	250,0	216,2
1999	1293,9	1130,5	328,0	209,6	207,5	183,2
2000	1444,3	1313,3	414,5	175,0	220,2	193,1
2001	1907,1	1918,7	308,0	226,3	271,8	232,8
2002	1321,9	1164,0	195,6	216,3	179,0	160,7
2003	1261,5	1092,1	412,9	216,6	261,9	195,7
2004	1803,5	1778,0	462,5	240,1	272,1	216,1
2005	1689,5	1626,5	809,6	200,6	9,0	11,3
2006	1906,4	1917,8	1271,3	207,6	32,7	35,5
2007	1842,7	1830,9	1010,3	266,5	206,1	182,1
2008	2090,5	2174,6	1252,8	203,1	17,6	20,5
2009	2093,3	2178,6	653,4	255,0	175,3	157,7
2010	1682,2	1616,9	1446,0	306,0	301,7	255,4
2011	1385,9	1241,5	1503,6	302,3	293,4	249,2
2012	1660,8	1588,9	1321,1	305,1	299,7	253,9
2013	1772,7	1736,7	1408,3	244,3	145,7	133,8
2014	1669,5	1600,3	1746,8	282,1	245,4	212,6
2015	1883,6	1886,5	1303,6	279,0	237,8	206,8
2016	1784,8	1752,8	1006,4			
Média	1763,7	1631,0	1119,1	273,1	254,6	217,9
Máximo	3438,0	3217,9	2377,3	447,0	498,3	442,3
Mínimo	626,0	339,9	21,1	149,5	0,0	0,0

APÊNDICE G
GRÁFICOS DE AUTOCORRELAÇÃO

Figura G.1: Gráficos de Autocorrelação

a) Correlogramas de logaritmos das Vazões Anuais

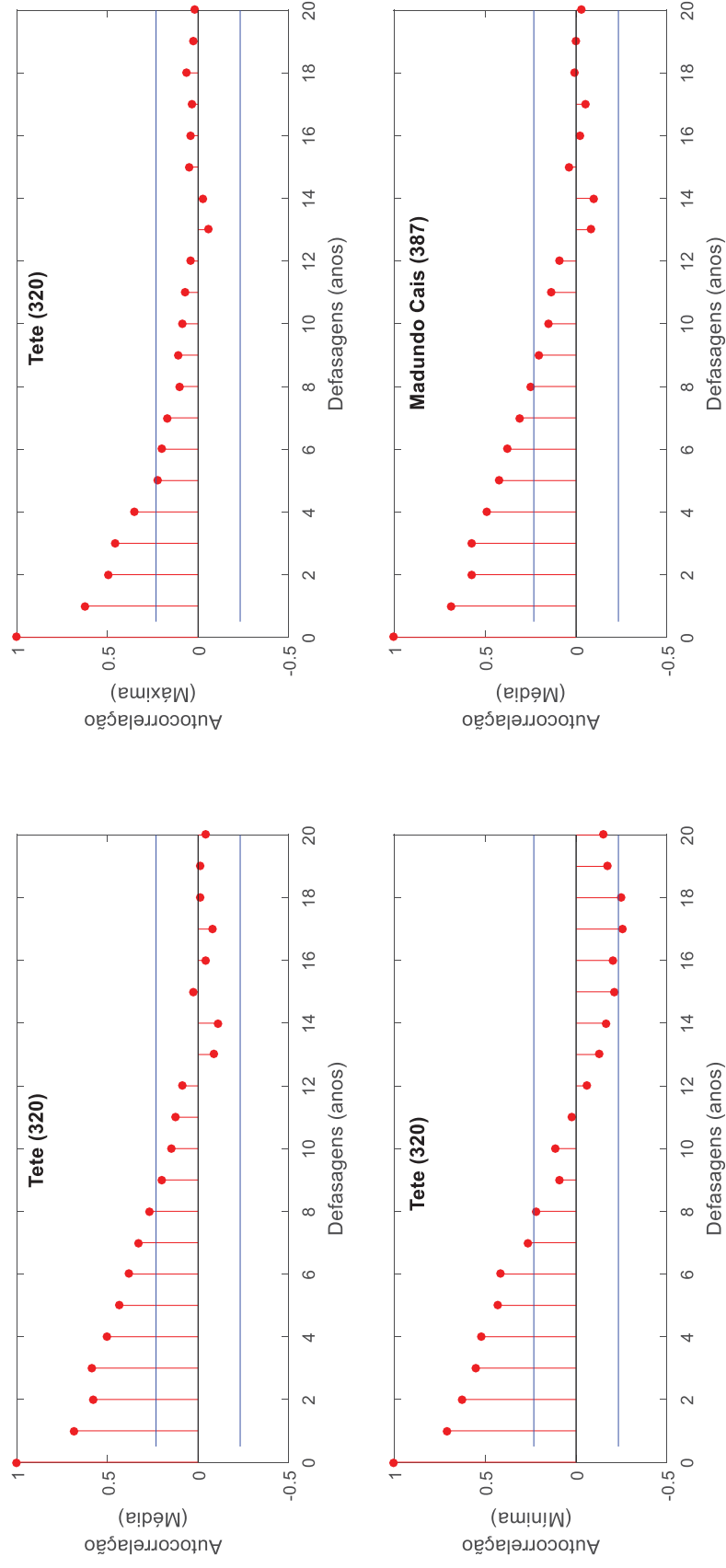


Figura G.1: Gráficos de Autocorrelação (continuação)

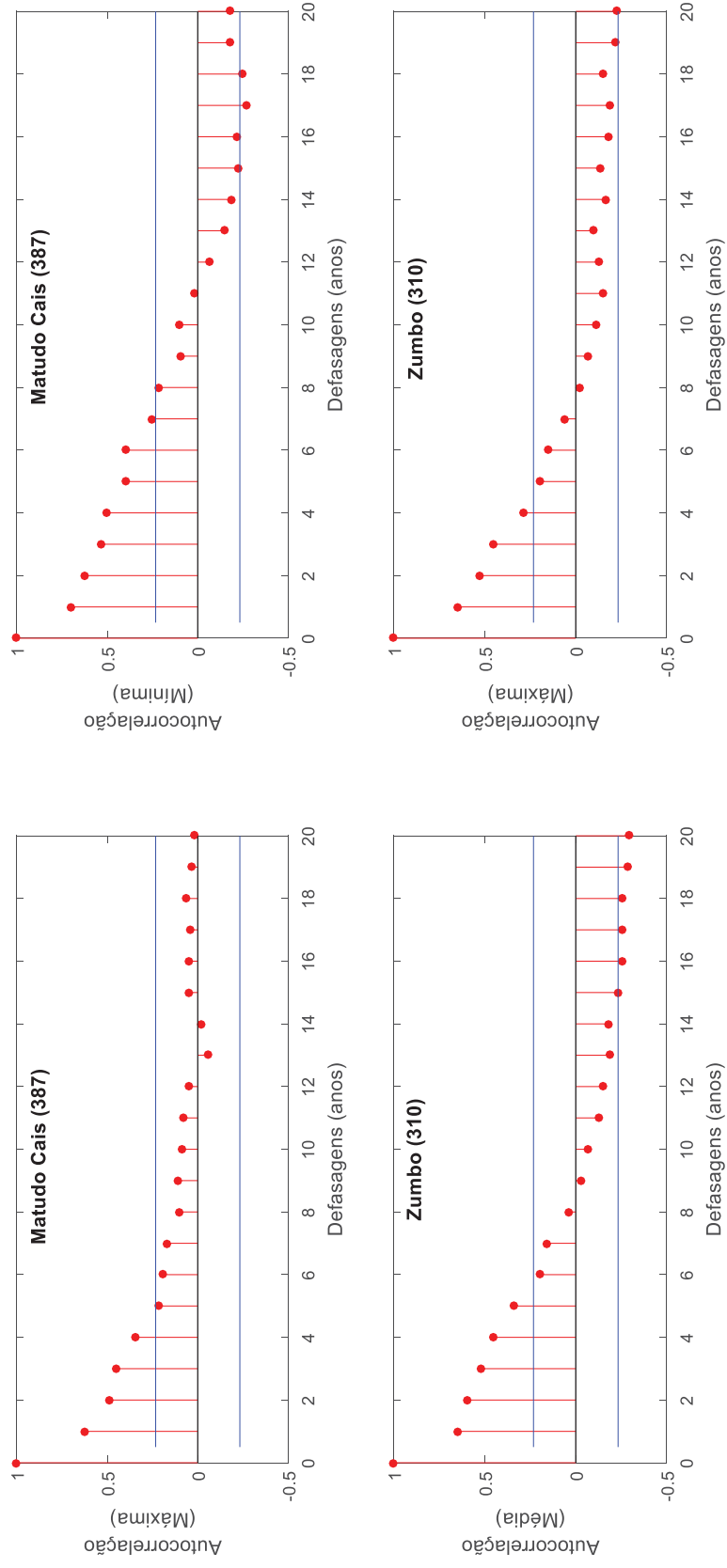


Figura G.1: Gráficos de Autocorrelação (continuação)

