

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

AVALIAÇÃO DE TENDÊNCIAS EM SÉRIES DE
PRECIPITAÇÃO DIÁRIA MÁXIMA ANUAL NA
FAIXA CENTRAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS

Marise Aparecida Queiroz

Belo Horizonte
2013

**AVALIAÇÃO DE TENDÊNCIAS EM SÉRIES DE
PRECIPITAÇÃO DIÁRIA MÁXIMA ANUAL NA FAIXA
CENTRAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Marise Aparecida Queiroz

Marise Aparecida Queiroz

**AVALIAÇÃO DE TENDÊNCIAS EM SÉRIES DE
PRECIPITAÇÃO DIÁRIA MÁXIMA ANUAL NA FAIXA
CENTRAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Recursos Hídricos

Linha de pesquisa: Modelagem de Processos Hidrológicos

Orientador: Eber José de Andrade Pinto

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2013



Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Engenharia
Programa de Pós-graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos
Hídricos

Dissertação intitulada “*Avaliação de tendências em séries de precipitação diária máxima anual na faixa central do estado de Minas Gerais*”, de autoria da mestranda Marise Aparecida Queiroz, aprovada pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Prof. Dr. Éber José de Andrade Pinto – Escola de Engenharia/UFMG – Orientador

Prof^a Ma. Taíza de Pinho Barroso Lucas – UNA BH

Prof^o Dr. Wellington Lopes de Assis – IGC/UFMG

Prof^o Dr. Wilson dos Santos Fernandes – Escola de Engenharia/UFMG

Belo Horizonte, 11 de dezembro de 2013.

Avenida Antônio Carlos, 6627- Escola de Engenharia - UFMG -Telefone: 31-34091882
Bloco 1, Sala 4619 - CEP 31270-901

AGRADECIMENTOS

A Deus, que ilumina meus passos.

A minha mãe, Marize Martins Queiroz, amiga de todas as horas, pelo seu apoio.

Ao meu pai, Mozart Vieira de Queiroz, embora não esteja entre nós, pela vida e por ter proporcionado meus estudos.

Ao meu companheiro, Anderson Perché, pela paciência e incentivo.

À SUDECAP, por ter permitido a realização deste trabalho.

Ao Ubiratan Soares de Sá, coordenador da SUDECAP, por ter incentivado meus estudos.

Ao orientador Éber José de Andrade Pinto, pelos ensinamentos transmitidos e pelo otimismo.

RESUMO

O presente trabalho procurou avaliar a presença de tendência em 36 séries de precipitações diárias selecionadas na faixa central do estado de Minas Gerais. Para tanto, analisou-se a presença de tendência nas séries temporais de índices de precipitação por meio do software Rclimdex; avaliou-se a presença de tendências nas séries de precipitação diárias máximas por ano hidrológico (Pdmah) e objetivou-se verificar a possível mudança da frequência nas séries de Pdmah. Também foram avaliadas as possíveis influências do El Niño Oscilação Sul e Oscilação Decadal do Pacífico sobre as Pdmah. A análise da presença de tendência nas séries temporais dos índices de precipitação indicou que o número de dias secos consecutivos, o número de dias com precipitação superiores ou iguais a 10 mm e a precipitação total por ano hidrológico não apresentam tendência na faixa central do estado de Minas Gerais. Nos índices de dias extremamente chuvosos (R99p), número de dias com precipitações superiores a 30 mm (R30mm), quantidade de precipitação máxima em 5 dias (Rx5d) e no índice de intensidade diária (Sdii) que apresentaram tendência significativa, predominou a positiva, sendo que a maior parte das estações com esses resultados estão localizadas em latitudes superiores a 19° Sul. Os testes de tendência de Mann-Kendall, de Spearman's Rho e de Regressão Linear indicaram que 8 estações apresentam tendências positivas significativas. Os resultados da análise de frequência para o período completo de dados, os primeiros e os últimos 30 anos de dados das séries, indicaram um comportamento dicotômico para as estações localizadas em latitudes maiores que 19° de latitude sul. As análises realizadas no estudo não permitem que se conclua de forma inequívoca a identificação de tendências ou padrões espaciais de variação das precipitações diárias máximas por ano hidrológico na faixa central de Minas Gerais, apenas indícios da ocorrência de tendências positivas nas latitudes superiores a 19° Sul. As análises realizadas neste estudo não permitem afirmar que essas anomalias estejam associadas diretamente às fases extremas do El Niño Oscilação Sul. Entretanto, resultados indicam uma possível influência da Oscilação Decadal do Pacífico na frequência das precipitações diárias máximas por ano hidrológico. Nos períodos de fase quente da ODP, parece haver uma tendência de maior frequência de valores mais elevados de Pdmah do que na fase fria.

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the presence of trend in 36 series of daily precipitation selected throughout the central area of the State of Minas Gerais. In order to do so, the presence of trend in time series data was analyzed using Rclimdex software; the presence of trend in the maximum daily precipitation series per hydrological year (Pdmah) was evaluated and a possible change in Pdmah series frequency was verified, as well as the possible influence of El Niño South Oscillation and the decadal Oscillation of the Pacific (PDO) on the Pdmah. The analysis of the presence of trend in the time series of precipitation index indicated that the number of consecutive dry days, the number of days with precipitation higher than or equal to 10 mm and the total precipitation per hydrological year does not present trend in the central area of Minas Gerais State. The index of extremely rainy days (R99p), number of days with precipitation over 30 mm (R30mm), quantity of maximum precipitation in 5 days (Rx5d) and the index of daily intensity (Sdii) that presented significant trend, predominated positive, being most of the stations that obtained such results are located in latitudes higher than 19° South. The Mann-Kendall, Spearman's Rho trend tests and the Linear Regression indicate that 8 stations present significant positive trend. The results of frequency analysis for the complete period of data, the first and the last 30 years of data of the time series indicated a dichotomous behavior for the stations located in latitudes higher than 19° south. The analysis conducted in this study, does not allow for unmistakable conclusions of the identification of trends or spatial variation patterns of maximum daily precipitation per hydrological year in the central area of Minas Gerais. But, only hints of the occurrence of positive trends at latitudes over 19° South. The analysis carried out in this study does not allow to state that these abnormalities are directly associated to the extreme phases of El Niño South Oscillation. However, results indicate a possible influence of decadal Oscillation of the Pacific on the frequency of maximum daily precipitation per hydrological year. During the periods of heat PDO phase there seems to be a trend of higher frequency of more elevated values of Pdmah than during the cold phase.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VI
LISTA DE TABELAS.....	XI
LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS.....	XIII
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS	4
2.1 OBJETIVO GERAL.....	4
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3 REVISÃO DA LITERATURA	5
3.1 TENDÊNCIA EM SÉRIES TEMPORAIS	5
3.1.1 <i>Testes de Tendência</i>	5
3.1.2 <i>TREND</i>	15
3.2 ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO	16
3.3 ANÁLISE DE SÉRIES DE MÉDIAS MÓVEIS.....	19
3.4 EL NINO SOUTHERN OSCILATION (ENSO) E OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO	21
4 DESCRIÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO	29
5 MATERIAL E MÉTODOS	32
5.1 COLETA DE DADOS.....	32
5.2 CONSISTÊNCIA DE DADOS	34
5.3 ANÁLISE DE TENDÊNCIA NAS SÉRIES TEMPORAIS DE ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO	35
5.4 AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE TENDÊNCIA NAS SÉRIES TEMPORAIS DE PDMA	37
5.4.1 <i>Teste Mann Kendall</i>	37
5.4.2 <i>Teste Spearman' Rho</i>	38
5.4.3 <i>Teste de Regressão Linear</i>	38
5.5 AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE TENDÊNCIA NAS SÉRIES DE MÉDIAS MÓVEIS DE PDMAH	40
5.6 AVALIAÇÃO DA FREQUÊNCIA NAS SÉRIES DE PDMAH.....	42
5.6.1 <i>Testes de aderência</i>	43
5.6.1.1 Kolmogorov – Smirnov.....	43
5.6.1.2 Qui Quadrado	43
5.6.1.3 Anderson Darling	44
5.7 INFLUÊNCIA DO ENOS E OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO SOBRE AS SÉRIES PDMAH.....	45
6 RESULTADOS.....	48
6.1 CONSISTÊNCIA DE DADOS.....	48
6.2 ANÁLISE DE TENDÊNCIA NAS SÉRIES TEMPORAIS DE ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO	49
6.3 AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE TENDÊNCIA NAS SÉRIES TEMPORAIS DE PDMAH.....	53
6.4 AVALIAÇÃO DA PRESENÇA DE TENDÊNCIA NAS SÉRIES DE MÉDIAS MÓVEIS DE PDMAH	55
6.5 ALTERAÇÕES DA FREQUÊNCIA NAS SÉRIES DE PDMAH.....	58
6.6 VERIFICAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA OSCILAÇÃO SUL E OSCILAÇÃO DECADAL SOBRE AS SÉRIES PDMAH	67

7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
8	REFERÊNCIAS	72
	ANEXO A - DESCRIÇÃO DOS TESTES ESTATÍSTICOS DO SOFTWARE TREND PARA MUDANÇAS ABRUPTAS E INDEPENDÊNCIA.....	79
	ANEXO B - RELAÇÃO DOS POSTOS UTILIZADOS NA ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA	87
	APÊNDICE A - GRÁFICOS DA ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA	91
	APÊNDICE B - ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DAS SÉRIES SELECIONADAS	98
	APÊNDICE C - ANÁLISE DE MÉDIAS MÓVEIS DAS PRECIPITAÇÕES DIÁRIAS MÁXIMAS ANUAIS.....	101
	APÊNDICE D - ANÁLISE DE MÉDIAS MÓVEIS DAS PRECIPITAÇÕES RELACIONADAS A FENÔMENOS CLIMÁTICOS	127
	APÊNDICE E - RESULTADO DOS TESTES ESTATÍSTICOS DO TREND.....	147
	APÊNDICE F - GRÁFICOS DA DISTRIBUIÇÃO GUMBEL.....	157
	APÊNDICE G - ÍNDICES DA OSCILAÇÃO SUL, ÍNDICES DA OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO, GRÁFICOS BOXPLOT – PERÍODO COMPLETO, OS E ODP	170
	APÊNDICE H - RESULTADO DOS QUANTIS	181

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – FASES QUENTE E FRIA E A VARIAÇÃO TEMPORAL DOS ÍNDICES DA OSCILAÇÃO DECADEAL DO PACÍFICO	27
FIGURA 2 – PRECIPITAÇÃO MÉDIA ANUAL.....	32
FIGURA 3 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS.....	48
FIGURA 4 – VARIAÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE CWD.....	51
FIGURA 5 – VARIAÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE R99P	51
FIGURA 6 – VARIAÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE R30 MM	52
FIGURA 7 – VARIAÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE RX5D.....	52
FIGURA 8 – VARIAÇÃO ESPACIAL DO ÍNDICE SDII	53
FIGURA 9 – ESTAÇÕES COM TENDÊNCIA POSITIVA SIGNIFICATIVA, EM PELO MENOS 2 TESTES DE TENDÊNCIA DO TREND.....	55
FIGURA 10 – MÉDIA, DESVIO PADRÃO E COEF.VARIAÇÃO MÓVEIS DA ESTAÇÃO HORTO FLORESTAL.....	56
FIGURA 11- DISTRIBUIÇÃO GUMBEL PARA A ESTAÇÃO IBIRITÉ, CÓDIGO 02044012	62
FIGURA 12 – CURVAS ADMENSIONAIS DE GUMBEL, IBIRITÉ CÓDIGO 02044012.....	64
FIGURA 13 – FREQUENCIA EMPÍRICA DE IBIRITÉ, CÓDIGO 02044012	64
FIGURA 14 – COMPARAÇÃO ENTRE OS QUANTIS CALCULADOS COM OS PRIMEIROS 30 ANOS DAS SÉRIES E OS ESTIMADOS COM O PERÍODO COMPLETO	65
FIGURA 15 – COMPARAÇÃO ENTRE OS QUANTIS CALCULADOS COM OS ÚLTIMOS 30 ANOS DA SÉRIE E OS ESTIMADOS COM O PERÍODO COMPLETO	66
FIGURA 16 – GRÁFICOS <i>BOXPLOT</i> ASSOCIADOS AO PERÍODO COMPLETO DE DADOS E AS FASES DO ENSO OSCILAÇÃO SUL E DA OSCILAÇÃO DECADEAL DO PACÍFICO (ODP)	68
FIGURA A.1 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO LASSANCE	92
FIGURA A.2 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO USINA PARAÚNA	92
FIGURA A.3 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO MORRO DO PILAR	92
FIGURA A.4 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO ACAIACA	92
FIGURA A.5 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO TAPIRAÍ.....	92
FIGURA A.6 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO BAMBUÍ.....	92
FIGURA A.7 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO FAZENDA AJUDA	93
FIGURA A.8 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO LAMOUNIER.....	93
FIGURA A.9 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO CAETÉ.....	93
FIGURA A.10 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO VESPASIANO.....	93
FIGURA A.11 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO HORTO FLORESTAL.....	93
FIGURA A.12 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO LAGOA GRANDE	93
FIGURA A.13 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO TAQUARAÇU.....	94
FIGURA A.14 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO IBIRITÉ	94
FIGURA A.15 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO MELO FRANCO	94
FIGURA A.16 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO PONTE NOVA DO PARAOPEBA	94
FIGURA A.17 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO CRISTINA	94
FIGURA A.18 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO ALAGOA.....	94
FIGURA A.19 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO BOM JESUS DO GALHO.....	95
FIGURA A.20 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO CONCEIÇÃO DO RIO VERDE.....	95
FIGURA A.21 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DE DESTERRO DE MELO	95
FIGURA A.22 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO LEAL PATOS	95

FIGURA A.23 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO CARMO DO PARANAÍBA	95
FIGURA A.24 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO RAUL SOARES.....	95
FIGURA A.25 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO PEDRO LEOPOLDO.....	96
FIGURA A.26 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO USINA DA BRECHA.....	96
FIGURA A.27 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO JAGUARUNA	96
FIGURA A.28 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO DIVINÓPOLIS.....	96
FIGURA A.29 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO FAZENDA ESCOLA FLORESTAL	96
FIGURA A.30 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO VELHO DO TAIPA.....	96
FIGURA A.31 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO FAZENDA VARGEM BONITA	97
FIGURA A.32 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO JABOTICATUBA.....	97
FIGURA A.33 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO USINA PETTI.....	97
FIGURA A.34 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO SÃO FRANCISCO	97
FIGURA A.35 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO MANGA.....	97
FIGURA A.36 - GRÁFICO DE CONSISTÊNCIA DA ESTAÇÃO SÃO ROMÃO	97
FIGURA C.1- MÉDIA MÓVEL 10 ANOS.....	102
FIGURA C.2 - MÉDIA MÓVEL, DESVIO PADRÃO, COEF. VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS EM TAPIRAÍ.....	102
FIGURA C.3 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS.....	103
FIGURA C.4 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS EM BAMBUÍ	103
FIGURA C.5 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS.....	103
FIGURA C.6 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS, FAZ. AJUDA.....	103
FIGURA C.7 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS.....	104
FIGURA C.8 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS EM DIVINÓPOLIS	104
FIGURA C.9 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS.....	105
FIGURA C.10 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS EM LAMOUNIER.....	105
FIGURA C.11 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS.....	105
FIGURA C.12 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS EM JAGUARUNA	105
FIGURA C.13 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS.....	106
FIGURA C.14 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS, EM PT. NOVA PARAOPEBA.....	106
FIGURA C.15 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS.....	107
FIGURA C.16 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS, FAZ. ESC. FLORESTAL ...	107
FIGURA C.17 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS.....	107
FIGURA C.18 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS, VELHO DO TAIPA	107
FIGURA C.19 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS.....	108
FIGURA C.20 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS, HORTO FLORESTAL	108
FIGURA C.21 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS.....	109
FIGURA C.22 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VAR. MÓVEIS DE 30 ANOS, MELO FRANCO.....	109
FIGURA C.23 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS.....	109
FIGURA C.24 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VAR. MÓVEIS DE 30 ANOS, IBIRITÉ.....	109
FIGURA C.25 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS.....	110
FIGURA C.26 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VAR. MÓVEIS DE 30 ANOS, LASSANCE	110
FIGURA C.27 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS.....	111
FIGURA C.28 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VAR. MÓVEIS DE 30 ANOS, U.PARAÚNA.....	111
FIGURA C.29 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS.....	111

FIGURA C.30 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VAR. MÓVEIS DE 30 ANOS, JABOTICATUBA	111
FIGURA C.31 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	112
FIGURA C.32 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF.VAR. MÓVEIS DE 30 ANOS, VESPASIANO	112
FIGURA C.33 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	113
FIGURA C.34 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF.VAR.MÓVEIS DE 30 ANOS, CAETÉ	113
FIGURA C.35 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	113
FIGURA C.36 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF.VAR. MÓVEIS DE 30 ANOS, TAQUARAÇU	113
FIGURA C.37 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	114
FIGURA C.38 - MÉDIA DESVIO PADRÃO,COEF. VAR. MÓVEIS DE 30 ANOS, PEDRO LEOPOLDO	114
FIGURA C.39 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	115
FIGURA C.40 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO COEF. VAR. MÓVEIS DE 30 ANOS, FAZ. VARGEM BONITA	115
FIGURA C.41 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	116
FIGURA C.42 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VAR. MÓVEIS DE 30 ANOS, LAGOA GRANDE	116
FIGURA C.43 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	116
FIGURA C.44 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF.VAR. MÓVEIS DE 30 ANOS, LEAL PATOS	116
FIGURA C.45 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	117
FIGURA C.46 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF.VAR. MÓVEIS DE 30 ANOS, MANGA	117
FIGURA C.47 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	118
FIGURA C.48 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF.VAR. MÓVEIS DE 30 ANOS, B.J.DO GALHO	118
FIGURA C.49 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	118
FIGURA C.50 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS, MORRO DO PILAR.....	118
FIGURA C.51 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	119
FIGURA C.52 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS, U.PETTI.....	119
FIGURA C.53 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	120
FIGURA C.54 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF.VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS, RAUL SOARES	120
FIGURA C.55 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	120
FIGURA C.56 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF.VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS, ACAIACA	120
FIGURA C.57 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	121
FIGURA C.58 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO,	121
FIGURA C.59 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	122
FIGURA C.60 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF.VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS, DESTERRO DE MELO ...	122
FIGURA C.61 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	122
FIGURA C.62 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEFICIENTE DE VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS, C.DO PARANAÍBA	122
FIGURA C.63 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	123
FIGURA C.64 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF.VAR. MÓVEIS DE 30 ANOS, C. RIO VERDE	123
FIGURA C.65 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	124
FIGURA C.66 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF.VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS, C.RIO VERDE.....	124
FIGURA C.67 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	124
FIGURA C.68 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS,CRISTINA	125
FIGURA C.69 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	125
FIGURA C.70 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF. VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS,SÃO ROMÃO.....	125
FIGURA C.71 - MÉDIA MÓVEL DE 10 ANOS	126
FIGURA C.72 - MÉDIA, DESVIO PADRÃO, COEF.VARIAÇÃO MÓVEIS DE 30 ANOS, SÃO FRANCISCO	126