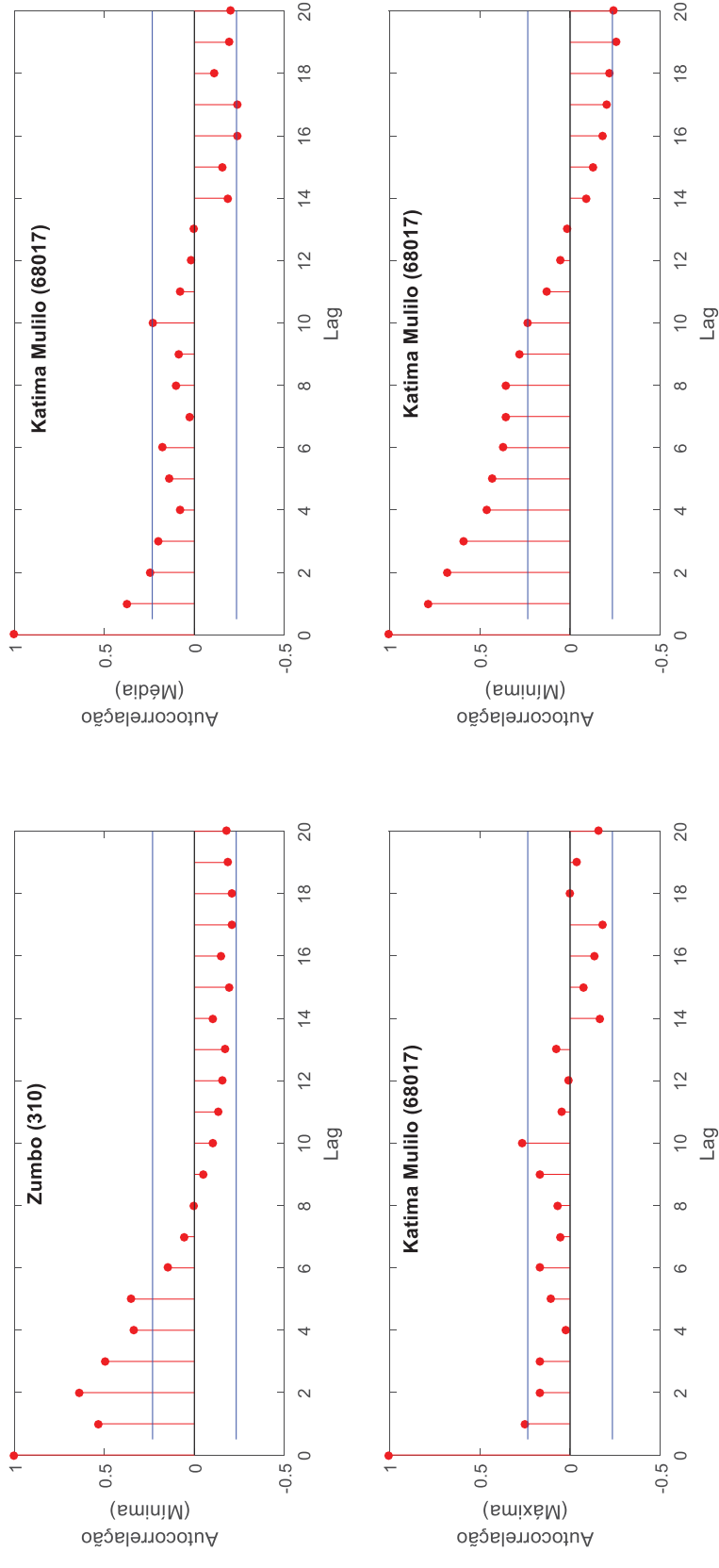


Figura G.1: Gráficos de Autocorrelação (continuação)

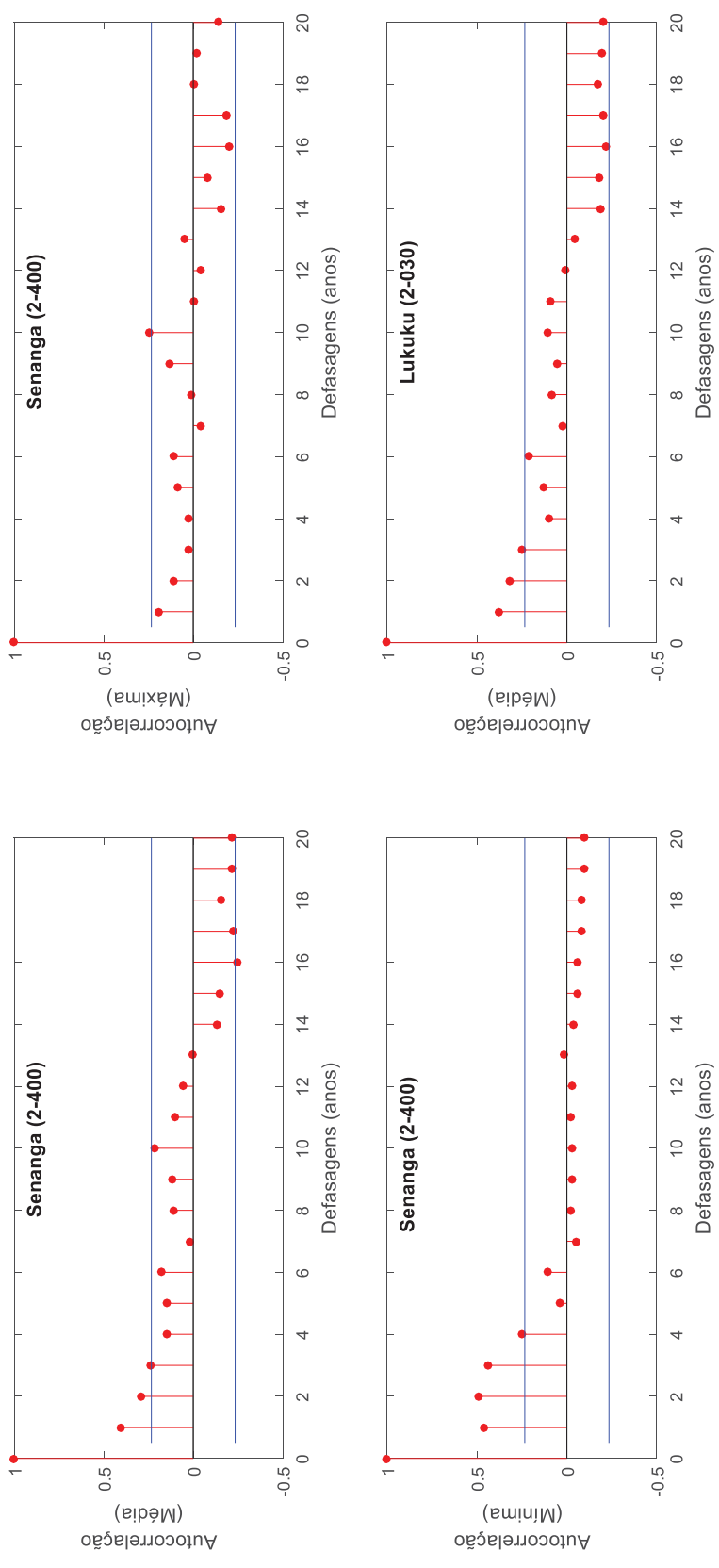


Figura G.1: Gráficos de Autocorrelação (continuação)

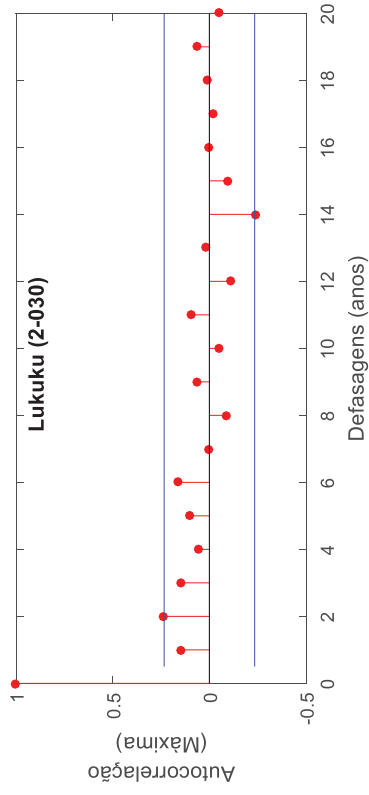
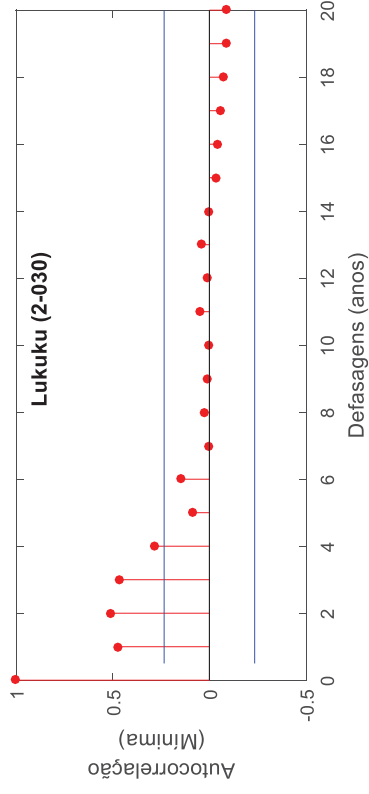


Figura G.1: Gráficos de Autocorrelação (continuação)
 b) Correlogramas de Vazões Sazonais- “Estação de Verão”

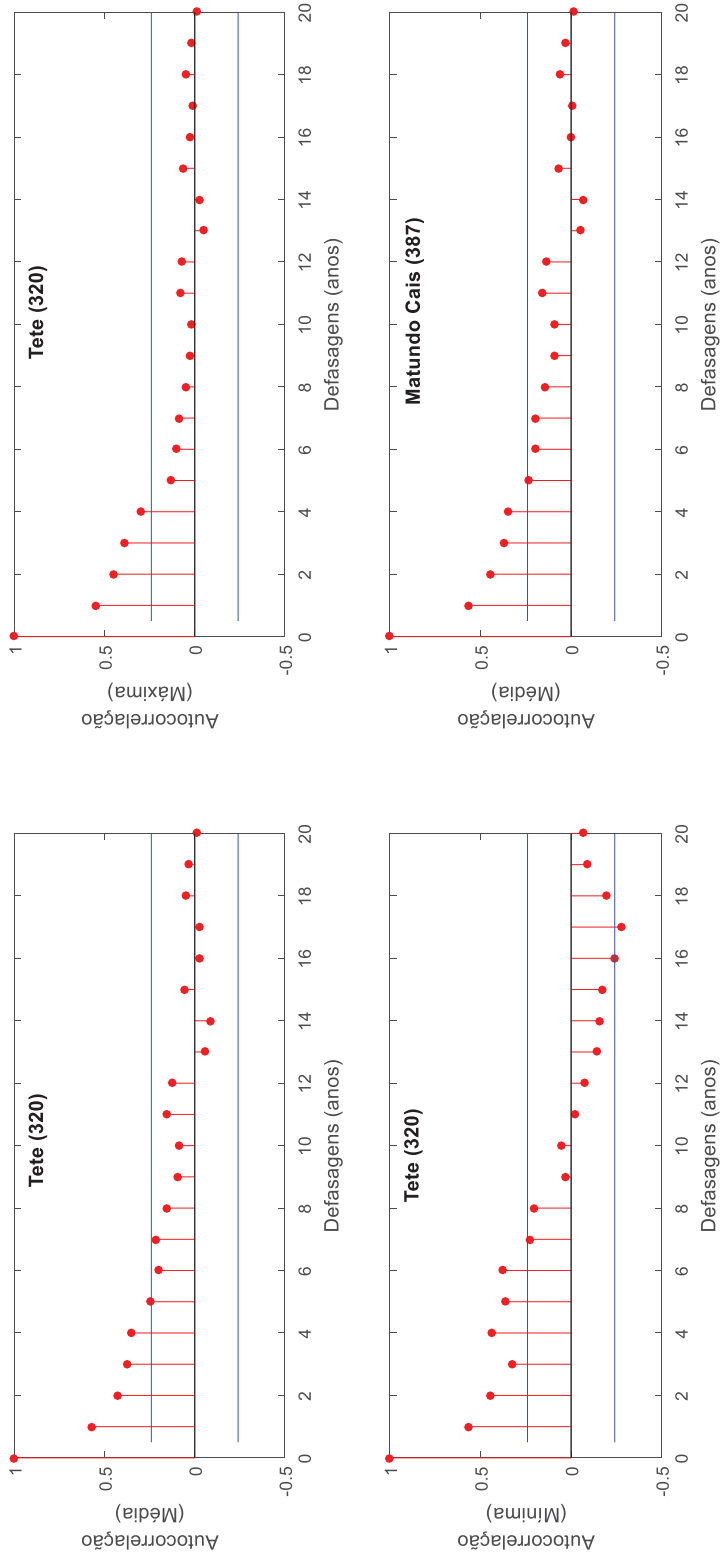


Figura G.1: Gráficos de Autocorrelação (continuação)

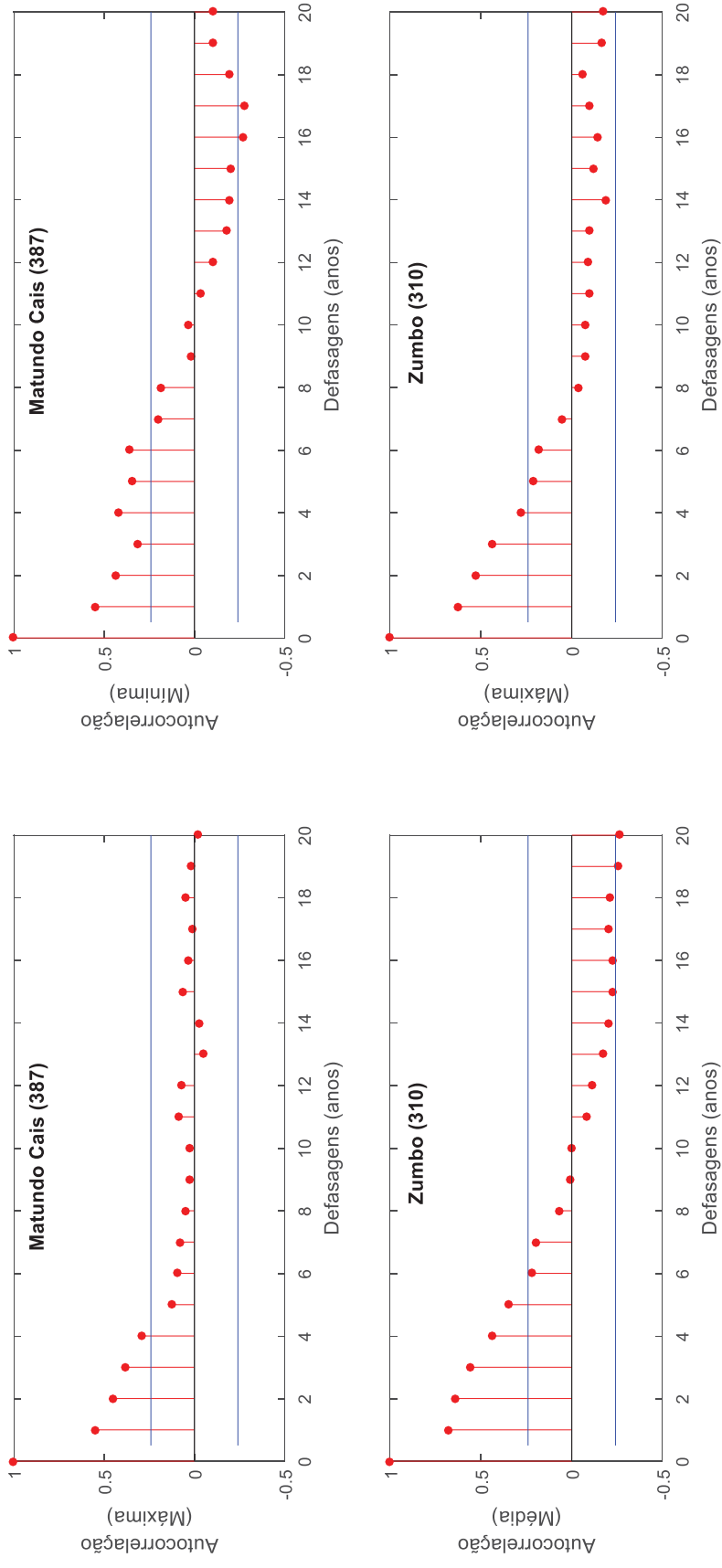


Figura G.1: Gráficos de Autocorrelação (continuação)