FIGURA D.1- MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE TAPIRAÍ.....	128
FIGURA D.2- MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE TAQUARAÇU	129
FIGURA D.3 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE LAGOA GRANDE	129
FIGURA D.4 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE CAETÉ.....	130
FIGURA D.5 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE SÃO ROMÃO.....	130
FIGURA D.6 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE BOM JESUS DO GALHO.....	131
FIGURA D.7- MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE LASSANCE.....	131
FIGURA D.8 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE SÃO FRANCISCO	132
FIGURA D.9- MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE MANGA	132
FIGURA D.10- MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE FAZENDA AJUDA.....	133
FIGURA D.11- MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE LAMOUNIER.....	133
FIGURA D.12 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE CRISTINA	134
FIGURA D.13 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE ALAGOA.....	134
FIGURA D.14 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE CONCEIÇÃO RIO VERDE	135
FIGURA D.15- MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE BAMBUÍ	135
FIGURA D.16 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE JAGUARUNA	136
FIGURA D.17- MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE DESTERRO DE MELO	136
FIGURA D.18 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DA USINA PARAÚNA.....	137
FIGURA D.19 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE LEAL PATOS.....	137
FIGURA D.20 - MÉDIA MÓVEL DE RAUL SOARES	138
FIGURA D.21 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE JABOTICATUBA	138
FIGURA D.22 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE VESPASIANO.....	139
FIGURA D.23 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE MORRO DO PILAR.....	139
FIGURA D.24 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE USINA PETTI.....	140
FIGURA D.25 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE PONTE NOVA DO PARAPEBA	140
FIGURA D.26- MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE FAZENDA ESCOLA FLORESTAL	141
FIGURA D.27- MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE PEDRO LEOPOLDO.....	141
FIGURA D.28 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DO HORTO FLORESTAL.....	142
FIGURA D.29 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE VELHO DO TAIPA.....	142
FIGURA D.30 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DA FAZENDA VARGEM BONITA	143
FIGURA D.31 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE CARMO DO PARANAÍBA	143
FIGURA D.32 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE ACAIACA	144
FIGURA D.33 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE USINA DA BRECHA.....	144
FIGURA D.34 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE DIVINÓPOLIS	145
FIGURA D.35 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE MELO FRANCO	145
FIGURA D.36 - MÉDIA MÓVEL DE 3 ANOS DE IBIRITÉ	146
FIGURA F.1 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE MANGA	158
FIGURA F.2 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE SÃO FRANCISCO	158
FIGURA F.3 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE SÃO ROMÃO.....	158
FIGURA F.4 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE LASSANCE.....	159
FIGURA F.5 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE USINA PARAÚNA	159
FIGURA F.6 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE LEAL PATOS.....	159
FIGURA F.7 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE BOM JESUS DO GALHO.....	160
FIGURA F.8 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE JABOTICATUBA.....	160

FIGURA F.9 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE VESPASIANO.....	160
FIGURA F.10 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE CAETÉ.....	161
FIGURA F.11 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE TAQUARAÇU.....	161
FIGURA F.12 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE MORRO DO PILAR.....	161
FIGURA F.13 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DA USINA PETTI.....	162
FIGURA F.14 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DA FAZ. ESC. FLORESTAL.....	162
FIGURA F.15 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE PEDRO LEOPOLDO.....	162
FIGURA F.16 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DO HORTO FLORESTAL.....	163
FIGURA F.17 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE JAGUARUNA.....	163
FIGURA F.18 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE VELHO DO TAIPA.....	163
FIGURA F.19 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL FAZ. VARGEM BONITA.....	164
FIGURA F.20 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE TAPIRAÍ.....	164
FIGURA F.21 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE CARMO DO PARANAÍBA.....	164
FIGURA F.22 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE RAUL SOARES.....	165
FIGURA F.23 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE LAGOA GRANDE.....	165
FIGURA F.24 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE ACAIACA.....	165
FIGURA F.25 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE USINA DA BRECHA.....	166
FIGURA F.26 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE MELO FRANCO.....	166
FIGURA F.27 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE IBIRITÉ.....	166
FIGURA F.28 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE BAMBUÍ.....	167
FIGURA F.29 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE LAMOUNIER.....	167
FIGURA F.30 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DA FAZENDA AJUDA.....	167
FIGURA F.31 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DESTERRO DE MELO.....	168
FIGURA F.32 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE CONCEIÇÃO DO RIO VERDE.....	168
FIGURA F.33 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE ALAGOA.....	168
FIGURA F.34 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE CRISTINA.....	169
FIGURA F.35 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE PONTE NOVA DO PARAPEBA.....	169
FIGURA F.36 - DISTRIBUIÇÃO GUMBEL DE DIVINÓPOLIS.....	169

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CLASSIFICAÇÃO DO ÍNDICE DE ANOMALIA DE CHUVA.....	22
TABELA 2 – DADOS DISPONÍVEIS PARA CONSULTA	33
TABELA 3 – RELAÇÃO DE SUB BACIAS CONSULTADAS.....	33
TABELA 4 – RESULTADO DA ANÁLISE DE FALHAS NAS SÉRIES	34
TABELA 5 – ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO.....	35
TABELA 6 – ANOS DE OCORRÊNCIA DE EL NIÑO E SUA INTENSIDADE.....	46
TABELA 7 – ANOS DE OCORRÊNCIA DE LA NIÑA E SUA INTENSIDADE	46
TABELA 8 – RELAÇÃO DOS POSTOS PLUVIOMÉTRICOS SELECIONADOS PARA ESTUDO	49
TABELA 9 – SÉRIES TEMPORAIS DE ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO COM TENDÊNCIA	50
TABELA 10 – RELAÇÃO DOS POSTOS QUE APRESENTARAM TENDÊNCIA	53
TABELA 11 – RESULTADO DOS TESTES DE MUDANÇAS ABRUPTAS	54
TABELA 12 – RESULTADO DOS TESTES DE INDEPENDÊNCIA	54
TABELA 13 – TENDÊNCIAS SUGERIDAS PELA ANÁLISE	57
TABELA 14 – PARÂMETROS DA DISTRIBUIÇÃO GUMBEL (MÉTODO DOS MOMENTOS)	58
TABELA 15 – TESTE DE ADERÊNCIA DE KOLMOGOROV-SMIRNOV.....	59
TABELA 17 – RESULTADO DO TESTE DE ANDERSON DARLING $\alpha = 0.752$ $A=0,05$	61
TABELA 18 – QUANTIL DE 100 ANOS PARA O PERÍODO COMPLETO DE 30 ANOS DE DADOS E OS LIMITES DO INTERVALO E CONFIANÇA A 95%	63
TABELA 19 – ESTAÇÕES ONDE O QUANTIL DE 100 ANOS PARA O PRIMEIRO PERÍODO DE 30 ANOS DE DADOS NÃO ESTÁ CONTIDO NO IC A 95% DO PERÍODO COMPLETO.....	63
TABELA 20 – ESTAÇÕES ONDE O QUANTIL DE 100 ANOS PARA O ÚLTIMO PERÍODO DE 30 ANOS DE DADOS NÃO ESTÁ CONTIDO NO IC A 95% DO PERÍODO COMPLETO.....	63
TABELA 21 – PERÍODO NOS QUAIS OS QUANTIS ASSOCIADOS AOS TEMPOS DE RETORNO SUPERIORES A 20 ANOS, CALCULADOS COM A DISTRIBUIÇÃO GUMBEL FORAM MAIS ELEVADOS	66
TABELA 22 – ESTAÇÕES COM INFLUÊNCIA DA OSCILAÇÃO DECADEAL DO PACÍFICO	68
TABELA A.1 - VALORES CRÍTICOS PARA Q/\sqrt{N}	82
TABELA A.2 – VALORES CRÍTICOS DE W	83
TABELA B.1 – RELAÇÃO DAS ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS UTILIZADAS NA ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA.....	88
TABELA B.2 – RELAÇÃO DOS POSTOS DE REFERÊNCIA E ESTAÇÕES DE APOIO UTILIZADAS NA ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA APROVADA.....	90
TABELA B.1 - PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DE PRECIPITAÇÃO 01443001 A 01846017	99
TABELA B.2 - PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DE PRECIPITAÇÃO 01942002 A 01943025	99
TABELA B.3 - PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DE PRECIPITAÇÃO 01943027 A 01944011	99
TABELA B.4 - PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DE PRECIPITAÇÃO 01944021 A 02043002	99
TABELA B.5 - PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DE PRECIPITAÇÃO 02043009 A 02045001	100
TABELA B.6 - PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DE PRECIPITAÇÃO 02045005 A 02245065	100
TABELA E.1 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO TAPIRAÍ	148
TABELA E.2 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO RAUL SOARES	148
TABELA E.3 - RESULTADO DO TREND PARA A ESTAÇÃO CARMO DO PARANAÍBA	148
TABELA E.4 - RESULTADO DO TREND PARA A ESTAÇÃO LAGOA GRANDE.....	148
TABELA E.5 - RESULTADO DO TREND PARA A ESTAÇÃO DESTERRO DE MELO	149
TABELA E.6 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO LEAL PATOS	149
TABELA E.7 - RESULTADO DO TREND PARA A ESTAÇÃO USINA PARAÚNA	149
TABELA E.8 - RESULTADO DO TREND PARA A ESTAÇÃO BOM J. DO GALHO	149

TABELA E.9 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO USINA PETTI	150
TABELA E.10 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO FAZ.ESC.FLORESTAL	150
TABELA E.11 - RESULTADO DO TREND PARA EST.PONTE N. DO PARAOPEBA.....	150
TABELA E.12 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO PEDRO LEOPOLDO	150
TABELA E.13 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO IBIRITÉ	151
TABELA E.14 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO LAMOUNIER	151
TABELA E.15 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO BAMBUÍ	151
TABELA E.16 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO FAZ. AJUDA.....	151
TABELA E.17 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO ACAIACA	152
TABELA E.18 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO DIVINÓPOLIS	152
TABELA E.19 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO USINA DA BRECHA.....	152
TABELA E.20 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO MELO FRANCO.....	152
TABELA E.21 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO HORTO FLORESTAL	153
TABELA E.22 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO VELHO DA TAIPA	153
TABELA E.23 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO JAGUARUNA	153
TABELA E.24 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO FAZ. V. BONITA	153
TABELA E.25 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO JABOTICATUBA	154
TABELA E.26 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO CAETÉ	154
TABELA E.27 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO VESPASIANO	154
TABELA E.28 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO MORRO DO PILAR	154
TABELA E.29 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO MANGA	155
TABELA E.30 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO SÃO ROMÃO	155
TABELA E.31 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO LASSANCE.....	155
TABELA E.32 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO TAQUARAÇU	155
TABELA E.33 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO CONC. RIO VERDE	156
TABELA E.34 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO CRISTINA.....	156
TABELA E.35 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO SÃO FRANCISCO	156
TABELA E.36 - RESULTADO DO TREND PARA ESTAÇÃO ALAGOA	156
TABELA G.1 - ÍNDICES DE OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO.....	171
TABELA G.2 - ÍNDICES DE OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO MENSAL	173
TABELA H.1 - QUANTIL DE 100 ANOS, PARA PERÍODO COMPLETO DE 30 ANOS	182
TABELA H.2 - QUANTIL DE 100 ANOS PARA O PRIMEIRO PERÍODO DE 30 ANOS DE DADOS	183
TABELA H.3 - QUANTIL DE 100 ANOS PARA O ÚLTIMO PERÍODO DE 30 ANOS	184

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AN - anomalia negativa
ANA- Agência Nacional de Água
AP – anomalia positiva
ASAS – Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
CCI/CLIVAR – Programa de Pesquisa Internacional sobre Variabilidade Climática
CRCCH – Cooperative Research Center for Catchment Hydrology
CV- coeficiente de variação
ENOS – Oscilação Sul El Niño
ETCCDMI – Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices
 H_0 - hipótese nula
IAC - Índice de Anomalia de Chuva
IDF – Curva de Intensidade de precipitação, Duração e Frequência
IGA – Instituto de Geociências Aplicada
IOS – Índice de Oscilação Sul
IPCC- Intergovernmental Panel on Climate Change
mm – unidade de medida (milímetro)
n – número de anos
N – tamanho da amostra
NAO – Oscilação do Atlântico Norte
ODP – Oscilação Decadal do Pacífico
OMM- Organização Meteorológica Mundial
Pdmah – Precipitação diária máxima anual por ano hidrológico
PNM – Pressão ao nível do mar
PÓS-UI – Pós Urbano Intenso
PRCTOT – Precipitação Total Annual
PRE-UI- Pré Urbano Intenso
T- tempo de retorno
TSM – Temperatura da Superfície do Mar
USA – Estados Unidos da América
ZC – Zona de convergência
ZCAS- Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIS – Zona de Convergência do Índico Sul

ZCPS – Zona de Convergência do Pacífico Sul

α - nível de significância

γ - Coeficiente de Assimetria de Gumbel

ρ – nível de significância estatística de tendência

WMO – World Meteorological Organization

1 INTRODUÇÃO

Os modelos estatísticos procuram utilizar o menor número de parâmetros necessários para descrever adequadamente as características dos dados (TUCCI, 2002).

A suposição implícita é de que todos os métodos disponíveis para estimar a frequência de eventos hidrológicas se baseiam na estacionariedade das séries. Supõe-se que as estatísticas da série observadas no passado continuarão as mesmas no futuro, isto é, os valores da sequência flutuam aleatoriamente em torno de um valor médio que permanece constante no tempo, e que a dispersão dos dados em torno da média também permanece constante. (CLARKE, 2003)

Clarke (2003) questiona o uso generalizado das suposições de estacionariedade das variáveis hidrológicas, argumentando que, ao longo dos anos, ocorrem mudanças no uso e na ocupação do solo, na cobertura vegetal, que podem resultar na não estacionariedade das variáveis hidrológicas, as quais também podem ser consequência de lentas variações climáticas. O IPCC de 1995 definiu a mudança climática como “uma variação a longo prazo estatisticamente significativa em um parâmetro climático (como temperatura, precipitação ou ventos) médio ou na sua variabilidade, durante um período extenso (que pode durar de décadas a milhões de anos).” (HOUGHTON; MEIRA FILHO; CALLANDER; HARRIS; KATTENBERG; MASKELL, 1996, p. 5)

É importante notar que a estacionariedade não é encontrada na natureza, seja em processos geológicos evolutivos, ou quaisquer outros processos. Estacionariedade só pode ser assumida tendo em conta a extensão do período e a extensão dos intervalos de tempo. Na presença de mudança no uso do solo, ou no clima, é razoável supor que os efeitos dessas mudanças são lentos e não afetam as previsões de curto e médio prazo.

Apesar das grandes dificuldades de se identificar claramente as alterações e a origem dessas nas séries hidrológicas, é fundamental para o setor de recursos hídricos o desenvolvimento de estudos que procurem verificar essas modificações nas séries temporais.

Nos últimos anos, com as crescentes preocupações sobre os impactos das mudanças climáticas (IPCC, 2007), os pesquisadores têm utilizado vários métodos estatísticos e estocásticos para identificar tendências nas séries temporais hidrológicas em diferentes escalas de agregação.

No caso das precipitações, estudos sobre tendências nos índices de precipitação têm sido desenvolvidos no Brasil e em outras partes do mundo, com o objetivo de constatar o aumento ou a diminuição de precipitação. De maneira geral, os estudos compreendem valores de precipitação mensal e anual, sendo que poucos deles enfocam a precipitação diária. Como exemplo, podemos citar o trabalho de Vaz (2008), López *et. al.* (2010), Barbosa (2007) e Cairo *et. al.* (2011).

As possíveis variações nas escalas anuais e sazonais são causadas por uma alteração na frequência de ocorrência de eventos de precipitação diária, ou na intensidade da precipitação com duração inferior a um dia. Assim, a fim de melhorar o entendimento do comportamento das precipitações de uma região, também devem ser analisadas as séries de precipitação diária.

Segundo Vaz (2008), a detecção de alterações nas séries temporais de precipitações diárias é importante para ampliar o conhecimento sobre os fenômenos envolvidos, mas, também, por contribuir para a percepção e a compreensão das alterações climáticas e dos seus efeitos.

Isso é importante porque, caso se verifique que os sistemas hidrológicos e as variáveis a eles relacionadas estão se alterando, será necessária a modificação dos procedimentos de dimensionamento das obras de infraestrutura hídrica, pois os critérios de projeto são frequentemente baseados no pressuposto de estacionariedade das séries hidrológicas.

Visando avaliar a tendência em séries de precipitação diária máxima anual no Estado de Minas Gerais, o presente trabalho de dissertação foi desenvolvido e dividido em seis partes.

A apresentação faz a introdução do tema da dissertação, abordando, de maneira geral, a importância do estudo da presença de tendências nas séries de precipitação diária e sua análise através de métodos estatísticos.

As descrições dos objetivos geral e específicos da dissertação são descritos no capítulo 2 e o capítulo 3 apresenta a revisão da literatura, buscando identificar, no Brasil e no mundo, estudos específicos sobre o assunto. O capítulo 4 aborda a descrição da área de estudo.

O capítulo 5 procurou discorrer sobre a metodologia aplicada no estudo: abordou-se a análise de consistência dos dados, a técnica de média móvel, alterações na frequência nas séries de precipitação diária máxima anual e a influência da Oscilação Sul e Oscilação Decadal do

Pacífico. No capítulo 6, são apresentados os resultados alcançados com a metodologia empregada. Para finalizar o trabalho, são apresentadas as considerações do estudo realizado.