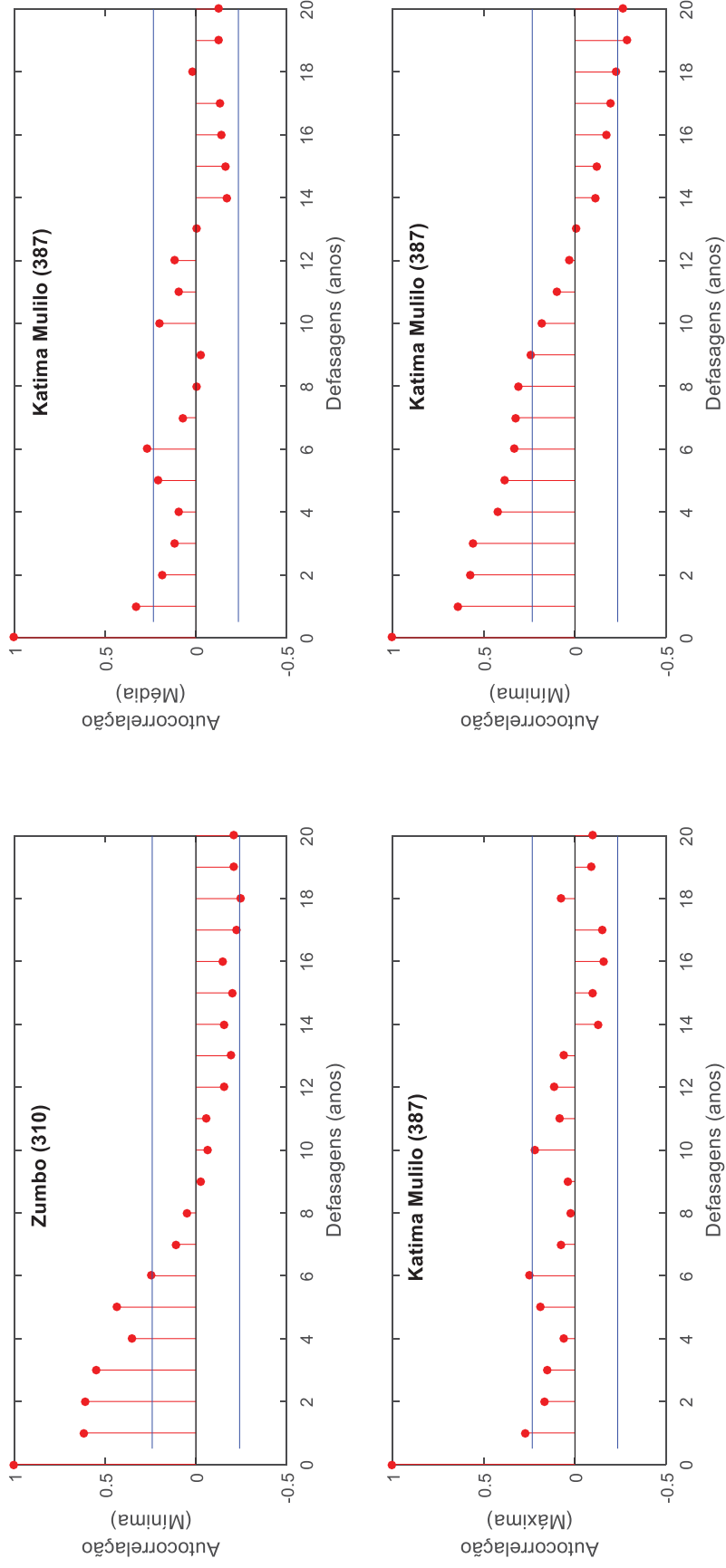


Figura G.1: Gráficos de Autocorrelação (continuação)

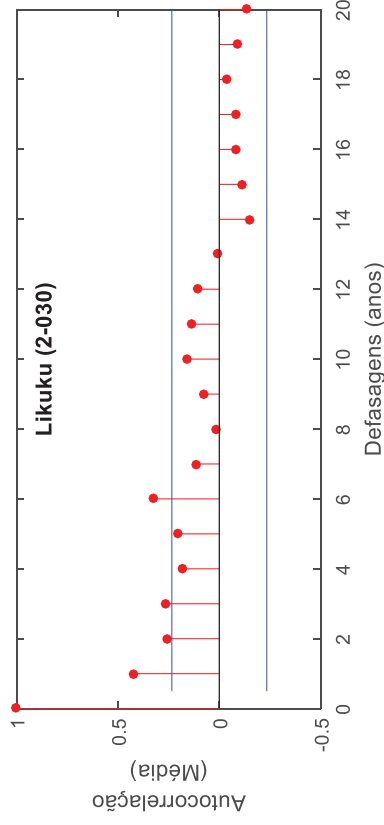
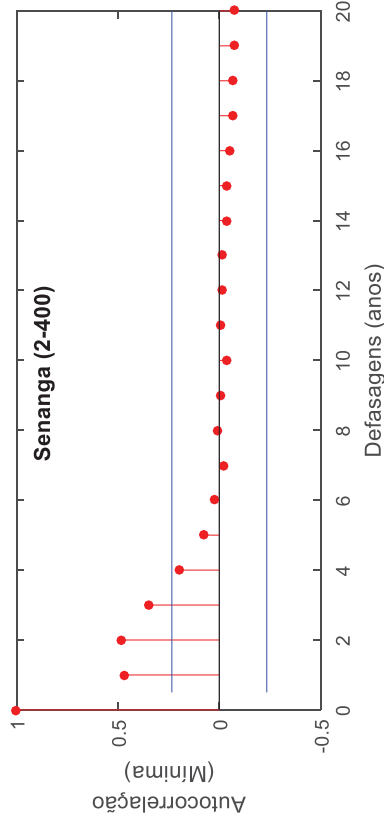
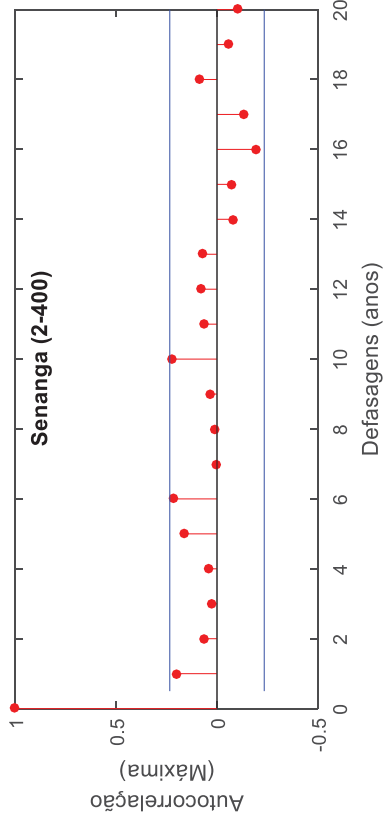
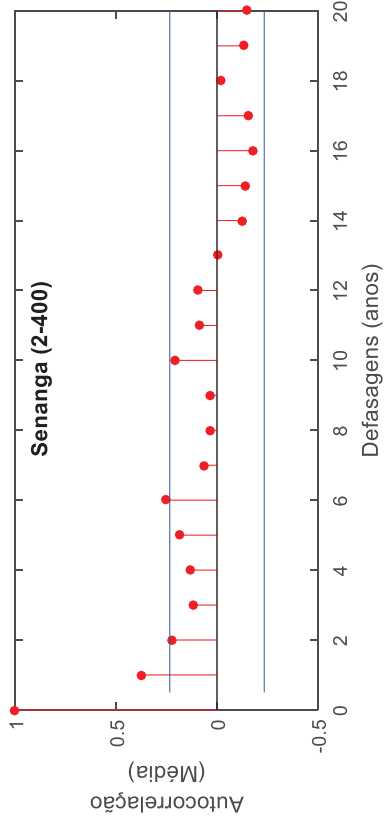


Figura G.1: Gráficos de Autocorrelação (continuação)

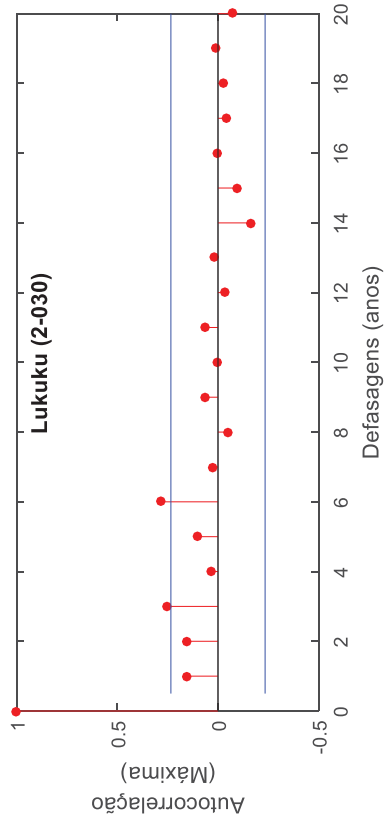
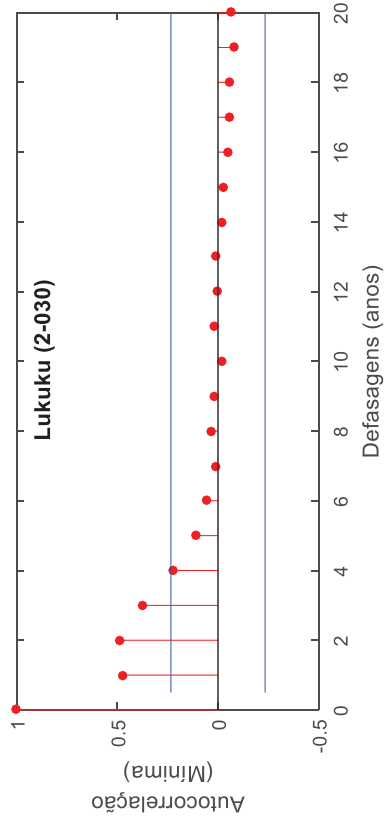


Figura G.1: Gráficos de Autocorrelação (continuação)

c) Correlogramas de Vazões Sazonais- “Estação de Inverno”

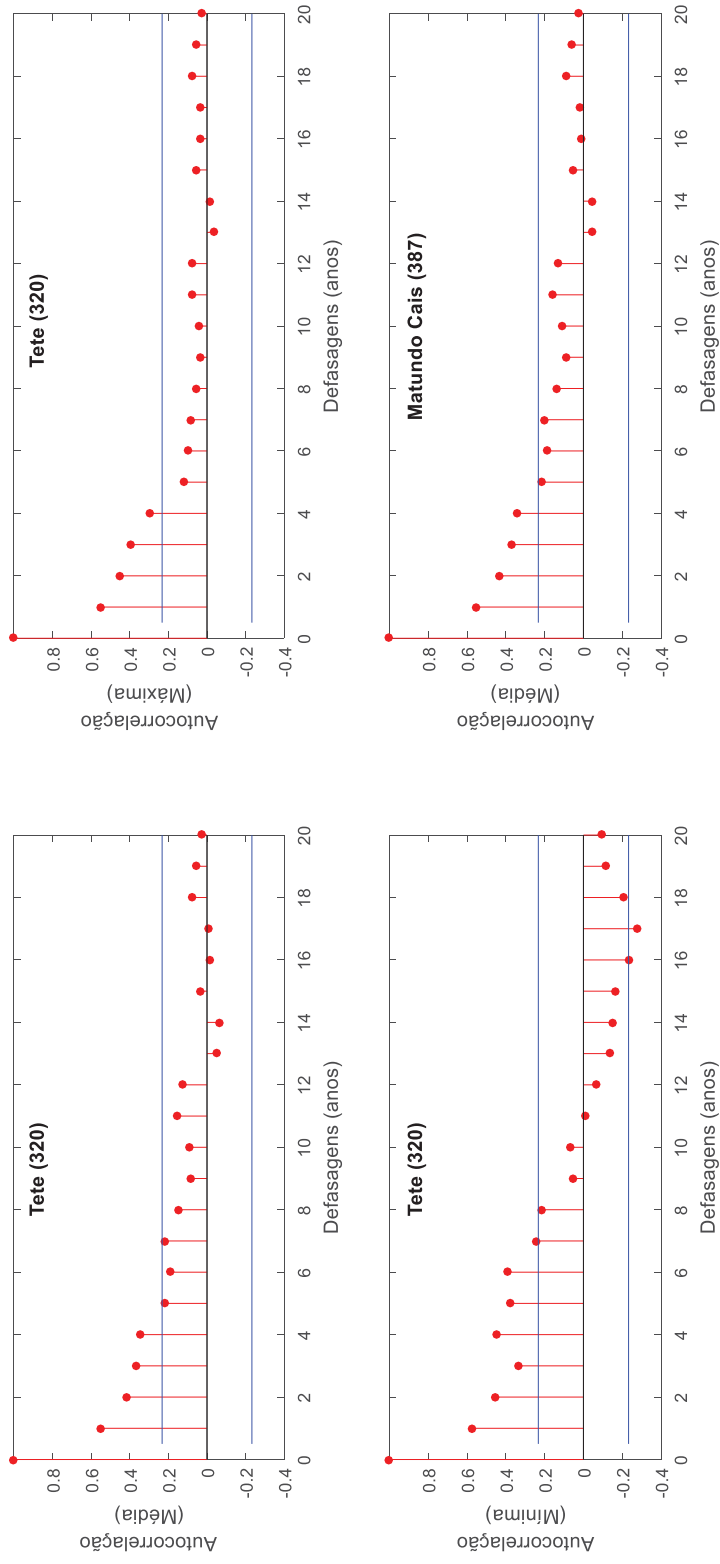


Figura G.1: Gráficos de Autocorrelação (continuação)

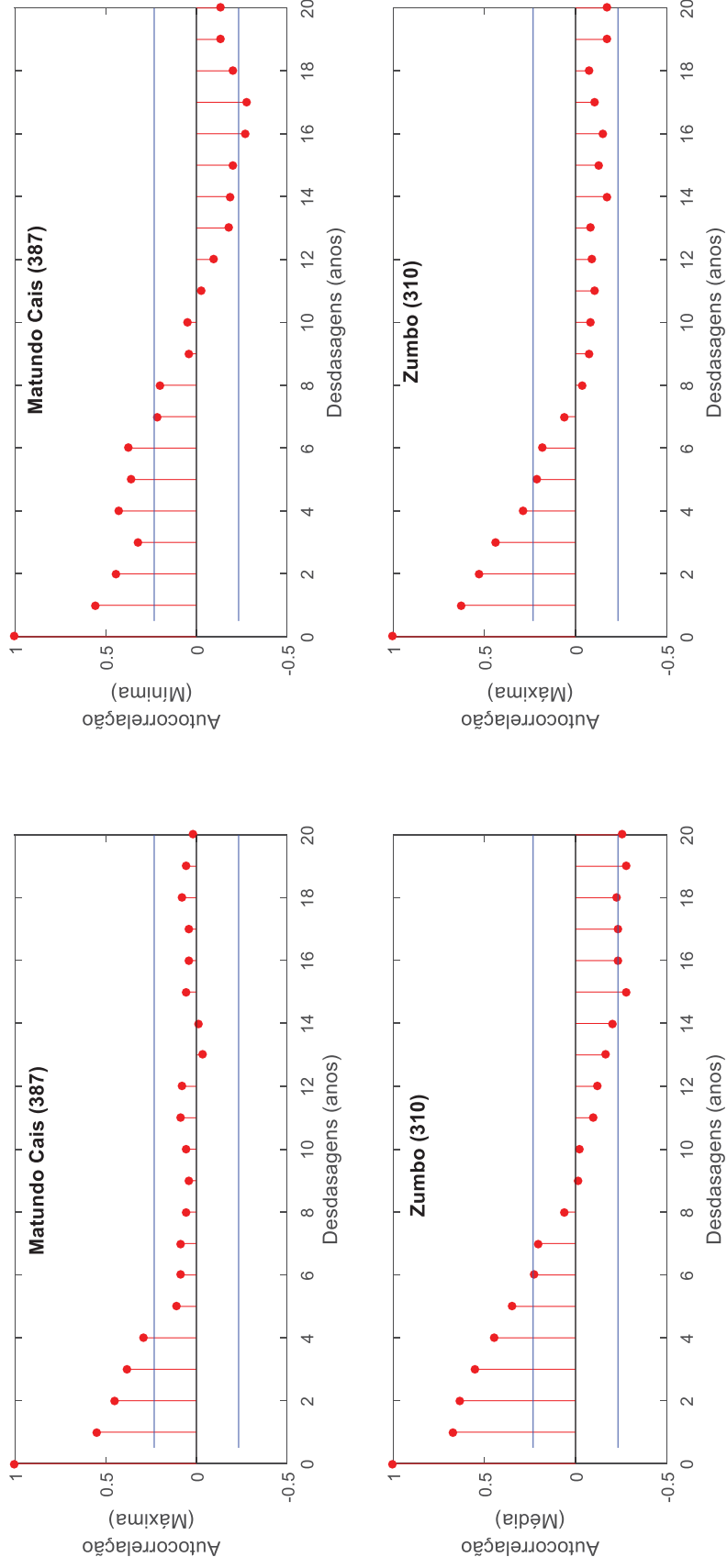


Figura G.1: Gráficos de Autocorrelação (continuação)