Os anexos e apêndices encontram-se à parte, dispostos ao final da dissertação.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar a presença de tendência nas séries de precipitação diária máxima anual em 36 estações pluviométricas no Estado de Minas Gerais, com período de dados superior a 50 anos.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar se existe tendência nas séries temporais de precipitação diária máxima anual, utilizando testes estatísticos.
- Verificar se há tendência nas séries temporais de índices de precipitação propostos pela Organização Meteorológica Mundial (OMM).
- Avaliar a presença de tendência nas séries de médias móveis de precipitação diária.
- Verificar a influência da Oscilação Sul e Oscilação Decadal do Pacífico sobre as séries de precipitação diária máxima por ano hidrológico.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 *Tendência em Séries Temporais*

3.1.1 Testes de Tendência

Os estudos de tendências em séries temporais são importantes por causa da necessidade de se compreender o impacto que o homem pode ter sobre o mundo natural. A urbanização, o desmatamento, as emissões de gases de efeito estufa e mudanças na prática agrícola são apenas alguns exemplos de atividades antrópicas que podem alterar aspectos importantes do ciclo hidrológico. Os principais problemas nos sistemas de recursos hídricos estão relacionados às cheias ou as estiagens. Isso significa que estudar mudanças nas características de extremos hidrológicos é de grande importância.

As mudanças nas séries hidrológicas podem ocorrer de muitas maneiras diferentes. A alteração pode acontecer de forma abrupta (presença de saltos), gradualmente (tendência) ou pode assumir formas mais complexas. As mudanças podem ser vistas em valores médios, na variabilidade (variância, extremos, persistência) ou na distribuição dentro de anos (por exemplo, na mudança de sazonalidade e, no caso de vazões, nas mudanças nos regimes fluviais). As mudanças abruptas, no caso das vazões, podem ser esperadas como resultado de uma alteração repentina na bacia, como em construção de reservatórios, transposição, etc. Alterações hidrológicas graduais, tipicamente, acompanham as mudanças que ocorrem lentamente, como a urbanização, o desmatamento, as mudanças climáticas (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Os estudos para verificação de mudanças em séries hidrológicas são normalmente complicados por fatores como valores ausentes, sazonais e outras flutuações de curto prazo, e pela falta de homogeneidade – que se justificam, por exemplo, devido às alterações nos instrumentos e técnicas de observação. Em alguns casos, há mais problemas por causa de séries de dados que não são suficientemente longas.

Existem muitas abordagens que podem ser utilizadas para detectar as tendências e outras formas de não estacionaridade em séries hidrológicas. Ao decidir qual abordagem adotar, é necessário estar ciente que os procedimentos de teste são válidos (ou seja: os dados atendem aos pressupostos dos testes necessários) e quais procedimentos são mais úteis.

Procedimentos de testes paramétricos são amplamente utilizados na estatística clássica. Em testes paramétricos, é necessário assumir a independência dos dados e uma distribuição de probabilidades subjacente, muitas vezes uma distribuição normal. Para muitas séries hidrológicas, esses pressupostos não são adequados. Muitas séries hidrológicas raramente seguem uma distribuição normal. Além disso, muitas vezes existe a dependência temporal em séries de dados ambientais, especialmente se o intervalo de tempo é curto. Se as técnicas paramétricas forem utilizadas, pode ser necessária uma transformação para normalização dos dados.

Nos métodos não paramétricos, menos suposições sobre os dados precisam ser feitas. Com esses métodos, não é necessário assumir uma distribuição de probabilidades. No entanto, muitos desses métodos ainda dependem de pressupostos da independência. Abordagens mais avançadas devem, portanto, ser utilizadas para a série diária ou horária. Uma classe muito útil de testes não paramétricos são testes que utilizam técnicas de permutação. Eles são baseados em alterar a ordem (embaralhamento) dos dados amostrais, calculando as estatísticas, e comparando-as com as estatísticas de teste observadas.

Mesmo dentro das categorias mencionadas acima, é necessário escolher testes que são apropriados para uma situação particular. Alguns testes são muito bons em detectar um tipo muito específico de mudança. Caso não se conheça o padrão de variabilidade, é sensato que se apliquem testes diferentes.

Thom (1966) apresenta alguns métodos de análise climatológica em nota técnica da WMO nº 81 e na nota técnica nº 100 da WMO (1983), que compõem um conjunto de recomendações de testes para detectar mudança ou tendência. Os testes são: Mann Kendall e de Regressão Linear. Para verificar mudanças na média, são usados os testes Cumulative Deviation e Worsley Likelihood Ratio e, para verificar a aleatoriedade em séries hidrológicas temporais, o teste Run.

O teste não paramétrico de Mann Kendall foi criado por Mann (1945) e reformulado por Kendall (1948). O teste só pode ser aplicado se a série for serialmente independente. Na hipótese nula do teste, H_0 , as observações da série não apresentam tendência e, a hipótese alternativa, H_1 , as observações da série possuem tendência monotônica no tempo. A hipótese nula é rejeitada quando existe uma tendência significativa na série temporal.

O teste foi descrito por Moraes *et al* (1995), considerando uma série temporal de N termos X_i , e consiste na soma t_n do número de termos m_i da série, relativo ao valor X_i , cujos termos precedentes ($j < i$) são inferiores ao mesmo $X_j < X_i$, isto é:

$$t_n = \sum_{i=1}^n m_i \quad (1)$$

Para a série com grande número de termos N, sob a hipótese nula, H_0 , ausência de tendência, t_n apresentará uma distribuição normal, com média e variância:

$$E(t_n) = \frac{N(N-1)}{N} \quad (2)$$

$$var(t_n) = \frac{N(N-1)(2N+5)}{72} \quad (3)$$

Testando a significância estatística de t_n para a hipótese nula usando um teste bilateral, essa pode ser rejeitada para grandes valores da estatística $u(t_n)$, dada por:

$$u(t_n) = \frac{t_n - E(t_n)}{\sqrt{var(t_n)}} \quad (4)$$

O valor da probabilidade α_1 é calculado por meio de uma tabela da normal reduzida, tal que:

$$\alpha_1 = \text{prob} (|u| > |u(t_n)|) \quad (5)$$

Sendo α_0 o nível de significância do teste ($\alpha = 0,05$ e $0,1$) para significativo e levemente significativo respectivamente, a hipótese nula é aceita se $\alpha_1 > \alpha_0$. Caso a hipótese nula seja rejeitada, significará a existência de tendência significativa, sendo que o sinal da estatística $u(t_n)$ indica se a tendência é positiva $u(t_n) > 0$ ou negativa $u(t_n) < 0$. A hipótese nula é rejeitada, ou não, a um nível de significância α_0 , se $\alpha_1 > \alpha_0$ ou $\alpha_1 < \alpha_0$, respectivamente.

Goossen e Berger (1986, *apud* BACK, 2001) afirmam que o teste de Mann Kendall é o método mais apropriado para analisar mudanças climáticas em séries climatológicas, porque permite também a detecção e localização aproximada do ponto inicial de tendência. Para identificar o ponto de início da mudança, aplica-se o mesmo princípio à série inversa, partindo do valor de $i=N$ até $i=1$, gerando a estatística $u^*(t_n)$. Para cada termo, o número de termos m_i da série X_j ,

de maneira tal que para $X_i > X_j$ com $i < j$ os valores de $u^*(t_n)$ para a série retrógrada são dados por:

$$u^*(t_n) = -u(t_n) \quad (6)$$

A interseção das duas curvas geradas $u(t_n)$ e $u^*(t_n)$ localiza o ponto de mudança, se essa ocorre dentro do intervalo de confiança. Uma tendência é constatada quando a curva $u(t_n)$ cruza o limite de confiança de 90 e 95 %.

Os testes de Desvios Cumulativos, Worsley Likelihood Ratio, localizam pontos de mudança e testam se duas partes do conjunto de dados são estatisticamente diferentes. Os testes assumem que as observações são independentes e normalmente distribuídas, embora esses testes possam ser aplicados quando há ligeiros desvios da normalidade. A descrição dos testes encontram-se no Anexo A.

A análise de regressão pode ser utilizada para indicar alterações climáticas por meio do teste de significância do coeficiente angular. Assim, considerando a equação da reta, o teste consiste em determinar o intervalo de confiança do coeficiente a , sendo que, se esse intervalo não incluir o valor zero, a tendência é significativa (BACK, 2001).

O teste Run é um teste não paramétrico apresentado por Thom (1966), que é usado para avaliar se uma série ocorre aleatoriamente. Consiste em realizar a contagem do número de oscilações dos valores acima e abaixo da mediana, numa série de dados naturalmente ordenada. O número de oscilações é chamado "Run", e deve testar se o valor observado está dentro da faixa de distribuição considerada normal. Um valor alto de Run indica muitas oscilações, e valores baixos indicam um desvio em relação à mediana durante o período de registros.

Se a seqüência contém N_1 símbolos de um tipo e N_2 símbolos de outro tipo (e N_1 e N_2 não são muito pequenos), a distribuição amostral do número de Runs total pode ser aproximada pela distribuição normal com média:

$$E(u) = \frac{2N_1N_2}{N_1+N_2} + 1 \quad (7)$$

E a variância da distribuição pode ser estimada por:

$$var(u) = \frac{2N_1N_2(2N_1N_2 - N_1 - N_2)}{(N_1+N_2)(N_1+N_2-1)} \quad (8)$$

Em que u representa o número de Runs. Por isso, a hipótese nula de que a distribuição dos símbolos ocorre normalmente e de que a amostra é aleatória pode ser testada com base na estatística:

$$z = \frac{u - E(u)}{\sqrt{\text{var}(u)}} \quad (9)$$

Esse valor calculado pode ser comparado com valores de z , para distribuição normal. Para o nível de significância de 5%, z deve estar entre -1,96 e 1,96. Caso z calculado seja maior que o valor tabelado, deve-se rejeitar a hipótese de nulidade.

O estudo de Back (2001) sobre identificação de tendências climáticas concluiu que o teste Run não é adequado na identificação de tendências e mudanças climáticas, pois aplicando a sua metodologia não foi possível identificar mudanças bruscas significativas.

Estudos têm sido desenvolvidos em todo o mundo, baseados na recomendação da OMM e de testes estatísticos complementares, de forma a identificar tendências de aumento ou diminuição de precipitação.

Zhang *et al.* (2012) estudaram a variação espacial e temporal da precipitação no Sudão, compreendendo o período de 1948-2005. Durante o estudo, foi utilizado o teste de Mann Kendall e análise de regressão simples. A pesquisa mostrou que a precipitação média anual no Sudão varia de quase nulo, ao norte, para mais de 1000 mm, no sudoeste. A distribuição da precipitação é decrescente do sul para o norte. Observou-se que a precipitação média anual entre 1961 e 1990 mostra padrões espaciais semelhantes. A análise mostrou que há tendência à diminuição da precipitação anual no período de 1948 – 2005 e significativa tendência decrescente no Sudão Central. O autor não informa a altitude dos postos pluviométricos, pois, juntamente com a temperatura elevada, podem influenciar o regime pluviométrico, causando secas severas. Os anos de 1983 e 1984, que são apontados como mais difíceis para o país, coincidem com El Nino com intensidade forte.

Souza *et al.* (2011) estudaram a influência da urbanização no clima da cidade de Campina Grande – PB, no período de 1963 a 2004. O método dos desvios cumulativos foi utilizado para detectar mudanças abruptas. Foi estabelecido dois períodos de estudo: pré-urbano intenso – PRE-UI (1963–1985) – e pós urbano intenso – PÓS-UI (1986– 2004). Para cada variável

climática, foi obtida a média, o desvio padrão, o coeficiente de variação e a auto correlação serial. Foram avaliadas as diferenças entre as médias dos períodos PRE-UI e PÓS-UI por meio do teste t de Student. Também foi utilizado o teste de Mann Kendall para avaliar tendências. Concluiu-se que a precipitação pluviométrica anual apresentou comportamento estacionário ao longo do período estudado. As médias dos períodos PRE-UI e POS-UI foram muito próximas, logo, não apresentaram diferença estatisticamente significativas ao nível de significância utilizada pelo teste t de Student. Entretanto, o desvio padrão e o coeficiente de variação (CV) do período PRE-UI foi cerca de 60% menor do que o período POS-UI. A variabilidade intra-anual da precipitação apresenta tendência levemente crescente ao longo do período de estudo. As médias do coeficiente de variação intra-anual e períodos PRE-UI e POS-UI foram 83,3 e 91,9%, respectivamente, enquanto a média do período total foi de 87,2%. O estudo mostrou que as diferenças entre as médias (PRE-UI e POS UI) e as tendências são estatisticamente significantes ao nível de 1% de probabilidade pelos testes t Student e Mann Kendall, respectivamente. Observa-se que o período utilizado na análise não atende às recomendações da OMM (30 anos no mínimo). Quanto maior a amostra, mais eficiente será os testes.

Douglas *et al.* (2000) estudaram a presença de tendências nas vazões máximas e mínimas de 1474 postos com registros diários de 48 anos nos Estados Unidos. Utilizaram o teste de tendência de Mann Kendall e técnica de bootstrap. O resultado do estudo indicou que, para nível de significância de 5%, não foi encontrada evidência de aumento de precipitação no Centro Oeste de Ohio, Centro Norte e região Centro Oeste.

Zhang *et al.* (2011) avaliaram a relação não estacionária entre precipitação e vazão em nove bacias principais da China durante 50 anos, no período de 1956 – 2005. Para a análise de tendência, foi utilizado o teste de Mann Kendall. Posteriormente, os estudos foram elaborados utilizando análise de regressão simples. A normalidade dos dados na série foi testada com o teste de Kolmogorov Smirnov. O estudo mostrou que existe tendência decrescente na vazão anual no norte da China. A redução absoluta e relativa da vazão foram maiores que mudanças na precipitação desde 1970. Existe uma relação não estacionária entre precipitação anual e vazão no norte da China e os interiores da bacia durante os últimos 50 anos.

Burn e Elnur (2002) analisaram as variáveis hidrológicas de 248 bacias do Canadá que refletem as condições naturais. O estudo compreendeu um período mínimo de 25 anos e média de 38 anos, com início em 1940. Foi utilizado o teste de Mann Kendall para tendência e técnica de bootstrap. A conclusão do estudo resultou na identificação de mais tendências significativas do

que se esperaria se elas ocorressem por acaso. Há uma tendência decrescente na vazão máxima anual no sul e tendência crescente ao norte.

Back (2001) usou a análise estatística para identificar tendências anuais de temperatura e precipitação em Urussanga - SC. O período estudado compreendeu de 1924 a 1998. Foram utilizados a análise de regressão e os testes de Run Test, Mann-Kendall e Pettit. A conclusão do seu trabalho é a de que a precipitação pluvial total anual apresenta tendência crescente dentro do período estudado, porém, quando analisado por trimestre, somente a precipitação pluvial no quarto trimestre apresenta tendência crescente. Os testes de Mann Kendall e Pettit apresentaram resultados concordantes. Segundo o autor, a dificuldade no estabelecimento de existência de tendência está na grande variabilidade natural dos dados meteorológicos.

Paiva e Clake (1995) utilizaram análise estatística para a detecção de tendências em 48 estações pluviométricas da bacia Amazônica com mais de 15 anos de registros. Foi utilizado o total pluviométrico mensal e aplicado teste não paramétrico Mann-Kendall. Concluiu-se que tendências positivas e negativas ocorrem com igual frequência sobre toda a bacia; o número de tendências estatisticamente significantes, positivas ou negativas, é muito maior do que pode ser atribuído ao acaso: tendências significantes negativas são mais comuns que as tendências significantes positivas. Segundo Clarke(2003), somente por meio de séries longas é possível separar tendências de flutuações, tornando questionável o resultado encontrado.

Minuzzi e Caramori (2011) analisaram o comportamento sazonal e anual da chuva e de veranicos em 21 estações hidrológicas localizadas no estado do Paraná. Dois métodos foram utilizados para testar a tendência da altura pluviométrica sazonal (verão, outono, inverno e primavera) anual, dos veranicos e dos eventos extremos diários: análise de regressão e teste de Mann Kendall. A análise de regressão e o teste de Mann Kendall mostraram que, nas últimas décadas, a quantidade de chuva anual tem aumentado, principalmente na primavera, entre 16 e 42 mm/década, na metade leste do Paraná. O número de tendências significativas (predominantemente negativas) é menor para os veranicos, com duração de 5 a 10 dias, com quantidade acumulada inferior a 10 mm, porém, mais perceptível na primavera e na escala anual.

Todeschini (2012) estudou tendências em séries de precipitação diária do norte da Itália (Milão, Bérgamo, Bréscia, Como, Mântua, Sondrio). A análise compreendeu dois testes não paramétricos: Mann Kendall e o “Sen’s Estimator of Slope”. Os resultados apontam uma significativa tendência decrescente no número anual de dias chuvosos e uma tendência

crescente na precipitação média e máxima relacionada com altura de 1 dia, com tendência generalizada para aumentar o número de dias entre os dias secos molhados.

Bonaccorso *et al.* (2005), avaliaram a presença de tendências nos máximos anuais de precipitação na Sicília, Itália. Foram selecionadas séries com pelo menos 50 anos de registro de dados de diferentes durações 1, 3, 6, 12, 24 horas em 16 postos pluviométricos. Aplicou-se o teste t de Student, Mann Kendall e a técnica de bootstrap. Em seguida avaliou-se o período de retorno para os eventos considerados críticos. Concluiu que períodos mais curtos (1h) a série apresentou tendências crescentes enquanto que durações mais longas apresentaram tendências decrescentes.

Outras metodologias têm sido aplicadas para estudar tendências em séries de precipitação.

Siqueira *et al.* (2007) estudaram o comportamento da precipitação mensal no Estado de Minas Gerais, realizando uma análise espacial e temporal. Foram analisadas 63 estações climatológicas, no período de 1999 a 2003. Aplicou-se geoestatística por meio de semivariogramas e krigagem. Para cada mês, foram calculados média aritmética, desvio padrão (s), coeficiente de variação (cv), coeficiente de curtose (k) e coeficiente de assimetria. Determinou-se a precipitação mínima e máxima. Em seguida, fez-se a representação gráfica da precipitação mensal por meio de histogramas, para verificar graficamente a adequação dos índices pluviométricos mensais à distribuição simétrica. A análise geoestatística foi feita com o programa Gamma Design Software (2004). A conclusão do trabalho é a de que existe uma tendência à distribuição simétrica da precipitação mensal nos meses de verão e uma tendência à distribuição assimétrica para os meses de inverno. A pesquisa é questionável, pois o tamanho das séries influencia os resultados de tendência positiva ou negativa.

Chu et al. (2012) analisaram a precipitação máxima anual no sul de Taiwan. Primeiramente, as observações de dados de precipitação histórica foram coletadas, e os pontos de mudança da precipitação máxima anual da série de diferentes durações foram identificados utilizando o método da soma cumulativa (CUSUM). Então, curvas IDF, com e sem dados depois das mudanças dos pontos, foram determinadas. A partir da análise, o impacto do ponto de mudança sobre a curva IDF é mostrado nos locais representativos da área de estudo. Durante a análise, a abordagem de bootstrap foi utilizada para quantificar o momento mais provável da mudança e estimar a incerteza associada com um ponto de mudança. Os dados analisados corresponderam a períodos de precipitação superiores a 25 anos e compreenderam 16 cidades. Os resultados identificaram ponto de mudança no máximo anual de 24 horas de chuva em 2004 na maioria

dos locais. O teste bootstrap aponta que as mudanças na maioria dos locais foram significativas ao nível de confiança de 90%, exceto Xingakou e Qisan. Em Xingfong e Jiaxian, a média anual máxima de precipitação antes do ponto de mudança era de 287,8 e 320,8 mm, enquanto depois do ponto de mudança foi de 610,7 e 674,7 mm. No entanto, os pontos de mudança de Pingtung e Qisan ocorreram em 2005 e 2003 e nenhum ponto de mudança significativa é observado em Meinung. Metade das séries analisadas possuem $\rho_{value} < 0,01$, indicando que, antes e depois da mudança, as série são estatisticamente diferentes.

Perreault *et al.* (1999) estudaram a mudança na precipitação e no escoamento no leste do Canadá e Estados Unidos, utilizando uma proposta Bayesiana. Os resultados mostraram um aumento de precipitação no final dos anos 60 para o ano 70 no nordeste americano, como o período mais provável de ter ocorrido mudança.

Tu *et al.* (2012) analisaram as séries de precipitação mensal de 257 estações hidrométricas e séries de vazão mensal de 25 estações hidrológicas do sul da China, usando estatística e Schwarz Information Criterion (SIC). As séries hidrológicas localizadas no norte e partes do sul não foram caracterizadas com ponto de mudança ou alterações abruptas. Na estação Makou, todas as variáveis hidrológicas foram caracterizadas por mudanças abruptas. Mudanças bruscas na variância foram encontradas nas séries de 11 estações hidrológicas. Quando comparado à distribuição das estações com pontos de mudança na série hidrológica, a distribuição dos pontos de mudança na variância foi relativamente aleatória e esporádica. Os pontos de mudança na variação ocorreram principalmente no início de 1980, ou exatamente em 1981.

Shao e Campbell (2009) estudaram tendência em série temporal hidrológica na bacia do rio Shiyang, na China. Aplicou-se regressão segmentada com método restritivo descrito por Shao e Campbell (2002) para avaliar tendência e mudança abrupta. A bacia foi dividida em três partes, de acordo com as características hidrológicas. Concluiu-se sobre as séries de precipitação que a parte superior (Estação Wuqiaoling) revela um padrão oposto ao meio (Estações Yong Chang e Wuwei) e menor (Estação Minqin). O modelo de regressão segmentada mostrou que a tendência de precipitação média anual, temperatura e escoamento mudaram ao longo do tempo em diferentes pontos próximos.

Oliveira (2011) analisou os dados coletados da zona norte da cidade de São Paulo do período de 1943 a 2010, selecionando eventos de chuva acima de 20 milímetros, ocorridos em 24 horas. Inicialmente, contou o número de ocorrência de eventos maiores que 70 mm, 80 mm, 90 mm e

100 mm para a década de 1970, 1980, 1990 e 2000. Analisando os resultados concluiu-se que o número de eventos observados entre 70 e 90 mm foram maiores nas décadas de 1990 e 2000. Para valores acima de 100 mm, observou-se um ligeiro acréscimo ao longo das décadas, com exceção da década de 80, em que houve aumento marcante no número de eventos extremos. Também foi realizada uma análise de frequência, ajustando a distribuição Gumbel com os parâmetros calculados pelo método dos momentos, a três períodos diferentes de 1970 a 2010, 1990 a 2010 e 2000 a 2010. A autora concluiu que as chuvas mais intensas estão ficando mais frequentes. Entretanto, essa conclusão é questionável, pois o tamanho das séries influencia o intervalo de confiança da estimativa de quantis.

Lima *et al.*(2010) estudaram a tendência de precipitação anual e mensal em 14 estações de Portugal e ilhas de Açores e Madeira. Os dados foram testados estatisticamente para normalidade, usando os testes não paramétricos de Shapiro-Wilk e de Kolmogorov Smirnov. Foram utilizados, também, testes paramétricos para testar a homogeneidade, a saber: Teste de homogeneidade normal padrão (SNHT); Buishand range; Pettit, Von Neumann Ratio. Todos os testes de homogeneidade assumem como hipótese nula que a variável testada é independente e identicamente distribuída. No SNHT, Buishand range e Pettit a hipótese alternativa é associada com a existência de desvios na média. As séries de precipitação foram classificadas como “útil”, “duvidoso” e “suspeito” dependendo do número de testes que rejeitaram a hipótese nula no nível de significância de 1%. Essas quantidades de classificação são para uma avaliação qualitativa da adequação da série de tempo para conduzir tendência e variabilidade da análise. Para detectar presença de tendência nas séries de precipitação, foram utilizados testes não paramétricos Mann Kendall e Sen's. O resultado dos estudos não fornece evidências para rejeitar a hipótese nula de tendência anual de precipitação quando o modelo linear monotônico foi usado. No entanto, as análises das médias móveis de 50 anos mostraram um acréscimo ao longo do tempo, no passado recente, para muitas séries de Portugal e ilhas de Madeira e Açores.

López *et al.*(2010) estudaram a precipitação diária no nordeste da Península Ibérica, com objetivo de analisar a evolução temporal dos índices de precipitação diária em uma base anual e avaliar as mudanças sazonais. Para isso, foi utilizada a base de dados que compreende 217 séries de precipitação diária, no período de 1955–2006. A análise estatística utilizou o teste de correlação de Spearman e Qui-Quadrado (χ^2). A conclusão da pesquisa é de que houve uma diminuição geral na precipitação anual na maioria das estações, uma diminuição no número de dias chuvosos e intensidade de precipitação, e um aumento da duração do período de seca. A

frequência e a contribuição para a precipitação anual de moderado e forte eventos de chuva não se alterou na maioria dos postos observados ou mostrou tendência de diminuição desses eventos.

Barbosa (2007) estudou chuvas diárias de oito postos pluviométricos no Estado de São Paulo, distribuídos entre litoral norte (4 postos), litoral sul (2 postos) e central (2 postos). Os dados analisados corresponderam a um período de no mínimo 30 anos. Primeiramente, foi identificada a maior precipitação diária de cada ano e listados os valores em colunas, segundo cada estação, e calculado a média desses valores. Em seguida, determinou como valores críticos os valores de precipitação que estavam acima da média. Partindo desses valores, foi elaborada uma classificação por faixa de precipitação e os impactos associados. A análise das chuvas diárias consistiu em observar a frequência de dias com chuva por décadas. Concluiu-se uma tendência à diminuição do número de dias de chuva entre as décadas de 70 e 90, com números elevados na década de 80, relacionados mais a fenômenos climáticos específicos, como o El Niño, do que um comportamento natural das chuvas para o período. Não foi possível afirmar, nesse caso, que está ocorrendo alguma mudança significativa.

Cairo *et al.* (2011) estudaram a frequência da precipitação diária no município de Ecoporanga, Espírito Santo. Utilizaram-se registros diários de precipitação do período de 1970 a 2008. Inicialmente, foi realizada a verificação qualitativa dos dados, procedendo à remoção dos dados “estranhos” presentes e o preenchimento de falhas. Após esse procedimento, esses dados foram tabulados e processados, utilizando o editor de planilhas eletrônicas Microsoft Excel. Para calcular a frequência de precipitação, para cada classe estabelecida, foi desenvolvida uma rotina através de *scripts* para serem aplicadas na série. Para se fazer uma análise uniformizada da frequência de precipitação em um período de 24 horas, houve a atribuição dos seguintes intervalos de classes: 10mm para valores entre 0,1 e 100mm; 20mm para valores entre 100mm e 200mm; e uma classe para valores acima de 200mm. Verificou-se que, durante todos os meses do ano, a maior frequência da precipitação diária está entre 0,1mm e 10,0mm, demonstrando uma regularidade na distribuição dos eventos de precipitação.

3.1.2 TREND

O TREND é um software da Cooperative Research Center for Catchment Hydrology (CRCCH) e seu desenvolvimento é de responsabilidade de Francis Chiew e Lionel Siriwardena. O software apresenta um conjunto de doze testes estatísticos para detecção de tendências, mudanças abruptas e independência de uma série de dados, entre eles os testes recomendados

pela WMO. No software TREND, são definidas como hipótese nula, H_0 , a não existência de problemas nas séries, enquanto H_1 é a hipótese alternativa. O valor crítico do teste é definido em $\alpha/2$ (teste bilateral), sendo que a hipótese nula (H_0) é rejeitada se o valor da estatística do teste é maior do que o valor crítico da estatística de teste e vice versa. O software apresenta como saída o valor da estatística de teste, os valores críticos para os níveis de significância, $\alpha=0,01$; $\alpha=0,05$ e $\alpha=0,1$. O TREND é de distribuição gratuita e encontra-se disponível para download no site da eWater Toolkit¹. A descrição dos testes estatísticos encontra-se no Anexo A.

Como exemplo de aplicação do software, pode-se citar o trabalho desenvolvido por Alexandre (2009), que estudou as tendências do regime pluvial na região metropolitana de Belo Horizonte, utilizando métodos estatísticos e simulações de modelos climáticos para períodos em média com 63 anos de registro de dados. O estudo compreendeu séries de totais anuais, trimestrais e semestrais. Juntamente com a análise gráfica dos dados, foram aplicados testes de hipóteses por meio do software TREND, para identificação de tendências nas séries. Os resultados dos totais semestrais sugerem uma possível diminuição no período mais chuvoso (outubro a março), e no semestre mais seco (abril a setembro) há indícios de aumento de volume. Nas séries de totais anuais e trimestrais (janeiro a março) de precipitação, não foram evidenciadas tendências ou mudanças abruptas significativas.

O Governo da Austrália Ocidental (2009) publicou um relatório descrevendo os estudos para verificação da presença de tendências em 29 séries de precipitação no sudoeste da Austrália. O objetivo foi verificar dados de precipitação com evidência de mudança, gradual ou abrupta, para planejamento da gestão das águas. Foram utilizados dados de precipitação diária máxima anual. Para identificar a presença de tendência, utilizou-se o software TREND. O documento mostrou que sudoeste da Austrália apresenta registros de tendência de menores precipitações desde 1975.

3.2 Índices de precipitação

Em geral, as mudanças climáticas locais são medidas por meio de análise de séries históricas, entre elas a precipitação pluvial. Para melhor definir esta questão, a OMM criou um grupo de trabalho que elaborou índices que podem ser empregados na detecção de mudanças climáticas. O grupo de trabalho é “Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices-

¹ Disponível em: <www.toolkit.net.au/trend>. Acesso em: 23 abr. 2013.

ETCCDMI². O ETCCDI considera um total de 27 índices como principais, sendo 16 índices de temperatura e 11 índices de precipitações.³ Esses 11 índices são:

- CDD: Número anual de dias secos consecutivos
- CWD: Número anual de dias chuvosos consecutivos
- Sdii: Índice de intensidade diária
- Rx1d: Precipitação máxima mensal em 1 dia
- Rx5d: Precipitação máxima mensal em 5 dias consecutivos
- R10mm: Número anual de dias chuvosos acima de 10 mm
- R20mm: Número anual de dias chuvosos acima de 20 mm
- R30mm: Número anual de dias chuvosos acima 30 mm
- R95p: dias muito chuvosos
- R99p: Dias extremamente chuvosos
- PRCPTOT: Total anual de dias chuvosos

Para facilitar o uso desses índices, a equipe de pesquisadores do Serviço Meteorológico do Canadá desenvolveu o software RCLimdex, que estima os 27 índices de temperatura e precipitação. O programa vem sendo utilizado desde 2001 em oficinas da CCI/CLIVAR (International Research Programme on Climate Variability and Predictability).⁴ Para o cálculo desses índices, utilizando o RCLimdex, é necessário dispor de dados diários. Ao executar o programa, todos os dados faltantes são identificados com o valor -99,9. Os dados deverão ser dispostos em arquivo de texto ASCII, composto de colunas correspondentes ao ano, mês, dia, precipitação, (separados por um ou mais espaços) e em ordem cronológica. A saída do RCLimdex para todos os índices fornecem dados estatísticos, tais como: tendência linear calculada pelo método dos mínimos quadrados; nível de significância estatística da tendência (p); coeficiente de determinação (R^2) e erro padrão de estimativa; assim como os gráficos das séries temporais dos índices. Desde então, vários estudos têm sido desenvolvidos utilizando o software RCLimdex em todo o mundo para determinar índices de tendências climáticas.

² In: CLIVAR Climate Variability and Predictability. Disponível em: <<http://www.clivar.org/organization/etccdi/etccdi.php>>. Acesso em: 1 mar. 2013.

³ Cf. CLIMIDATES Datasets for Indices of Climate Extremes. Disponível em: <<http://www.climdex.org/index.html>>. Acesso em: 1 mar. 2013

⁴ O software é livre e encontra-se disponível em: <<http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI>>. Acesso em: 01 mar. 2013.

Souza e Azevedo (2012) analisaram índices de detecção de mudanças climáticas derivados da precipitação pluviométrica e da temperatura em Recife (PE) do período de 1961–2008. A partir do software RCLIMDEX, os dados foram processados com o propósito de averiguar se houve mudanças no comportamento dos elementos climáticos (precipitação e temperatura). Concluíram que os índices derivados da precipitação pluviométrica não apresentaram tendências significativas de redução. Apesar do total anual de precipitação pluviométrica não ter sofrido modificação perceptível, constatou-se aumento da frequência de eventos extremos de chuvas a partir da década de 80, com precipitações diárias superiores a 100 mm, ou seja, maior frequência de chuvas intensas em um dia.

Santos *et al.* (2009) estudaram dezoito postos pluviométricos do período de 1935 a 2006 no estado do Ceará. Primeiramente, os dados foram submetidos à análise de consistência espacial e temporal dos valores diários. Para avaliação da homogeneização dos dados, utilizou-se o software RCLimindex 1.9.0. O estudo concluiu que, no geral, houve um aumento dos dias úmidos e da precipitação total anual. No entanto, não é apontada uma diminuição dos dias consecutivos secos, o que caracteriza que está chovendo mais em um menor número de dias. Também não foi possível concluir que as tendências observadas estão ligadas mais as variações climáticas locais do que às globais.

Silva (2010) estudou índices de extremos climáticos e tendências da precipitação anual e sazonal na Amazônia oriental. A análise baseou-se no conjunto de dados diários de precipitação e temperatura do ar de oito estações meteorológica sobre o Pará e conjunto de dados mensais de precipitação de 134 estações pluviométricas da Amazônia Oriental. Para cálculo dos índices extremos climáticos, foi utilizada a metodologia estatística do software RCLimindex e, para tendências de precipitação, o teste não paramétrico de Mann Kendall. Concluiu-se que as estações de Breves, Tucuruí, Cameté e Belém foram as estações que apresentaram os valores menos expressivos de dias secos consecutivos. Para essas estações, observou-se que os anos menos expressivos de dias secos consecutivos, CDD, ocorreram em anos de episódios de El Niño /La Niña, associados em alguns casos à fase quente do Gradiente do Atlântico Tropical e, em alguns casos, associados à fase fria do Gradiente do Atlântico Tropical. Analisando os resultados de tendência sazonal do teste de Mann Kendall, a autora verificou que das 134 estações, 45 apresentaram tendência positiva, 78 tendência negativa e 11 tendências à neutralidade. Os resultados de tendência de precipitação anual do teste de Mann Kendall mostraram que, das 134 estações analisadas, 68 apresentaram tendências positivas, 56 tendências negativas e 10 estações com tendências de neutralidade.

Souza *et al.* (2012) estudaram os índices extremos climáticos de precipitação observados na bacia do rio Sirinhaém – Pernambuco, no período de 1963 a 2011. Foram utilizados dados diários de oito postos pluviométricos. Os índices climáticos foram gerados pelo programa RCLimdex. Concluíram que está havendo mudança no padrão das precipitações, com chuvas intensas concentrando em um dia, com veranicos prolongados.

Wang *et al.*(2013), estudaram a temperatura e a precipitação diária na bacia do rio amarelo, China. O estudo compreendeu o período de 1959 a 2008 e foram utilizadas 75 estações meteorológicas. As séries foram divididas em dois períodos: 1959-1984; 1985-2008. O estudo utilizou o software da Climate Research Division of Environment Canada para analisar os extremos de temperatura e precipitação. O método da regressão linear foi usado para quantificar tendência acima de uma magnitude para estações individuais e séries regionais. Foi utilizado, para análise das séries, o teste estatístico não paramétrico de Mann Kendall. O teste Kolmogorov Smirnov foi aplicado às séries, com a hipótese nula de funções de distribuição idênticas para os dois períodos. Concluíram que a maior parte da bacia do rio amarelo mostra tendências positivas e negativas nos índices de precipitação, mas a maioria das tendências não é significativa ao nível de confiança de 95%.

Nandintsetseg *et al.* (2006) estudaram a tendência extrema de precipitação diária e temperatura no lago Hovsgol, Mongólia, no período de 1963 a 2002. A análise baseou-se nos índices de mudança climática do software RCLimdex. Concluíram que o número de dias de precipitação com no mínimo de 2 mm não teve aumento significativo nos últimos 40 anos. O número de dias com precipitação maior ou igual a 10 mm mostraram tendência de crescimento fraco no norte da Mongólia desde 1963. Não há mudança estatisticamente significativa no número máximo consecutivos de dias secos. Contudo, o número máximo de dias consecutivos secos tende a decrescer no norte da Mongólia, onde a média anual de precipitação tem aumentado.