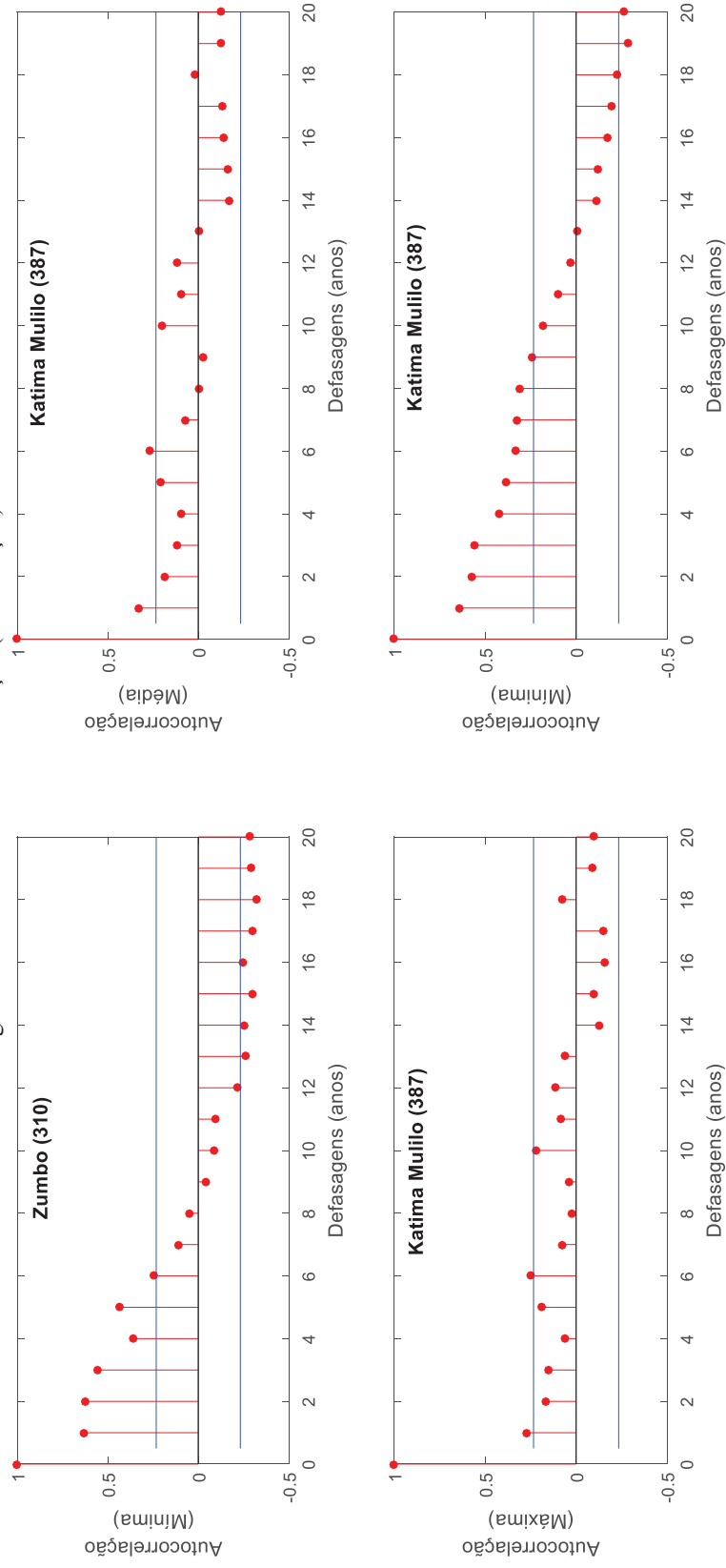


Figura G.1: Gráficos de Autocorrelação (continuação)

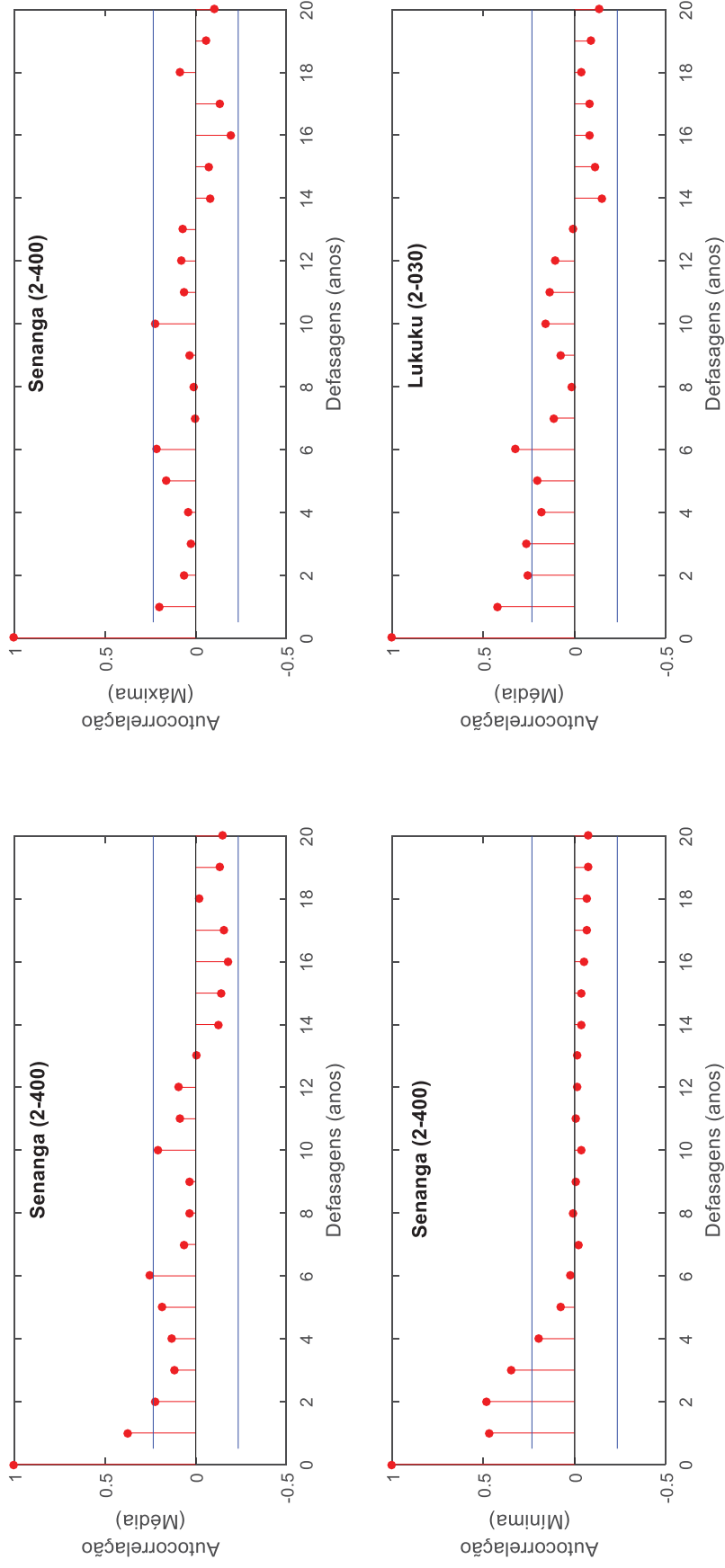
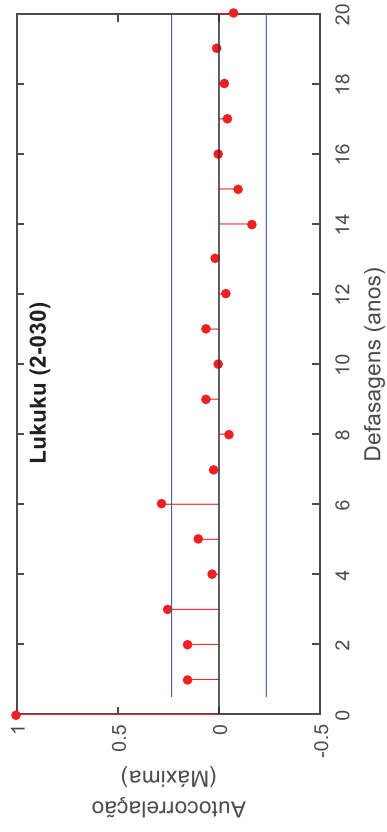
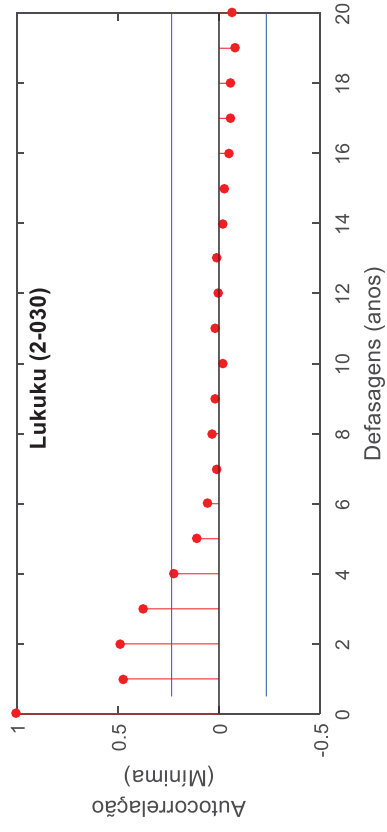