3.3 Análise de séries de médias móveis

A média móvel é uma das técnicas utilizadas na análise de séries temporais. Uma série é denominada temporal quando uma sequência de dados é observada em intervalo de tempo regular. Uma série temporal é periódica com tendência na média quando os valores assumidos pela função oscilam em torno de um ponto médio crescente ou decrescente. As tendências das séries temporais podem ser estudadas por meio de técnicas de autocorrelação e médias móveis. Os métodos que utilizam as médias móveis são métodos não causais, não se definindo variáveis explicativas, assumindo, antes, que as componentes são funções “suavizadas no tempo”, com

um comportamento estocástico. Esses métodos têm sido os mais frequentemente utilizados na correção sazonal de séries de diferente natureza (fluxos econômicos, dados demográficos, dados hidrológicos, etc.) e facilitam a detecção de tendências (VAZ, 2008).

Segundo Vaz (2008), a alteração climática deve traduzir-se na alteração dos parâmetros estatísticos das séries temporais de variáveis hidrológicas, com ênfase para as respectivas médias e desvios padrão e conseqüentemente coeficiente de variação e eventualmente coeficiente de assimetria.

Segundo definição do IPCC (2007, *apud* VAZ, 2008), “alteração climática consiste numa variação estatisticamente significativa da média e/ ou variabilidade das variáveis que definem o clima e persiste durante um longo período na ordem de décadas ou maior, sem uma identificação específica da causa dessa variação” (p.7).

Vaz (2008) estudou tendência em séries de precipitação diária máxima anual em Portugal, utilizando a análise de médias móveis para períodos de 5, 15, 25 e 30 anos e, posteriormente, aplicou a distribuição de Gumbel. Em seguida, fez a análise de frequências empírica das precipitações diárias máximas anuais. A investigação não confirmou as expectativas quanto ao efeito das alterações climáticas nas precipitações.

Lupikasza (2010) investigou a variabilidade temporal e espacial de 48 séries de precipitação diária na Polônia, utilizando períodos móveis de 30 anos (1951-2006) para avaliar a estabilidade de tendências em eventos de precipitação extrema. A precipitação diária foi também utilizada para calcular totais mensais que foram testados com o Teste de Homogeneidade Normal Padrão com o software Anclim⁵. Foi utilizado o método Sen juntamente com o método dos mínimos quadrados que foi aplicado para avaliar tendências monótonas (tendências crescentes ou decrescentes) nas séries de precipitação. Para avaliar tendência de precipitação, foi aplicado o teste de Mann Kendall e regressão linear simples. O estudo concluiu que, no verão e no inverno, tendências decrescentes atingiram maiores graus de estabilidade no sul da Polônia. Na primavera e no outono, observou-se queda estável dos índices extremos de precipitação na parte sul-ocidental do País. Tendências crescentes foram registradas esporadicamente.

⁵ Disponível em: <<http://www.sci.muni.cz/~pest>>. Acesso em: 01 mar. 2013.

Baggioto *et al.* (2012) estudaram a variabilidade do regime de chuva e vazões na bacia do rio Camaquã, RS, com o objetivo de identificar padrões e fatores de influência do regime hidrológico. Utilizou-se a média móvel de 5 anos como forma de identificar períodos de ciclos chuvosos ou secos em séries de precipitação. Posteriormente, testaram a hipótese da igualdade das médias pelo teste t de Student, presumindo variâncias diferentes. Concluíram que tanto as chuvas, quanto as vazões demonstraram tendência de aumento em seus volumes após 1990.

3.4 El Nino Southern Oscillation (ENSO) e Oscilação Decadal do Pacífico

As investigações sobre as alterações da circulação atmosférica, seus efeitos no clima e, conseqüentemente, no regime hidrológico de várias regiões, iniciaram-se no começo do século XX. Segundo Robinson e Henderson-Sellers (1999), a relação entre fenômenos em duas ou mais localidades que não apresentam uma conexão direta aparente é chamada de teleconexão. Segundo Marengo (2003), a identificação de teleconexões e a análise de suas influências na circulação atmosférica podem ser úteis para a compreensão da ocorrência de eventos anômalos em várias partes do mundo. As teleconexões estão associadas a causas naturais, são alterações climáticas simultâneas em regiões distantes produzidas por trocas de circulação atmosférica.

As investigações sobre as possíveis teleconexões são iniciadas após a identificação das anomalias climáticas. Os usos da média aritmética e do desvio padrão constituem a base para uma análise inicial e entendimento das anomalias climáticas. Segundo Braga (2002 *apud* SILVA *et al.*, 2012), associando a estatística e os estudos de anomalias climáticas a partir de um intervalo de “normalidade” das precipitações, é possível comparar a média mensal e do período analisado às discrepâncias dos valores e, assim, utilizar-se do desvio padrão para medir o grau de dispersão entre as médias. Dessa forma, anomalia é definida quando a precipitação observada excede (anomalia positiva) o valor da precipitação média mais o desvio padrão do período ou é inferior (anomalia negativa) ao valor da média menos desvio padrão. Portanto, considera-se que a precipitação observada normalmente pode oscilar, no intervalo limitado pela precipitação média, mais ou menos o desvio padrão, e valores acima ou abaixo desse limite são considerados anos ou meses de anomalias. (BRAGA *et al.*, 2002, p. 2068).

As equações abaixo, propostas por Braga *et al.* (2002), podem ser utilizadas para calcular as anomalias positivas e negativas:

$$AP = Pobs - (Pmed + DP), \text{ se } Pobs > Pmed + DP \quad (10)$$

$$AN = (Pmed - DP) - Pobs, \text{ se } Pobs < Pmed - DP \quad (11)$$

Na qual:

AP é a anomalia positiva,

AN é a anomalia negativa,

Pobs é a precipitação observada,

Pmed é a precipitação média do período,

DP é o desvio padrão do período.

Outra metodologia é a definição do índice de anomalia de chuva (IAC), desenvolvido e testado por Rooy (1965), o qual é representado pelas seguintes equações:

$$IAC = 3 \left[\frac{N - \bar{N}}{M - \bar{N}} \right] \text{ para anomalia positiva} \quad (12)$$

$$IAC = -3 \left[\frac{N - \bar{N}}{\bar{X} - \bar{N}} \right] \text{ para anomalia negativa} \quad (13)$$

Em que:

N é a precipitação mensal atual (mm);

\bar{N} precipitação média mensal da série histórica (mm);

\bar{M} é a média das dez maiores precipitações mensais da série histórica (mm);

\bar{X} é a média das dez menores precipitações mensais da série (mm).

A metodologia do IAC serve para classificar períodos secos e úmidos de acordo com a média local. A Tabela 1 apresenta a classificação de períodos secos e úmidos conforme o IAC:

Tabela 1 – Classificação do Índice de Anomalia de Chuva	
Faixa do IAC	Classificação da Pluviosidade
$X \geq 4$	Extremamente Chuvoso
$X \geq 2$ e $X < 4$	Muito Chuvoso
$X > 0$ e $X < 2$	Chuvoso
$X = 0$	Nem Chuvoso e Nem Seco (Sem Anomalia)
$X < 0$ e $X > -2$	Seco
$X \leq -2$ e $X > -4$	Muito Seco
$X \leq -4$	Extremamente Seco

Fonte: MARCUZZO; MELO, 2011.

Marcuzzo e Melo (2011) analisaram a variação espacial, temporal e sazonal da precipitação pluvial no Estado do Mato Grosso. Utilizaram dados de 75 estações pluviométricas distribuídas no Estado com 30 anos de dados, no período de 1977 a 2006. Para classificação de períodos secos ou úmidos, foram calculadas as médias temporais mensal, anual e sazonal de precipitação para o período de estudo, e elaborado o cálculo do Índice de Anomalia de Chuva (IAC). Os resultados mostraram uma grande variação nos índices precipitados, sendo as localidades situadas no extremo noroeste e norte com os maiores valores de chuva, e as do sul com os menores índices pluviais.

A teleconexão é frequentemente utilizada em associação com os índices de circulação ou temperaturas da superfície do mar sobre determinadas regiões dos oceanos.

Diaz *et al.*(1998) estudaram a precipitação no Uruguai e no Estado do Rio Grande do Sul, estendendo ao longo da costa atlântica do sul. Os dados corresponderam a 40 estações pluviométricas, compreendendo o período de 1917–1980. Foi utilizada a análise de componentes principais e análise de correlação canônica. A análise de componentes principais da precipitação mostrou uma maior variabilidade do interior para o litoral (oeste–leste), com maior valor positivo em relação à média anual, no oeste, e no leste ao longo da costa atlântica. Na direção norte-sul, os maiores desvios positivos em relação à média anual ocorreram no sul, durante o fim do verão e outono, e durante o início da primavera e início do verão, no norte. Em todo o período considerado, os estudos mostraram que a variabilidade de precipitação no Uruguai e no Rio Grande do Sul está associada às anomalias da temperatura da superfície do mar, em ambos os oceanos (Pacífico e Atlântico).

Oliveira (2008) estudou a influência do Pacífico e do Atlântico na variabilidade interanual de precipitação sobre a América do Sul. Foram utilizados dados mensais de precipitação e Temperatura da Superfície do Mar (TSM). A transformada de Ondaleta foi a técnica utilizada para identificar as escalas dominantes dos índices de TSM durante o período de 1948-2002, bem como filtrar os dados na escala interanual. As análises mostraram que os dois setores do Pacífico (Pacífico Equatorial Leste e Pacífico Subtropical Sul) possuem uma relação inversa com a precipitação. Para os setores do Atlântico Tropical Norte (ATN), quase não há influência na precipitação, enquanto Atlântico Tropical Sul (ATS) e Atlântico Subtropical Sul (ASS) afetaram consideravelmente a precipitação em áreas distintas da América do Sul.

Menezes *et al.*(2008) estudaram a relação entre a temperatura da superfície dos oceanos tropicais e a duração dos veranicos no Estado da Paraíba. Para isso, a partir da distribuição

temporal dos maiores veranicos para cada microrregião do estado da Paraíba, foi estimada a relação entre os veranicos e as anomalias de temperatura da superfície do mar nas áreas dos niños (Niño 1+2, Niño3, Niño 3.4 e Niño 4), assim como na área associada ao Padrão de Dipolo de anomalias de TSM do Atlântico Tropical. As relações foram estimadas fazendo uso da equação de regressão linear simples, ou seja: calculou-se o coeficiente de correlação linear de acordo com Bussab e Morettin (1987) entre as anomalias de TSM do mês de outubro do ano j e os veranicos da estação chuvosa do ano $j + 1$ de cada microrregião; em seguida, foi feito cálculo semelhante para as anomalias de TSM do mês de novembro do ano j e os veranicos das estações chuvosas do ano $j + 1$; repetiu-se o mesmo procedimento para as anomalias de TSM do mês de dezembro; em seguida, estimaram-se os coeficientes de correlação entre as anomalias de TSM de janeiro do ano $j + 1$ e os veranicos das estações chuvosas do ano $j + 1$, e assim sucessivamente.

Os índices de circulação formam um meio eficiente de expressar movimentos atmosféricos frequentes e complexos sobre uma área. O índice de Oscilação Sul (IOS ou SOI) é o mais conhecido, sendo utilizado em previsões de longo termo de precipitações e vazões. Outros índices também bastante utilizados nas análises de teleconexões são o índice de Oscilação do Atlântico Norte (NAO), Índice de Oscilação do Mediterrâneo (MOI), principalmente na Europa, e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP ou PDO).

Feidas *et al.*(2007) estudaram tendências anual e sazonal de chuva na Grécia e analisaram a variabilidade da chuva com três índices de circulação atmosférica: Índice de Oscilação do Atlântico Norte (NAOI), Índice de Oscilação do Mediterrâneo (MOI) e Índice de Circulação novo Mediterrâneo (MCI). Foram utilizadas séries de precipitação de 24 postos do período de 1980 a 2001. Aplicou-se o método dos mínimos quadrados e o teste estatístico de Mann Kendall para detectar uma possível mudança climática. Os autores encontraram uma tendência de decréscimo na escala anual determinada pelo clima observado no inverno e a Oscilação do Atlântico Norte como o índice mais correlacionado com a variabilidade da chuva.

A variabilidade natural observada da flutuação da pressão atmosférica à superfície do mar sobre o Pacífico Equatorial é denominada Oscilação Sul. A intensidade da Oscilação Sul é indicada pelo índice de Oscilação Sul (IOS ou SOI), o qual mede a diferença da pressão atmosférica padronizada entre cidade de Darwin, na Austrália e, o Taiti, na Polinésia Francesa, causando enfraquecimento ou intensificação dos ventos alísios sobre o Oceano Pacífico Equatorial. (HACKBART, 2013)

As séries temporais suavizadas de SOI se correlacionam com as mudanças das temperaturas do oceano e pressão atmosférica ao longo do Pacífico tropical leste. Pressões atmosféricas abaixo do normal no Taiti e acima do normal em Darwin representam a fase negativa do IOS (ou SOI). Períodos prolongados de valores negativos do IOS (ou SOI) coincidem com um aquecimento anormal das águas do Pacífico tropical leste, o que é típico dos episódios de El Niño. Já os períodos mais duradouros de valores positivos do IOS (ou SOI) coincidem com o resfriamento anormal das águas do Pacífico tropical leste e anomalias de baixas pressões atmosféricas na Indonésia e Pacífico tropical oeste, que é típico dos episódios de La Niña (HACKBART, 2013).

As séries temporais de temperatura da superfície do mar (SST) no Pacífico equatorial leste e IOS (ou SOI) indicam que o ciclo da Oscilação Sul (ENSO) tem um período médio de quatro anos. Contudo, nos registros históricos, o período apresenta variações entre dois e sete anos. As décadas de 1980 e 1990 são caracterizadas por apresentarem ciclos muito ativos do ENSO, com cinco episódios de El Niño (1982/83, 1986/87, 1991-1993, 1994/95 e 1997/98) e três episódios de La Niña (1984/85, 1988/89 e 1995/96). Nessas décadas, também se observou a presença dos dois eventos mais intensos de El Niño do século passado (1982/83 e 1997/98), além de dois períodos consecutivos de condições de El Niño, de 1991 a 1995, sem um episódio frio (La Niña).

Segundo Rao e Hada (1990), mencionados por Silva (2009), os impactos canônicos da Oscilação Sul sobre a precipitação na América do Sul durante os episódios de El Niño são chuvas acima do normal sobre o sul do Brasil, o norte da Argentina, o Uruguai e o Chile, pois ocorre uma intensificação do jato subtropical e, em consequência, o bloqueio dos sistemas frontais nestas regiões. Nos períodos de La Niña, observam-se chuvas acima do normal no nordeste brasileiro, em consequência do deslocamento da célula de Walker. Entretanto, a autora ressalva que a influência dos episódios extremos da Oscilação Sul ainda não está totalmente entendida, em parte devido à variabilidade entre as fases quente e fria.

A influência da Oscilação Sul sobre as precipitações no sul do Brasil foi exaustivamente estudada por Grimm *et al.* (2001, 2001a, 2004). Nesses trabalhos, foi verificado que a Oscilação Sul produz significativo impacto sobre as precipitações no Sul do Brasil, modificando os totais mensais e sazonais de chuva. Na fase quente, observam-se precipitações acima do normal e, durante a fase fria, períodos mais secos.

Ropelewski e Halpert (1996) examinaram a relação entre precipitação e as fases da Oscilação Sul para 19 regiões do globo. Para isso, compararam os percentis da distribuição de

probabilidade das precipitações ajustadas para o período completo de dados com os percentis da distribuição ajustada para o período de ocorrência de fenômenos associados às alterações na circulação atmosférica. O estudo revelou que 15 dessas regiões mostram evidências de anomalias de precipitação características durante a fase fria da Oscilação Sul.

Silva *et. al* (2012) estudaram a influência do El Niño e La Niña no regime pluviométrico na bacia do rio Araguari, Minas Gerais. Para isso, utilizaram para análise inicial o somatório mensal de chuvas, média aritmética e desvio padrão. Segundo os autores, associando a estatística aos estudos de anomalias climáticas a partir de um intervalo de “normalidade” das precipitações, é possível comparar a média mensal e do período analisado às discrepâncias dos valores e, assim, utilizar-se do desvio padrão para medir o grau de dispersão entre as médias. Aplicando esta metodologia afirmam que não há evidências de influência do El Niño e La Niña no regime pluviométrico na bacia do rio Araguari.

Parmezani *et al.* (1998) estudaram a associação entre a ZCAS e a ocorrência de El Niño e La Niña. A metodologia utilizada determinou a média mensal, os desvios da média de todos os meses. Para a determinação dos desvios médios foram levantados os anos e meses de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña conforme Trenberth (1997), separando os meses em que ocorreram cada fenômeno, sendo obtido quatro gráficos correspondentes à média dos desvios, mostrando o comportamento da ZCAS na presença dos fenômenos. Concluíram que, no período chuvoso, durante os episódios de El Niño, o comportamento da ZCAS favorece o aumento da precipitação na região Sul do Brasil e Norte da Argentina, que poderia ser interpretado como um posicionamento mais ao sul da ZCAS. Em eventos de La Niña, durante o período chuvoso, ocorre um aumento da precipitação no Norte e Nordeste do litoral Brasileiro. Entretanto, na região da ZCAS não se observou mudanças significativas na precipitação.

A Oscilação Decadal do Pacífico (ODP ou PDO) caracteriza-se por uma tendência de comportamento da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Pacífico com variabilidade mais longa que os episódios de El Niño e La Niña com escalas temporais médias de 20 a 30 anos. A ODP apresenta duas fases. A fase fria é caracterizada por anomalias negativas de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) no Pacífico Tropical e, simultaneamente, anomalias de TSM positivas no Pacífico Extratropical. A fase quente é caracterizada por anomalias positivas de Temperatura da Superfície do Mar (TSM) na costa oeste das Américas e, simultaneamente, anomalias de TSM tendem a ser anormalmente frias na região central do Pacífico Norte. (HACKBART,2013).

A Figura 1 ilustra os padrões típicos das anomalias de TSM (colorido) e a PNM (contorno) durante as fases quente e fria da ODP (ou POD) e a variação temporal do índice de Oscilação Decadal do Pacífico. A ODP positiva gera uma tendência de maior número de episódios de El Niños e mais intensos. Na fase fria da ODP, observa-se um maior número de episódios de La Niña que tendem a ser mais intensos (HACKBART,2013). A Figura 1 mostra três fases bem definidas: a fase fria (entre 1948 e 1975) e a fase quente (de 1923-1943 e 1976-1998).

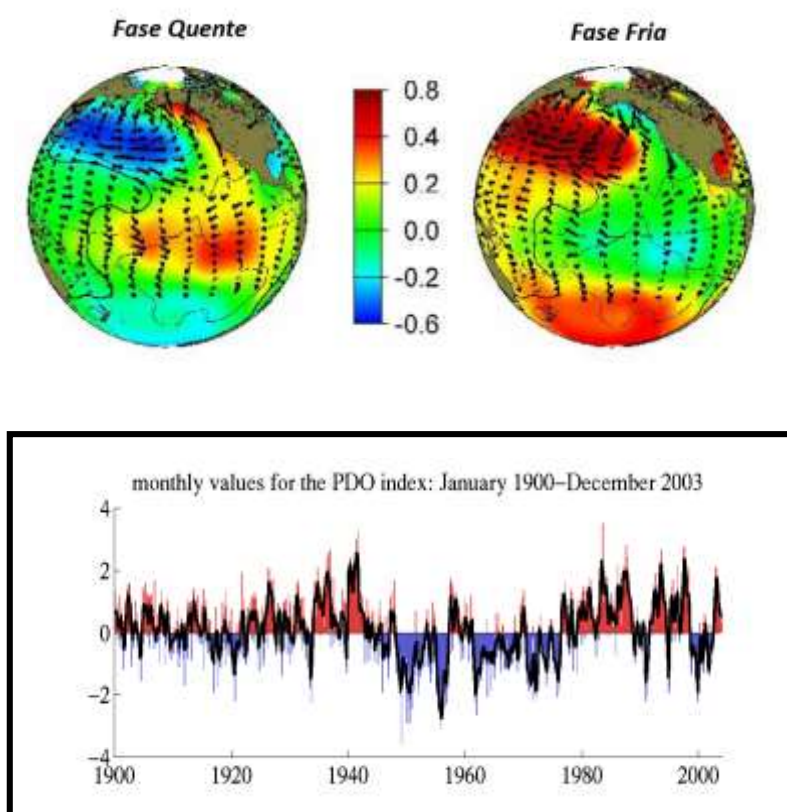


Figura 1 – Fases Quente e Fria e a variação temporal dos índices da Oscilação Decadal do Pacífico (Fonte : Mantua / PDO-Internet page)

Streck *et al.* (2009) verificaram a associação da variabilidade interdecadal de chuva em Santa Maria - RS, com a Oscilação Decadal do Pacífico. Foram utilizados dados mensais acumulados de precipitação do período de 1912 a 2008 e valores mensais do índice de ODP do mesmo período. A análise foi realizada em nível anual, semestral, sazonal (verão, outono, inverno e primavera) e mensal. A metodologia utilizada foi a seguinte: calcularam a média para o período de 1912 a 2008 e os respectivos desvios, subtraindo o valor de cada ano da média. Desvios negativos e positivos representam valores acima ou abaixo da média. Posteriormente, realizou-se uma análise de frequência, pelo cálculo da percentagem dos anos com desvios negativos e

positivos. Concluíram que existe associação entre a chuva e a ODP, de modo que décadas com chuvas acima da normal são associadas a fase quente da ODP, intercaladas com décadas com chuva abaixo da normal associadas a fase fria da ODP, o que indica oscilações periódicas de médio e longo prazo na precipitação pluvial em Santa Maria.

4 DESCRIÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO

O Estado de Minas Gerais ocupa uma área de 586.852,35 km² (IGA, 2013). Está situado entre os paralelos 14° 13'58'' e 22° 54'00'' de latitude sul, e os meridianos de 39° 51'32'' e 51° 02'35'' a oeste de Greenwich. Caracteriza-se por possuir altitude variável (100 a 2000 m), grande diversidade topográfica, com planícies, planaltos, serras, clima diversificado – do úmido ao semiárido – e cobertura vegetal composta por quatro biomas: mata atlântica, cerrado, campos de altitude (ou rupestre) e mata seca. Todas essas variáveis interagem com a circulação atmosférica, influenciando direta ou indiretamente a distribuição espacial do regime de chuvas do Estado.

O clima está diretamente relacionado aos componentes da circulação geral da atmosfera. Os sistemas que compõem a circulação geral podem ser de larga-escala, transientes e locais. Segundo Nimer (1979), os sistemas transientes, também chamados de circulação secundária, são perturbações atmosféricas relacionadas ao aparecimento de linhas de instabilidade, frentes, ciclones e anticiclones móveis que interferem nas condições meteorológicas dos sistemas de grande escala.

As linhas de instabilidade, fortemente influenciadas pela topografia, são capazes de provocar ascensão do ar quente, causando as chuvas. Essas linhas, em suas trajetórias NO-SE, atingem o Estado de Minas Gerais e intensificam-se ao atravessarem regiões de florestas, tendo como características o rápido deslocamento, formação e dissipação. As linhas de instabilidade são depressões barométricas formadas pelo aquecimento diurno, principalmente no verão (VIANELLO; MAIA, 1986).

Os sistemas frontais possuem características próprias de deslocamento de acordo com a época sazonal do ano, e de fatores sinóticos que atuam no Atlântico Sul e sobre o continente Sul Americano (LEMO; CALBETE, 1998). Na América do Sul, esses sistemas são responsáveis, principalmente, por acumulados significativos de chuva e incursões de ar frio. Tais sistemas são de grande importância, devido ao fato de provocarem mudanças significativas no tempo em diversas partes do globo, principalmente na região subtropical e de latitudes médias e altas. No Brasil, as frentes frias atuam durante todo o ano e afetam significativamente as Regiões Sul e Sudeste (ANDRADE; CAVALCANTI, 2004).

O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) é um sistema estacionário, com temperaturas bastante elevadas em seu interior, principalmente no verão, devido à intensa radiação solar. Sobre o continente, ele sofre modificações, principalmente na região ocidental do Brasil, onde sofre influência da corrente oceânica do país (águas quentes), o que favorece a instabilidade da borda oeste do ASAS. O ASAS é o responsável pelo transporte do vapor d'água proveniente do oceano Atlântico para o interior do Brasil. No outono e durante o inverno, há uma atuação mais intensa do ASAS, gerando as condições de estabilidade atmosférica observadas na bacia nesses períodos (MAIA, 1986).

No Estado de Minas Gerais, bem como em toda zona intertropical, ocorrem períodos de interrupção da chuva, durante o período chuvoso, denominados “veranicos”. O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul, atuando próximo ao litoral da região Sudeste brasileiro durante os meses de janeiro e fevereiro, é um dos principais fenômenos sinóticos que influenciam a ocorrência de veranicos (COSTA *et al.*, 1995). Segundo Assis (2001), os anticiclones polares (AP) têm sua origem na zona subantártica, área de transição entre o ar tropical e polar. Na origem, os APs são frios e secos. Ao chegarem ao Estado, já sofreram um processo de tropicalização, com um aumento da temperatura e do teor de umidade relativa. Mesmo com essas alterações, esses sistemas são responsáveis pelas baixas temperaturas durante o inverno e pelas condições de bom tempo desse período. No verão, devido à maior intensidade do processo de tropicalização, os APs atingem Minas Gerais totalmente descaracterizados.

Na região tropical, no Hemisfério Sul, existem fenômenos que caracterizam uma interação entre as latitudes médias e as tropicais (ABREU, 1998): são as zonas de convergência. No Hemisfério Sul, existem três zonas de convergência (ZC). São elas: Zona de Convergência do Pacífico Sul (ZCPS), Zona de Convergência do Índico Sul (ZCIS) e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Elas têm em comum a convecção tropical a oeste de sua formação e a orientação noroeste/sudeste. Porém, das três zonas de convergência, a que mais nos interessa é a ZCAS, por afetar diretamente o Brasil. A zona de convergência do Atlântico Sul é convencionalmente definida como uma persistente faixa de nebulosidade orientada no sentido noroeste sudeste, que se estende por milhares de quilômetros do sul da Amazônia ao Atlântico Sul Central, bem caracterizada nos meses de verão (CAMARGO, 2004), além das linhas de instabilidade, os sistemas frontais e os sistemas convectivos de mesoescala. Esta ZC é responsável pela precipitação de verão observada na região centro-sul do País, atingindo as regiões sudeste, centro-oeste, norte do Paraná e sul da Bahia (ABREU, 1998). Observações indicam evidente associação entre períodos de enchentes de verão na região sudeste e veranicos na região sul,

com a permanência da ZCAS por períodos prolongados sobre a região sudeste. Por outro lado, períodos extremamente chuvosos no sul coincidem com veranicos na região sudeste, indicando a presença de ZCAS mais ao sul. A persistência da ZCAS também parece depender de fatores atuantes em diversas escalas espaço temporais. Fases quentes do El Niño Oscilação Sul (ENOS) parecem favorecer a persistência da ZCAS oceânica em mais quatro dias, em oposição às fases neutras e frias. A persistência da atividade convectiva sobre o oceano parece ser favorecida quando o jato subtropical de altos níveis encontra-se deslocado em direção ao oeste do oceano Atlântico Sul, com respeito a sua posição climatológica (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

A corrente de jato define-se como uma corrente de ar em forma de um estreito cano ou conduto, quase horizontal, geralmente próximo à tropopausa, cujo eixo localiza-se ao longo de uma linha de velocidade máxima e de fortes cisalhamentos horizontais e verticais. Durante o inverno, as frentes frias atingem latitudes mais baixas. Dessa maneira, o jato subtropical acompanha o deslocamento desses sistemas associado ao jato polar. Durante o verão, o jato subtropical fica restrito a latitudes mais altas. (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

Na Figura 2, é apresentada a distribuição pluviométrica total anual no Estado de Minas Gerais, em que se observa que na maior parte de Minas Gerais a precipitação está entre 1200 a 1500 mm anuais. O início do período chuvoso ocorre em meados de outubro e se estende até os meses de março a maio. Segundo estudos de Guimarães *et al.* (2009), as áreas com maiores índices pluviométricos no Estado de Minas Gerais representam locais com alta ocorrência de chuvas orográficas, identificados como sendo a Serra da Mantiqueira e a Serra do Caraça, microrregião de Itabira.

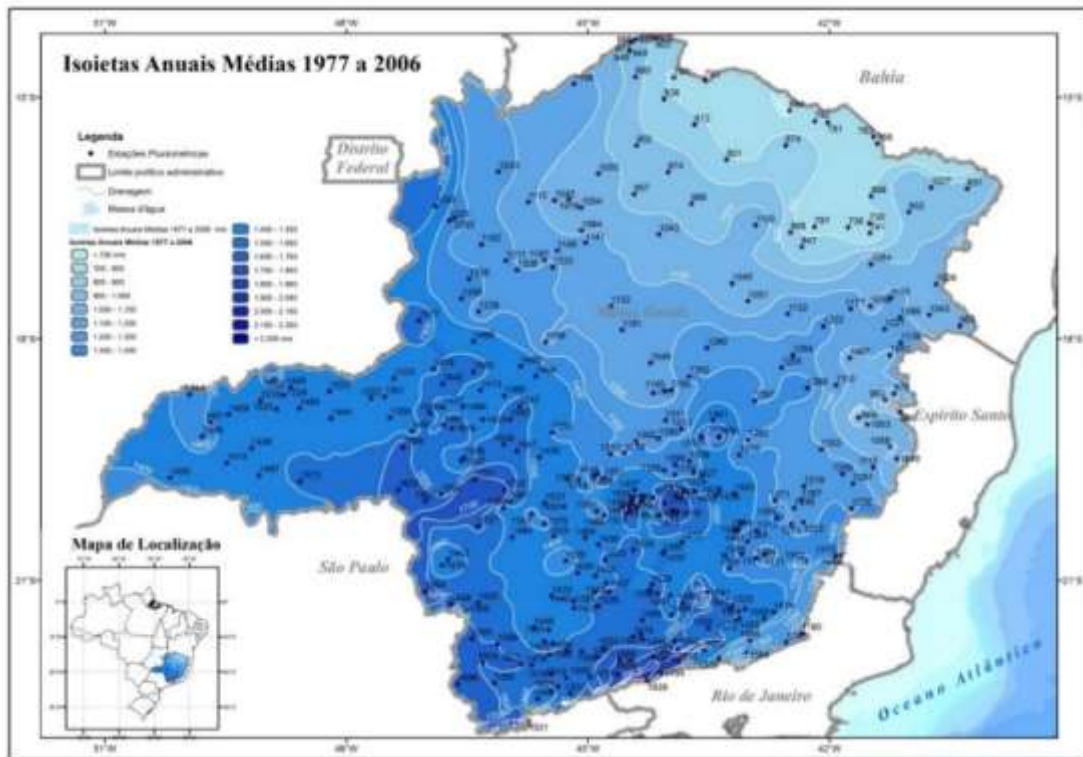


Figura 2 - Precipitação média anual. Fonte: CPRM, 2011.

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Coleta de Dados

As séries de dados de chuva utilizados neste estudo foram obtidas junto Agência Nacional de Águas (ANA), a partir do sistema de informações hidrológicas, o Hidroweb⁶. As consultas foram realizadas com o objetivo de selecionar séries históricas de precipitações diárias das bacias do São Francisco, Atlântico Leste e Paraná no Estado de Minas Gerais. Nessa consulta, observou-se que alguns postos pluviométricos estavam cadastrados, mas os dados não estavam disponíveis para acesso. Dessa forma, a amostra ficou reduzida, conforme mostrado na Tabela 2 a seguir.

⁶ Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 29 mar. 2012.

Tabela 2 – Dados disponíveis para consulta

Sub-bacias	Registro de dados da ANA	Disponível para consulta
40	229	132
41	164	109
42	131	74
43	45	29
44	148	100
45	13	11
54	149	91
55	37	19
56	255	154
57	03	02
60	139	76
61	359	195
TOTAL	1672	992

Foram selecionadas séries longas com base nas afirmações de Clarke (2003), ou seja: somente por meio de séries longas torna-se possível separar tendências de flutuações lentas. A Tabela 3 mostra a primeira avaliação dos postos pluviométricos:

Tabela 3 – Relação de sub bacias consultadas

<i>Sub-bacias</i>	<i>Dados disponíveis</i>	<i>Séries com + 50 anos</i>	<i>Séries com – 50 anos</i>
40	132	23	109
41	109	23	86
42	74	08	66
43	29	02	27
44	100	05	95
45	11	02	09
54	91	13	78
55	19	05	14
56	154	30	124
57	02	01	01
60	76	08	68
61	195	57	138
TOTAL	992	177	815

Essa primeira avaliação reduziu o tamanho da amostra em 78,28%. As séries remanescentes foram submetidas a uma segunda análise. Foi verificado, dentro do intervalo mínimo de 50 anos, se os dados são contínuos, ou seja, se a série é ininterrupta ao longo dos anos. A Tabela 4 apresenta o resultado dessa análise:

Tabela 4 – Resultado da análise de falhas nas séries

<i>Sub-bacia</i>	<i>Dados disponíveis</i>	<i>A ser analisados</i>
40	23	14
41	23	13
42	08	02
43	02	02
44	05	02
45	2	0
54	13	3
55	05	0
56	30	22
57	01	0
60	08	03
61	57	07
TOTAL	177	68

Foram selecionadas 68 estações pluviométricas com extensão superior a 50 anos passíveis de serem analisadas. As estações pluviométricas selecionadas encontram-se discriminadas no Anexo B.

5.2 Consistência de Dados

O método utilizado para análise de consistência de dados foi o de dupla massa, desenvolvido pelo Geological Survey (USA) e descrito por Tucci (2002), que consiste em verificar se os valores do posto a consistir são proporcionais aos observados no posto de comparação. Sendo assim, os pontos deverão alinhar segundo uma única reta. Dessa forma, é possível verificar a homogeneidade dos dados de um posto em relação ao posto vizinho e identificar mudanças no comportamento da precipitação ao longo do tempo, ou mesmo no local de observação. No método da Dupla Massa, é elaborado um gráfico em que o eixo das abscissas corresponde ao somatório da média da região dos totais mensais de precipitação e o eixo das ordenadas ao somatório da estação que deseja verificar a consistência. A declividade da reta determina o fator de proporcionalidade entre ambas as séries (TUCCI, 2002). Nesse método, é considerada inconsistente a série se a reta formada apresentar mudança de declividade ou de direção. As estações de apoio foram compostas por, no máximo, três estações e o critério adotado para seleção dos postos pluviométricos foi além do mencionado de $R^2 > 0.99$.

Os critérios utilizados para selecionar as estações para o estudo basearam-se nos postos pluviométricos que cobriam um período mínimo de 50 anos de registros, com poucas falhas e representavam, na medida do possível, as regiões do Estado de Minas Gerais a serem consideradas na análise de dupla massa.

5.3 Análise de tendência nas séries temporais de índices de precipitação

Na realização desta etapa, foram empregados os índices climáticos, referentes à precipitação, conforme a definição realizada pelo ETCCDMI. Os índices utilizados neste estudo estão apresentados na Tabela 5 e as respectivas formas de cálculo no próximo parágrafo.