Figura G.1: Gráficos de Autocorrelação (continuação)



APÊNDICE H
RESULTADOS DOS TESTES ESTATÍSTICOS APLICADOS

Testes de Normalidade

Tabela H.1: Testes de Normalidade de vazões

Teste	Tete (320)			Matundo Cais (387)			Zumbo (310)		
	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
P Valores de Vazões Anuais									
Kolmogorov-Smirnov-KS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Anderson-Darling -AD	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,305	0,363	0,004
Shapiro-Wilk-SW	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,358	0,168	0,037
P valores de vazões Sazonais- "Estação de Verão"									
Kolmogorov-Smirnov-KS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Anderson-Darling -AD	0,001	0,001	0,009	0,001	0,001	0,002	0,007	0,287	0,008
Shapiro-Wilk-SW	0,000	0,000	0,007	0,000	0,000	0,001	0,012	0,066	0,027
P valores Vazões Sazonais- "Estação de Inverno"									
Kolmogorov-Smirnov-KS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Anderson-Darling -AD	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,305	0,363	0,004
Shapiro-Wilk-SW	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,358	0,168	0,037

Tabela H.2: Testes de Normalidade de vazões

Teste de Normalidade	Katima Mulilo (68017)			Senanga (2-400)			Lukuku (2-030)		
	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
	P Valores de Vazões Anuais								
Kolmogorov-Smirnov-KS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Anderson-Darling -AD	0,772	0,252	0,105	0,729	0,013	0,001	0,237	0,689	0,263
Shapiro-Wilk-SW	0,540	0,216	0,087	0,639	0,033	0,000	0,220	0,618	0,198
	P valores de vazões Sazonais - "Estação de Verão"								
Kolmogorov-Smirnov-KS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Anderson-Darling -AD	0,001	0,006	0,001	0,719	0,023	0,028	0,237	0,689	0,263
Shapiro-Wilk-SW	0,001	0,002	0,000	0,604	0,047	0,024	0,220	0,618	0,198
	P valores Vazões Sazonais - "Estação de Inverno"								
Kolmogorov-Smirnov-KS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Anderson-Darling -AD	0,924	0,199	0,071	0,281	0,214	0,002	0,515	0,270	0,007
Shapiro-Wilk-SW	0,838	0,224	0,051	0,199	0,194	0,003	0,442	0,250	0,011

Tabela H.3: Testes de Normalidade de logaritmos de vazões

Teste de Normalidade	Tete (320)			Matundo Cais (387)			Zumbo (310)		
	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
P Valores de Vazões Anuais									
Kolmogorov-Smirnov-KS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Anderson-Darling -AD	0,001	0,001	0,020	0,001	0,001	0,018	0,009	0,001	0,001
Shapiro-Wilk-SW	0,002	0,000	0,009	0,001	0,000	0,009	0,008	0,000	0,000
P valores de vazões Sazonais - "Estação de Verão"									
Kolmogorov-Smirnov-KS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Anderson-Darling -AD	0,013	0,001	0,033	0,004	0,001	0,028	0,001	0,001	0,001
Shapiro-Wilk-SW	0,006	0,000	0,042	0,002	0,000	0,044	0,001	0,000	0,000
P valores Vazões Sazonais - "Estação de Inverno"									
Kolmogorov-Smirnov-KS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Anderson-Darling -AD	0,001	0,001	0,020	0,001	0,001	0,011	0,003	0,001	0,001
Shapiro-Wilk-SW	0,004	0,000	0,008	0,003	0,000	0,006	0,000	0,001	0,000

Tabela H.4: Testes de Normalidade de logaritmos de vazões

Teste de Normalidade	Katima Mulilo (68017)			Senanga (2-400)			Lukuku (2-030)		
	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
P Valores de Vazões Anuais									
Kolmogorov-Smirnov-KS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Anderson-Darling -AD	0,086	0,001	0,144	0,001	0,001	0,001	0,017	0,297	0,001
Shapiro-Wilk-SW	0,051	0,002	0,301	0,000	0,000	0,000	0,003	0,228	0,000
P valores de vazões Sazonais_ "Estação de Verão"									
Kolmogorov-Smirnov-KS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Anderson-Darling -AD	0,587	0,008	0,065	0,526	0,001	0,001	0,330	0,285	0,001
Shapiro-Wilk-SW	0,482	0,012	0,127	0,520	0,001	0,000	0,227	0,243	0,000
P valores Vazões Sazonais - "Estação de Inverno"									
Kolmogorov-Smirnov-KS	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Anderson-Darling -AD	0,044	0,001	0,177	0,001	0,001	0,001	0,015	0,281	0,001
Shapiro-Wilk-SW	0,036	0,003	0,314	0,000	0,001	0,000	0,003	0,318	0,000

Teste de Estacionariedade

Tabela H.5: Teste de Estacionariedade- Vazões Anuais (Postos com influência de reservatórios)

Teste Estatístico	Divisão	Tete (320)			Matundo Cais (387)			Zumbo (310)		
		Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
P Valores de Vazões Anuais										
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW		0,000	0,000	0,074	0,000	0,000	0,088	0,336	0,820	0,162
t-test Student-TT	1943-1979	0,000	0,001	0,026	0,001	0,003	0,020	0,459	0,727	0,061
Correlação de Spearman-CS	1980-2016	0,170	0,109	0,083	0,153	0,086	0,212	0,117	0,871	0,047
F-Snedecor-FS		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,578	0,004	0,009
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1959	0,000	0,010	0,000	0,000	0,012	0,000	0,001	0,068	0,168
F-Snedecor-FS	1960-2016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,025	0,463	0,000
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1974	0,000	0,002	0,064	0,000	0,001	0,073	0,006	0,057	0,939
F-Snedecor-FS	1975-2016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,130	0,192	0,000
P valores de Vazões sazonais- "Estação de Verão"										
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW		0,000	0,000	0,074	0,000	0,000	0,088	0,074	0,206	0,482
t-test Student-TT	1943-1979	0,000	0,001	0,026	0,001	0,003	0,020	0,027	0,153	0,410
Correlação de Spearman-CS	1980-2016	0,170	0,109	0,083	0,153	0,086	0,212	0,021	0,194	0,027
F-Snedecor-FS		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,770	0,011	0,011
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1959	0,000	0,010	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,018	0,043
F-Snedecor-FS	1960-2016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,070	0,265	0,000
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1974	0,000	0,002	0,064	0,000	0,001	0,073	0,001	0,009	0,277
F-Snedecor-FS	1975-2016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,350	0,032	0,000
P valores de Vazões sazonais- "Estação de Inverno"										
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW		0,000	0,000	0,114	0,000	0,000	0,157	0,922	0,545	0,298

t-test Student-TT	1943-1979	0,000	0,000	0,027	0,000	0,000	0,820	0,471	0,093
Correlação de Spearman-CS	1980-2016	0,105	0,830	0,072	0,127	0,771	0,111	0,511	0,172
F-Snedecor-FS		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,801	0,110	0,117
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1959	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,143	0,045
F-Snedecor-FS	1960-2016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,011	0,651	0,000
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1974	0,001	0,000	0,041	0,001	0,000	0,057	0,268	0,810
F-Snedecor-FS	1975-2016	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,037	0,785	0,000

Tabela H.6: Teste de Estacionariedade- Vazões Anuais (Postos sem influência dos reservatórios)

Teste Estatístico	Divisão	Katima Muillo (68017)			Senanga (2-400)			Lukuku (2-030)		
		Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
P Valores de Vazões Anuais										
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW		0,015	0,003	0,004	0,028	0,046	0,001	0,005	0,009	0,003
t-test Student-TT	1943-1979	0,021	0,003	0,013	0,039	0,036	0,180	0,027	0,084	0,084
Correlação de Spearman-CS	1980-2016	0,661	0,395	0,006	0,360	0,595	0,235	0,008	0,010	0,021
F-Snedecor-FS		0,732	0,339	0,139	0,440	0,886	0,870	0,091	0,737	0,019
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1959	1,000	0,258	0,120	0,959	0,329	0,559	0,264	0,777	0,062
F-Snedecor-FS	1960-2016	0,438	0,960	0,248	0,919	0,868	0,579	0,914	0,866	0,419
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1974	0,287	0,066	0,183	0,131	0,103	0,020	0,136	0,112	0,138
F-Snedecor-FS	1975-2016	0,820	0,738	0,468	0,227	0,655	0,788	0,234	0,915	0,288

P valores de Vazões sazonais- "Estação de Verão"

Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW		0,013	0,006	0,004	0,014	0,035	0,001	0,005	0,009	0,003
t de Student-t	1943-1979	0,027	0,010	0,021	0,023	0,029	0,060	0,027	0,084	0,084
Correlação de Spearman-CS	1980-2016	0,542	0,383	0,114	0,221	0,578	0,220	0,008	0,010	0,021

F-Snedecor-FS	0,236	0,296	0,828	0,265	0,901	0,018	0,091	0,737	0,019
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1959	0,690	0,194	0,280	0,939	0,298	0,264	0,777	0,062
F-Snedecor-F	1960-2016	0,844	0,450	0,035	0,848	0,871	0,121	0,866	0,419
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1974	0,101	0,039	0,121	0,084	0,084	0,018	0,136	0,138
F-Snedecor-F	1975-2016	0,115	0,134	0,088	0,140	0,649	0,211	0,234	0,288

P valores de Vazões Sazonais - "Estação de Inverno"

Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW		0,066	0,023	0,006	0,011	0,066	0,00	0,417	0,243	0,006
t de Student-t	1943-1979	0,045	0,017	0,011	0,022	0,075	0,033	0,266	0,224	0,084
Correlação de Spearman-CS	1980-2016	0,849	0,152	0,009	0,830	0,778	0,030	0,212	0,889	0,001
F-Snedecor-F		0,603	0,506	0,083	0,941	0,186	0,001	0,801	0,846	0,009
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1959	0,441	0,949	0,083	0,847	0,979	0,777	0,146	0,190	0,010
F-Snedecor-F	1960-2016	0,548	0,368	0,157	0,726	0,275	0,024	0,928	0,179	0,486
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1974	0,748	0,308	0,310	0,171	0,398	0,004	0,475	0,739	0,297
F-Snedecor-F	1975-2016	0,302	0,720	0,235	0,946	0,250	0,004	0,583	0,502	0,153

Tabela H.7: Teste de Estacionariedade- Logaritmos de Vazões (Postos com influência dos reservatórios)

Teste Estatístico	Divisão	Tete (320)			Matundo Cais (387)			Zumbo (320)		
		Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
P valores de Vazões Anuais										
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW		0,000	0,000	0,127	0,000	0,000	0,157	0,336	0,820	0,162
t de Student-t	1943-1979	0,000	0,000	0,089	0,000	0,000	0,135	0,456	0,151	0,006
Correlação de Spearman-CS	1980-2016	0,527	0,141	0,255	0,707	0,153	0,331	0,117	0,871	0,046
F-Snedecor-F		0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,842	0,000	0,000
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1959	0,000	0,002	0,000	0,000	0,002	0,000	0,001	0,068	0,168

F-Snedecor-F	1960-2016	0,028	0,000	0,000	0,011	0,000	0,000	0,239	0,010	0,000
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1974	0,000	0,001	0,054	0,000	0,000	0,064	0,006	0,057	0,939
F-Snedecor-F	1975-2016	0,001	0,000	0,000	0,001	0,000	0,000	0,261	0,000	0,000
P valores de vazões sazonais- "Estação de Verão"										
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW		0,000	0,000	0,074	0,000	0,000	0,088	0,074	0,206	0,482
t de Student-t	1943-1979	0,000	0,000	0,155	0,000	0,000	0,242	0,022	0,017	0,035
Correlação de Spearman-CS	1980-2016	0,170	0,109	0,083	0,153	0,086	0,212	0,021	0,194	0,027
F-Snedecor-F		0,014	0,000	0,000	0,007	0,001	0,000	0,798	0,000	0,000
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1959	0,000	0,010	0,000	0,000	0,012	0,000	0,000	0,018	0,043
F-Snedecor-F	1960-2016	0,029	0,000	0,000	0,009	0,000	0,000	0,399	0,022	0,000
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1974	0,000	0,002	0,064	0,000	0,001	0,073	0,001	0,009	0,277
F-Snedecor-F	1975-2016	0,010	0,000	0,000	0,005	0,001	0,000	0,735	0,000	0,000
P valores de vazões sazonais- "Estação de Inverno"										
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW		0,000	0,000	0,114	0,000	0,000	0,157	0,922	0,545	0,298
t de Student-t	1943-1979	0,000	0,000	0,125	0,000	0,000	0,174	0,590	0,773	0,012
Correlação de Spearman-CS	1980-2016	0,105	0,830	0,072	0,127	0,771	0,111	0,357	0,511	0,172
F-Snedecor-F		0,001	0,000	0,003	0,000	0,000	0,003	0,054	0,534	0,000
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1959	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,006	0,143	0,045
F-Snedecor-F	1960-2016	0,103	0,000	0,000	0,060	0,000	0,000	0,031	0,598	0,000
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1974	0,001	0,000	0,041	0,001	0,000	0,057	0,058	0,268	0,810
F-Snedecor-F	1975-2016	0,001	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,006	0,890	0,000

Tabela H.8: Teste de Estacionariedade- Logaritmos de Vazões (Postos sem influência de reservatórios)

Teste	Divisão	Katima Mulilo (68017)			Senanga (2-400)			Lukuku (2-030)		
		Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
P Valores de Vazões Anuais										
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW		0,015	0,003	0,004	0,012	0,035	0,000	0,056	0,019	0,003
t-test Student-t	1943-1979	0,022	0,007	0,017	0,030	0,039	0,694	0,080	0,082	0,723
Correlação de Spearman-CS	1980-2016	0,661	0,380	0,006	0,545	0,861	0,074	0,511	0,054	0,000
F-Snedecor-F		0,669	0,718	0,708	0,867	0,281	0,000	0,548	0,654	0,001
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1959	1,000	0,258	0,120	0,928	0,589	0,852	0,139	0,700	0,020
F-Snedecor-F	1960-2016	0,979	0,733	0,409	0,315	0,964	0,000	0,641	0,708	0,000
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1974	0,282	0,066	0,183	0,148	0,189	0,002	0,723	0,224	0,190
F-Snedecor-F	1975-2016	0,557	0,703	0,351	0,636	0,495	0,000	0,865	0,707	0,000
P valores de Vazões sazonais "Estação de Verão"										
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW		0,013	0,006	0,004	0,013	0,035	0,000	0,005	0,009	0,002
t-test Student-t	1943-1979	0,021	0,011	0,019	0,032	0,034	0,615	0,053	0,094	0,663
Correlação de Spearman-CS	1980-2016	0,542	0,379	0,104	0,208	0,575	0,206	0,007	0,009	0,017
F-Snedecor-F		0,954	0,934	0,604	0,670	0,625	0,000	0,207	0,719	0,000
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1959	0,690	0,194	0,280	0,928	0,298	0,603	0,269	0,777	0,067
F-Snedecor-F	1960-2016	0,875	0,598	0,195	0,523	0,843	0,000	0,312	0,233	0,000
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1974	0,098	0,039	0,119	0,082	0,084	0,012	0,134	0,112	0,116
F-Snedecor-F	1975-2016	0,778	0,735	0,092	0,415	0,934	0,000	0,296	0,560	0,000
P valores de Vazões sazonais "Estação de Inverno"										
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW		0,061	0,023	0,006	0,011	0,066	0,000	0,411	0,243	0,006

t de Student-t	1943-1979	0,047	0,021	0,016	0,039	0,067	0,800	0,293	0,244	0,806
Correlação de Spearman-CS	1980-2016	0,831	0,140	0,009	0,830	0,764	0,030	0,211	0,889	0,001
F-Snedecor-F		0,662	0,562	0,560	0,992	0,167	0,000	0,815	0,939	0,000
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1959	0,456	0,949	0,083	0,857	0,979	0,777	0,150	0,190	0,010
F-Snedecor-F	1960-2016	0,966	0,848	0,319	0,218	0,601	0,000	0,708	0,405	0,000
Mann-Whitney (Wilcoxon)-MW	1943-1974	0,723	0,303	0,310	0,168	0,398	0,004	0,482	0,739	0,297
F-Snedecor-F	1975-2016	0,314	0,419	0,226	0,829	0,272	0,000	0,570	0,677	0,000