Tabela 5 – Índices de Precipitação

Sigla	Nome do índice	Definição	unidade
CDD	Número anual de dias secos consecutivos	Número máximo de dias consecutivos com $P < 1$ mm	dias
CWD	Número anual de dias chuvosos consecutivos	Número máximo de dias consecutivos com $P \geq 1$ mm	dias
Sdii	Índice de intensidade diária	Total anual de precipitação em dias chuvosos ($P \geq 1$ mm) dividido pelo número de dias chuvosos ($P \geq 1$ mm) no ano hidrológico	mm/dia
Rx5d	Precipitação máxima mensal em 5 dias consecutivos	Precipitação máxima mensal de 5 dias consecutivos chuvosos	mm
R10mm	Número anual de dias chuvosos acima de 10 mm	Conta o número de dias no ano com $P \geq 10$ mm	dias
R30mm	Número anual de dias chuvosos acima 30 mm	Conta o número de dias no ano com $P \geq 30$ mm	dias
R99p	Dias extremamente chuvosos	Precipitação anual total em que $P > 99$ percentil	mm
PRCPTOT	Total anual de dias chuvosos	Total anual de chuva em dias chuvosos ($P \geq 1$ mm)	mm

Fonte: Manual do usuário - RCLimindex

CDD - Número anual de dias secos consecutivos: Seja RR_{ij} a quantidade de precipitação diária no dia i do período j . O índice CDD indica o número de dias consecutivos em que a precipitação foi inferior a 1 mm no período j :

$$\text{Contagem do número de dias consecutivos no ano, em que } RR_{ij} < 1 \text{ mm} \quad (14)$$

CWD - Número anual de dias chuvosos consecutivos: Seja RR_{ij} a quantidade de precipitação diária no dia i do período j . O índice CWD indica o número de dias consecutivos em que a precipitação foi superior ou igual a 1 mm no período j :

$$\text{Contagem do número de dias consecutivos no ano, em que } RR_{ij} \geq 1 \text{ mm} \quad (15)$$

Sdii - Índice de intensidade diária: Seja RR_{wj} a quantidade de precipitação diária de dias chuvosos, w ($RR \geq 1$ mm) no período j , logo:

$$Sdij = \frac{\sum_{w=1}^W RRwj}{W} \quad (16)$$

Rx5d - Precipitação máxima mensal em 5 dias consecutivos: Seja a quantidade de precipitação para o intervalo de 5 dias finalizando em k, no período j. Então, o máximo valor de 5 dias para o período j é:

$$Rx5d = \max (RR_{kj}) \quad (17)$$

R10mm - Número anual de dias chuvosos acima de 10 mm: Seja RR_{ij} a quantidade de precipitação diária no dia i no período j.

$$\text{Contagem do número de dias onde } RR_{ij} \geq 10 \text{ mm} \quad (18)$$

R30mm - Número anual de dias chuvosos acima 30 mm: Seja RR_{ij} a quantidade de precipitação diária no dia i no período j. Se 30 representa um valor de precipitação diária então, a contagem do número de dias será:

$$\text{Contagem do número de dias onde } RR_{ij} \geq 30 \text{ mm} \quad (19)$$

R99p - Dias extremamente chuvosos: Considerando que RR_{wj} é a quantidade de precipitação diária em um dia úmido w (com $RR \geq 1.0$ mm) no período j e RR_{wn99} é o percentil 99 da precipitação em dias úmidos representativo de todo o período de anos da série de dados. Então, se W representa o número de dias chuvosos, logo:

$$R99pj = \sum_{w=1}^W RRwj, \text{ em que } RRwj > RR_{wn99} \quad (20)$$

PRCPTOT - Total anual de dias chuvosos: Seja a quantidade de precipitação diária no dia i no período j. Se i representa o número de dias em j, então :

$$PRCPTOT_j = \sum_{i=1}^I RRij \quad (21)$$

Para cada estação selecionada para o estudo, foram elaboradas séries temporais por ano hidrológico dos índices, indicados na Tabela 5. A presença de tendências nas séries temporais dos índices foi avaliada efetuando uma regressão linear e analisando o nível de significância estatística da tendência (valor p inferior ou igual a 0,10).

A montagem das séries temporais dos índices por ano hidrológico e os testes de presença de tendência foram realizados utilizando uma versão modificada do software RClindex 3.4, desenvolvido em ambiente R e mantido pelos pesquisadores Xuebin Zhang e Feng Yang do Serviço de Meteorologia do Canadá. A modificação efetuada permitiu o cálculo dos índices por ano hidrológico (Out-Set).

A avaliação da distribuição espacial da presença ou não de tendência nos índices foi realizada elaborando-se um mapa de pontos com a seguinte simbologia: tendência positiva significativa (S+); tendência negativa significativa (S-) e tendência não significativa (NS).

5.4 Avaliação da presença de tendência nas séries temporais de Pdma

Após a montagem das séries de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (Pdma), foram aplicados testes estatísticos, com o objetivo de avaliar a presença de tendência nessas séries temporais. Os testes aplicados para verificar a presença de tendências foram o de Mann-Kendall, de Spearman's Rho, de Regressão Linear. Os testes de Man-Kendall e de Spearman's Rho são não paramétricos e o de regressão linear é paramétrico. As descrições dos testes de acordo com o manual do software TREND encontram relacionadas abaixo.

5.4.1 Teste Mann Kendall

Os n valores das séries temporais ($X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$) são reorganizados de acordo com sua ordem de classificação ($R_1, R_2, R_3, \dots, R_n$) a partir de 1, para o mais baixo até n. O teste estatístico é:

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\sum_{j=i+1}^n \text{sgn} (R_i - R_j) \right) \quad (22)$$

Na qual:

$$\begin{aligned} \text{sgn}(x) &= 1 && \text{para } x > 0 \\ \text{sgn}(x) &= 0 && \text{para } x = 0 \\ \text{sgn}(x) &= -1 && \text{para } x < 0 \end{aligned}$$

Se a hipótese nula (H_0) é verdadeira, então S é aproximadamente normalmente distribuído com:

$$\mu = 0 ;$$

$$\sigma = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (23)$$

A estatística Z é, portanto:

$$Z = \frac{|S|}{\sqrt{\sigma}} \quad (24)$$

5.4.2 Teste Spearman' Rho

Determina se a correlação entre duas variáveis é significativa. Na análise de tendência, uma variável é tomada como o próprio tempo (anos) e o outro como os dados de série de tempo correspondente. Como no teste de Mann Kendall, os valores são reorganizados. O teste estatístico ρ_s é o coeficiente de correlação:

$$\rho_s = \frac{S_{xy}}{\sqrt{S_x S_y}} \quad (25)$$

Na qual:

$$S_x = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2 \quad (26)$$

$$S_y = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2 \quad (27)$$

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y}) \quad (28)$$

E x_i (tempo) e y_i (variável de interesse) e \bar{X} e \bar{Y} referem-se às médias x_i e y_i .

Para grandes amostras, a quantidade $\rho_s \sqrt{(n-1)}$ é normalmente distribuída com média 0 e variância 1. Os valores críticos de testes estatísticos para vários níveis de significância podem ser obtidos por meio de tabelas de probabilidade normal.

5.4.3 Teste de Regressão Linear

É um teste paramétrico que assume que os dados são normalmente distribuídos. Testa se há uma tendência linear examinando a relação entre o tempo (x) e a variável de interesse (y).

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})(y_i - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2} \quad (29)$$

O intercepto é estimado como:

$$a = \bar{Y} - b \bar{X} \quad (30)$$

O teste estatístico S é dado por:

$$S = \frac{b}{\sigma} \quad (31)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{12 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2}{n(n-2)(n^2 - 1)}} \quad (32)$$

O teste estatístico S segue a distribuição de Student com $n - 2$ graus de liberdade sob hipótese nula H_0 . O teste de regressão linear assume que os dados são normalmente distribuídos e que os erros (desvios de tendência) são independentes e segue a mesma distribuição normal com média zero.

Os testes foram efetuados com o software TREND. Os métodos estatísticos presentes no TREND baseiam-se nas propostas do encontro de especialistas da OMM/UNESCO sobre a “Detecção de tendências e outras mudanças nos dados hidrológicos” (tradução livre), bem como, no “Hydrological Recipes” da CRCCH.

Além dos três testes mencionados anteriormente, o TREND possibilita a aplicação de outros nove testes com diferentes objetivos. Estão disponíveis três testes para mudança na média e/ou mediana (Distribution Free CUSUM; Cumulative Deviation e Worsley Likelihood Ratio); dois testes para diferença na média e/ou mediana em dois períodos diferentes de dados (Rank-Sum e Student’s t-test) e quatro testes para aleatoriedade (Median Crossing, Turning Points, Rank Difference e Autocorrelação). Os níveis de significância adotados nos testes são 1%, 5% e 10%. Descrições detalhadas dos testes são encontradas no Anexo A.

A avaliação da possível presença de um padrão regional de tendência foi realizada elaborando mapas de pontos com os resultados dos testes.

5.5 Avaliação da presença de tendência nas séries de médias móveis de Pdmah

As séries pluviométricas de cada posto foram submetidas à análise gráfica, obtendo-se média, desvio padrão, coeficiente de variação, tomando como base o máximo valor de precipitação diário no ano. Os gráficos gerados serviram para identificar *outliers* de cada série. Os *outliers* podem influenciar de forma significativa inferências realizadas sobre os modelos ajustados e conseqüentemente levar a erros de análise.

A média aritmética, medida de tendência central, é calculada somando todos os valores da amostra de um conjunto de n observações e dividindo depois pelo seu número de valores.

$$P_{média} = \frac{\sum_{i=1}^N P}{N} \quad (33)$$

O desvio-padrão (s) e o coeficiente de variação (cv) são dois parâmetros de dispersão, ou seja, dão a conhecer como é que os dados numéricos tendem a distribuir-se em torno de um valor de tendência central.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_i - P_{média})^2}{n-1}} \quad (34)$$

O desvio-padrão só pode assumir valores não negativos e é tanto maior quanto maior for a variabilidade dos dados. O desvio-padrão tem a mesma dimensão da variável em estudo – ele é o parâmetro de dispersão mais utilizado, quer em hidrologia, quer noutros domínios (VAZ, 2008). O coeficiente de variação é um parâmetro adimensional e define-se com sendo a razão entre o desvio-padrão e a média:

$$CV = \frac{s}{P_{média}} \quad (35)$$

Para identificar uma possível presença de tendência nas séries de precipitações diárias máximas anuais, foram elaborados gráficos apresentando a média móvel de 3, 10 e 30 anos. As médias sucessivas de precipitações foram representadas em gráficos de intervalos de tempo na abscissa e, na ordenada, foi representada a precipitação média. Além das médias móveis, os desvios-padrão e coeficientes de variação foram plotados. Os cálculos das médias, desvios-padrão e

coeficientes de variação móveis utilizaram as equações 33,34 e 35 do item 5.5, aplicadas a cada posto pluviométrico de n anos.

A média móvel de 3 anos foi escolhida para observar se há interação entre os eventos que ocorrem no Oceano Pacífico (El Niño e La Niña) com as precipitações máximas. Procurou-se avaliar as anomalias associadas ao El Niño e La Niña com as alterações possíveis no regime pluviométrico. O fenômeno do El Niño e La Niña tem uma tendência de alternar com uma periodicidade a cada 3 a 7 anos.

As Regulamentações Técnicas da OMM definem como normais climatológicas “os valores médios calculados para um período relativamente longo e uniforme compreendendo no mínimo três décadas consecutivas” (BRASIL, 1992, p.1) e padrões climatológicos normais como média de dados climatológicos calculados para períodos consecutivos de 30 anos. Entre as normais climatológicas, encontra-se a precipitação.

Com base nessa recomendação descrita acima, foram elaborados gráficos com média móvel de 30 anos. Com as médias móveis mais longas, é possível identificar ou confirmar uma tendência, pois o tamanho da série influencia o resultado de tendência positiva ou negativa. Portanto, quanto maior o período, mais suave é o seu comportamento (MCCUEN,2003).

Ao se adotar média móvel de 10 anos, procurou-se por um maior número de pontos que possa caracterizar a curva representativa.

A fim de verificar tais alterações, foi elaborada a análise para cada posto pluviométrico (Apêndices C e D), por sub-bacia, aprovado na análise de consistência e posteriormente procedida uma análise global das estações estudadas. Primeiramente, foi elaborada uma análise da média móvel de 10 e 30 anos, apresentando os picos de precipitação e pontos mínimos e comparando com o período de Oscilação Decadal do Pacífico. Foi verificado se, no ano hidrológico em que ocorreu máxima precipitação, houve presença de La Niña e El Niño. Também foi aplicada a metodologia de Braga et al. (2002) citada por Silva (2012), para detectar possíveis anomalias, verificando as precipitações máximas e mínimas ocorridas no período analisado e comparando com as precipitações médias para mais ou menos o desvio padrão.

5.6 Avaliação da frequência nas séries de Pdmah

A avaliação das possíveis alterações na frequência de ocorrência das precipitações diárias máximas por ano hidrológico foi realizada a partir das frequências empíricas de ocorrência dos eventos e assumindo que as probabilidades de ocorrência são modeladas pela distribuição de Gumbel.

Inicialmente, foi avaliado se a distribuição de Gumbel poderia ser adotada para as séries de precipitação máxima diária anual. Essa avaliação foi efetuada considerando apenas o período completo de dados. Para tanto, foi verificada a homogeneidade, a aleatoriedade e estacionareidade das séries como descrito por Naghettini e Pinto (2007). Em seguida, foram calculados os parâmetros da distribuição de Gumbel para máximos pelo método dos momentos:

$$\alpha = \frac{\sqrt{6}}{\pi} S_x \quad (36)$$

$$\beta = \bar{x} - 0,5772\alpha \quad (37)$$

Em que \bar{x} é a média da série e S_x é o desvio padrão da série.

A função inversa da distribuição de Gumbel é dada por:

$$X_T = \beta - \alpha \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] \quad (38)$$

Na qual X_T é o quantil associado ao tempo de retorno T ; β é o parâmetro de posição e α o parâmetro de escala.

As frequências empíricas desses períodos foram calculadas com fórmula de posição de plotagem de Weibull, ou seja,

$$F(x) = P(X \leq x) = \frac{m}{N+1} \quad (39)$$

Na qual m é o número de ordem da série ordenada de forma decrescente e N é o tamanho da amostra.

Finalmente, foi avaliada a aderência entre as distribuições empírica e de Gumbel aplicando os testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov, Qui Quadrado e de Anderson-Darling com nível de significância de 5%. Descrições detalhadas dos três testes conforme encontradas em Naghettini e Pinto (2007) estão mostradas abaixo.

5.6.1 Testes de aderência

5.6.1.1 Kolmogorov – Smirnov

A hipótese nula a ser testada é $H_0: P(X < x) = F_x(x)$

Inicialmente, os elementos são classificados em ordem crescente $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$ na qual $1 \leq m \leq N$ denota a ordem de classificação. Para cada elemento x_m , a distribuição empírica $F_N(x_m)$ é calculada pela proporção de valores amostrais que não excedem x_m , ou seja,

$$F_N(x_m) = \frac{m}{N} \quad (40)$$

A estatística do teste KS é dada por

$$D_N = \sup_{-\infty < x < \infty} |F_N(x) - F_x(x)| \quad (41)$$

E corresponde a maior diferença entre as probabilidades empírica e teórica.

5.6.1.2 Qui Quadrado

Considere a hipótese nula, $H_0: P(A_i) = \rho_i$

$$\sum_{i=1}^r \rho_i = 1 \quad (42)$$

Cuja função massa é dada por:

$$P(\rho_1 = O_1, \rho_2 = O_2, \dots, \rho_r = O_r / H_0) = \frac{N!}{O_1! O_2! \dots O_r!} \rho_1^{O_1} \rho_2^{O_2} \dots \rho_r^{O_r} \quad (43)$$

$$\text{Na qual } \sum_{i=1}^r O_i = N \quad (44)$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(O_i - N\rho_i)^2}{O_i} = \sum_{i=1}^r \frac{(O_i - E_i)^2}{O_i} \quad (45)$$

5.6.1.3 Anderson Darling

O teste de aderência de Anderson Darling baseia-se na diferença entre as funções de probabilidades acumuladas, empírica, $F_N(x)$ e teórica, $F_x(x)$ de variáveis aleatórias contínuas.

A estatística do teste de Anderson Darling é dada por:

$$A^2 = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{[F_N(x) - F_x(x)]^2}{F_x(x)[1 - F_x(x)]} f_x(x) dx \quad (46)$$

Em que $f_x(x)$ é a função densidade, segundo a hipótese nula.

Verificado o ajuste da distribuição de Gumbel aos dados do período completo, também foram realizados os ajustes aos 5 primeiros períodos móveis e aos 5 últimos períodos móveis de 30 anos das séries, conforme sugerido por Vaz (2008).

As possíveis alterações na frequência de ocorrência das Pdmah foram realizadas avaliando se o intervalo de confiança dos quantis do período completo abrange os quantis calculados com o primeiro e o último período de 30 anos. Segundo Naghettini e Pinto (2007), o intervalo de confiança, a 95% para o quantil com os parâmetros da distribuição de Gumbel estimados pelo método dos momentos, é calculado da seguinte forma:

$$\hat{X}_T \pm |z_{0,025}| S_T \quad (47)$$

Em que \hat{X}_T é o quantil calculado para o tempo de retorno T , Z é a variável central reduzida e S_T é dado por:

$$S_T^2 = \frac{\mu_2}{N} \left\{ 1 + K_T \gamma_1 + \frac{K_T^2}{4} (\gamma_2 - 1) \right\} \quad (48)$$

Na qual γ_1 é o coeficiente de assimetria da distribuição de Gumbel, igual a 1,1396; γ_2 é o coeficiente de curtose da distribuição de Gumbel, igual a 5,4; μ_2 é o segundo momento da distribuição e calculado por:

$$\mu_2 = \frac{\pi^2 \alpha^2}{6} \quad (49)$$

E K_T é o fator de frequência estimado por:

$$K_T = -0,45 - 0,7797 \ln[-\ln(1 - 1/T)] \quad (50)$$

Na qual T é o tempo de retorno.

Em seguida, foram definidas as séries de P_{dmah} que apresentaram quantis de 100 anos, estimados com o primeiro e o último período 30 anos de dados, fora do intervalo de confiança, a 95%, definido para o quantil de 100 anos calculado considerando o período completo.

Além do ajuste da distribuição de Gumbel aos diferentes períodos de dados, foram elaborados gráficos com as distribuições empíricas dos três períodos (período completo de dados, primeiro e o último período de 30 anos de dados).

Também foram elaboradas as curvas adimensionais de frequência de Gumbel do período completo, do primeiro e do último período móvel de 30 anos de dados. As curvas adimensionais de frequência de Gumbel foram obtidas dividindo-se os quantis calculados para todos os períodos pelo respectivo quantil estimado para o período completo.

5.7 Influência do ENOS e Oscilação Decadal do Pacífico sobre as séries P_{dmah}

Procurou-se avaliar a associação entre a Oscilação Sul e as alterações possíveis no regime precipitações diárias máximas por ano hidrológico. O estudo de anomalias climáticas possivelmente associadas à ocorrência de eventos El Niño e La Niña foi realizado adotando o procedimentos propostos por Braga *et al.* (2002). Como o fenômeno do El Niño e La Niña tem uma tendência de alternar com uma periodicidade de 3 a 7 anos, elaborou-se os gráficos de média móvel de 3 anos, escolhido para observar se os eventos que ocorrem no Oceano Pacífico (El Niño e La Niña) coincidem com os períodos médios de precipitações máximas ou mínimas. As Tabelas 6 e 7 abaixo foram consultadas para verificar o ano de ocorrência e sua intensidade.

Além desse método, foi realizada uma comparação entre os quartis da série completa e as séries associadas aos períodos das fases fria, quente e neutra da Oscilação Sul. Para tanto, foram elaborados os gráficos *boxplots* da série completa e das séries associadas aos períodos das fases fria, quente e neutra da Oscilação Sul. A descrição sobre a elaboração do gráfico *boxplot* pode

ser encontrada em Naghettini e Pinto (2007). Para a elaboração dos gráficos, foi calculado a média anual dos índices de Oscilação Sul de janeiro a dezembro. Posteriormente, foram separados os valores menores que -0.5 e maiores que + 0.5 e classificados as fases quente, fria e neutra da Oscilação Sul. Valores positivos foram classificados como fase quente e os negativos como fase fria. Os períodos de ocorrências das fases da Oscilação Sul adotados são os da classificação divulgada pelo Climate Prediction Center do National Weather Service dos Estados Unidos da América.⁷ O apêndice G apresenta os índices da Oscilação Sul utilizados.

Tabela 6 – Anos de Ocorrência de El Niño e sua intensidade

Ano	Intensidade	Ano	Intensidade	Ano	Intensidade
1877-1878	Forte	1932	moderado	1977-1978	fraca
1888- 1889	Moderado	1939-1941	forte	1979-1980	fraca
1896-1897	Forte	1946-1947	moderado	1982-1983	forte
1899	Forte	1951	fraca	1986-1988	moderado
1902-1903	Forte	1953	fraca	1990-1993	forte
1905-1906	Forte	1957-1959	forte	1994-1995	Moderado
1911-1912	Forte	1963	fraca	1997-1998	forte
1913-1914	Moderado	1965-1966	moderado	2002-2003	moderado
1918-1919	Forte	1968-1970	moderado	2004-2005	fraca
1923	Moderado	1972-1973	forte	2006-2007	fraca
1925-1926	Forte	1976-1977	fraca	2009-2010	fraca

Fonte: CPTEC, 2013

Tabela 7 – Anos de Ocorrência de La Niña e sua intensidade

ANO	intensidade	ANO	intensidade	ANO	intensidade
1886	forte	1938-1939	forte	1984-1985	fraca
1903-1904	forte	1949-1951	forte	1988-1989	forte
1906-1908	forte	1954-1956	forte	1995-1996	fraca
1909-1910	forte	1964-1965	moderado	1998-2001	moderado
1916-1918	forte	1970-1971	moderado	2007-2008	forte
1924-1925	moderado	1973-1976	forte		
1928-1929	fraca	1983-1984	fraca		

Fonte: CPTEC, 2013

⁷ Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>. Acesso em: 11 jul. 2013.

Para avaliar uma possível influência da Oscilação Decadal do Pacífico nas séries de precipitação diárias máximas anuais, foram elaborados gráficos de média móvel de 10 anos. Procurou-se associar os picos de precipitação ao período do regime decadal, na tentativa de verificarem-se anomalias. Em seguida, aplicou-se a metodologia proposta por Braga *et al.*(2002).

Como no caso da Oscilação Sul, também foi realizada uma comparação entre os quartis da série completa e as séries associadas aos períodos das fases fria e quente da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP ou PDO). Para tanto, foram elaborados os gráficos *boxplots* da série completa e das séries associadas aos períodos das fases fria e quente da ODP. Foram calculados as médias anuais dos índices de ODP do período de janeiro a dezembro. Posteriormente, foram separados os valores negativos e positivos e associados a fase fria e quente da ODP. Os períodos de ocorrências das fases da Oscilação Decadal do Pacífico adotados são os da classificação divulgada pelo site da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)⁸. O apêndice G apresenta os índices da Oscilação Decadal do Pacífico utilizados.

⁸ Disponível em: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos_wgsp/Timeseries/PDO>. Acesso em: 11 jul. 2013.

6 RESULTADOS

6.1 Consistência de Dados

As sessenta e oito estações pluviométricas selecionadas foram submetidas a uma análise de consistência para verificar confiabilidade das informações. Sendo assim, atenderam ao critério estabelecido trinta e seis postos pluviométricos. A Figura 3 mostra a distribuição espacial dos pontos aprovados na análise de consistência para o Estado de Minas Gerais. A Tabela 8 indica as 36 séries e o período de estudo das estações selecionadas. No Anexo B, encontra-se a relação dos postos de referência e estações de apoio utilizadas na análise de consistência e as curvas de dupla massa.

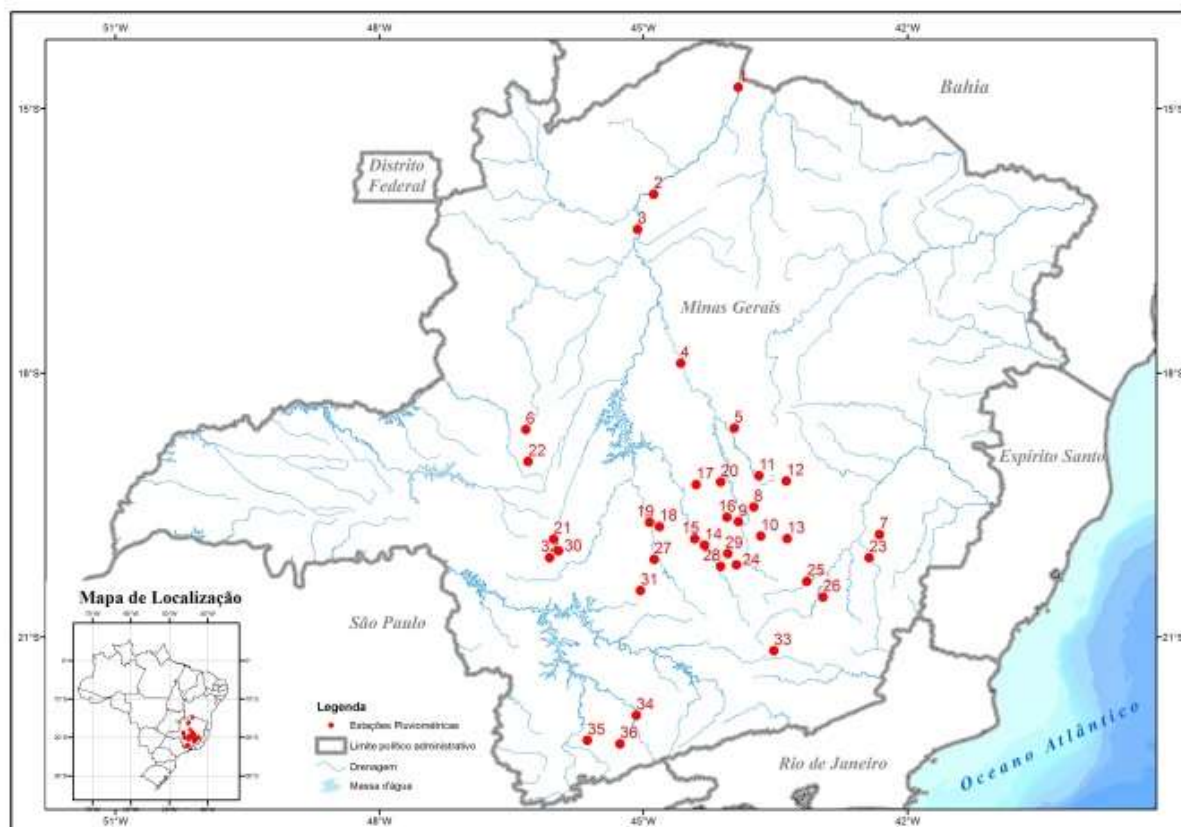


Figura 3 – Mapa de localização das estações pluviométricas

Tabela 8 – Relação dos postos pluviométricos selecionados para estudo

Item	Código	Nome do Posto	Município	Período de observação
1	01443001	Manga	Manga	10/1938 a 12/2010
2	01544013	São Francisco	São Francisco	10/1939 a 05/1990
3	01645000	São Romão	São Romão	10/1953 a 04/2011
4	01744010	Lassance	Lassance	12/1949 a 04/2011
5	01843000	Usina Paraúna	Pres. Juscelino	12/1950 a 09/2010
6	01846017	Leal Patos	Patos de Minas	01/1959 a 08/2008
7	01942002	Bom J do Galho	Bom J. do Galho	10/1942 a 09/2011
8	01943004	Jaboticatuba	Jaboticatuba	01/1951 a 09/2010
9	01943009	Vespasiano	Vespasiano	10/1950 a 09/2011
10	01943010	Caeté	Caeté	10/1941 a 09/2009
11	01943023	Taquaraçu	Taquaraçu de Minas	10/1942 a 04/2011
12	01943025	Morro do Pilar	Morro do Pilar	10/1959 a 05/2011
13	01943027	Usina Petti	São G. Rio Abaixo	10/1946 a 05/2011
14	01944004	P.N.Paraopeba	Betim	10/1941 a 06/2011
15	01944007	Faz.Esc.Florestal	Florestal	11/1950 a 06/2011
16	01944009	Pedro Leopoldo	Pedro Leopoldo	09/1941 a 04/2011
17	01944010	Horto Florestal	Paraopeba	10/1957 a 04/2011
18	01944011	Jaguaruna	Onça de Pitangui	10/1951 a 06/2011
19	01944021	Velho do Taipa	Pitangui	10/1959 a 05/2011
20	01944024	Faz.Vargem Bonita	Jequitibá	03/1961 a 03/2011
21	01946000	Tapiraí	Tapiraí	01/1960 a 02/2010
22	01946022	C. do Paranaíba	Carmo do Paranaíba	10/1949 a 04/2011
23	02042008	Raul soares	Raul Soares	07/1941 a 04/2011
24	02043002	Lagoa Grande	Nova Lima	10/1950 a 04/2011
25	02043009	Acaiaca	Acaiaca	09/1941 a 05/2011
26	02043025	Usina da Brecha	Guaraciaba	10/1959 a 09/2011
27	02044006	Divinópolis	Divinópolis	03/1960 a 07/2011
28	02044008	Melo Franco	Brumadinho	01/1960 a 06/2011
29	02044012	Ibirité	Ibirité	09/1945 a 06/2011
30	02045001	Bambuí	Bambuí	10/1957 a 09/2011
31	02045005	Lamounier	Itapecirica	07/1941 a 09/2011
32	02046007	Fazenda Ajuda	Bambuí	10/1941 a 09/2011
33	02143003	Desterro de Melo	Desterro de Melo	01/1942 a 06/2011
34	02145001	Conc. Rio Verde	Conc. Rio Verde	09/1941 a 06/2011
35	02244065	Alagoa	Alagoa	10/1944 a 09/2010
36	02245065	Cristina	Cristina	01/1950 a 02/2008

6.2 Análise de tendência nas séries temporais de índices de precipitação

Após a montagem das séries temporais por ano hidrológico dos índices apresentados na Tabela 5, verificou-se que as estações pluviométricas relacionadas na tabela 9 apresentam pelo menos

um índice com tendência significativa. Nessa tabela, S+ representa tendência positiva significativa e S- tendência negativa significativa:

Tabela 9 – Séries temporais de índices de precipitação com tendência

Código	CDD	CWD	Sdii	Rx5d	R10mm	R30mm	R99p	PRCPTOT
01443001			S-			S-	S+	
01843000		S-	S+					
01846017					S-			
01942002	S-	S-	S+	S+		S+	S+	S+
01943004		S-	S+					
01943010		S+	S-					
01943023		S-			S-			
01944004							S+	
01944007			S+				S+	
01944021						S+		
02042008				S+			S+	
02043025		S-	S+			S+		
02044012				S+			S+	
02045001							S+	
02046007	S-	S-						
02143003			S+	S+		S+	S+	
02145001			S+			S+	S+	S+

Os resultados apresentados na Tabela 9 indicam que os índices de precipitação CDD, PRCPTOT e R10mm apresentaram tendências significativas apenas em duas estações. Isso indica que o número de dias secos consecutivos, o número de dias com precipitação superiores ou iguais a 10 mm e a precipitação total por ano hidrológico não apresentam tendência na faixa central do estado de Minas Gerais.

Os resultados mostram que o índice de precipitação CWD apresentou tendência negativa significativa em seis estações, e positiva em uma, enquanto o índice R30mm apresentou tendência negativa significativa em uma estação e positiva em cinco estações. O índice de quantidade de precipitação máxima em cinco dias apresentou tendência positiva significativa em quatro estações. O índice de dias extremamente chuvosos, R99p, apresentou tendência positiva significativa em nove estações e o índice de intensidade diária, Sdii, tendência positiva significativa em sete estações e negativa em duas. Esses dois índices apresentam resultados comuns em quatro estações: 01942002, 01944007, 02143003, 02145001.

A variação espacial dos índices CWD, R99p, R30mm, Rx5d e Sdii estão apresentados nas Figuras de 4 a 8. Nessas Figuras S+ representa tendência positiva significativa e S- tendência negativa significativa. Analisando as figuras, observa-se que os índices R99p, R30mm, Rx5d e Sdii com tendência positiva significativa predominam nas latitudes superiores a 19° Sul. No

caso do índice CWD com tendência negativa positiva, a predominância ocorre entre as latitudes de 18° e 20° Sul, mais a sudeste:

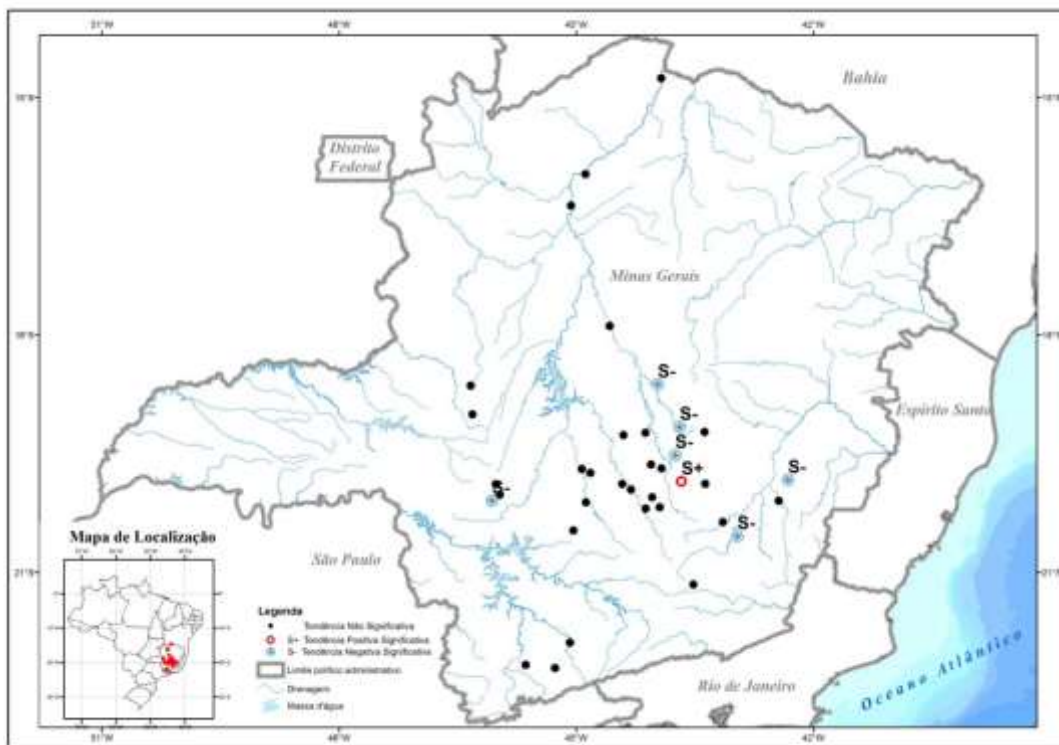


Figura 4 – Variação espacial do índice CWD

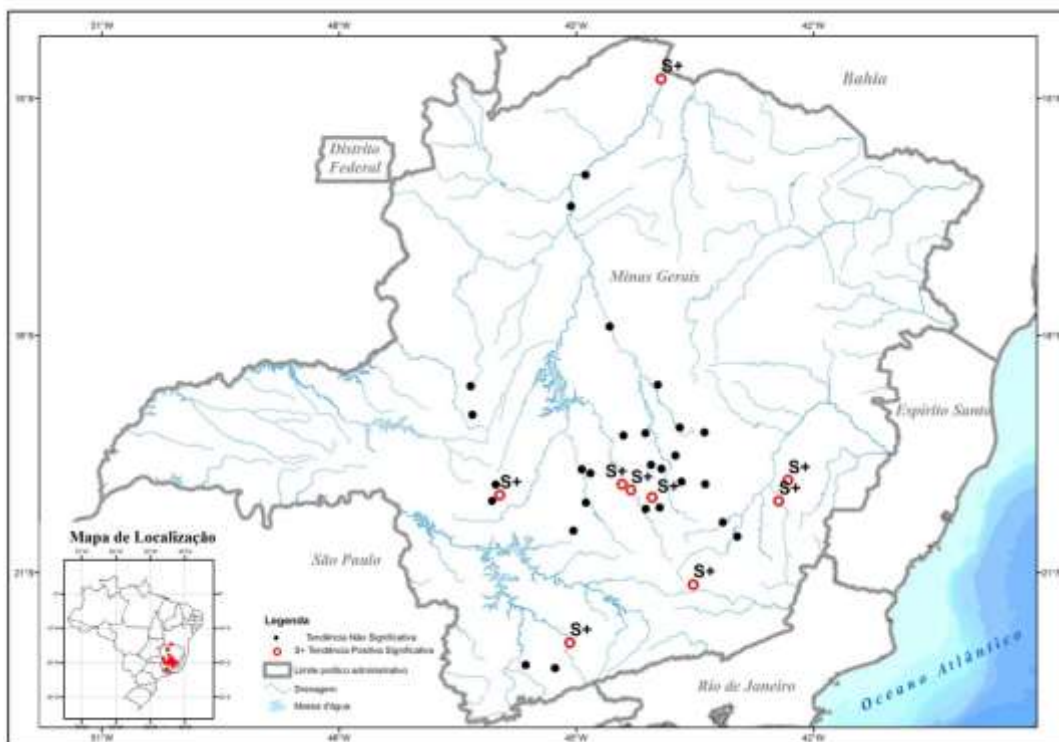


Figura 5 – Variação espacial do índice R99p

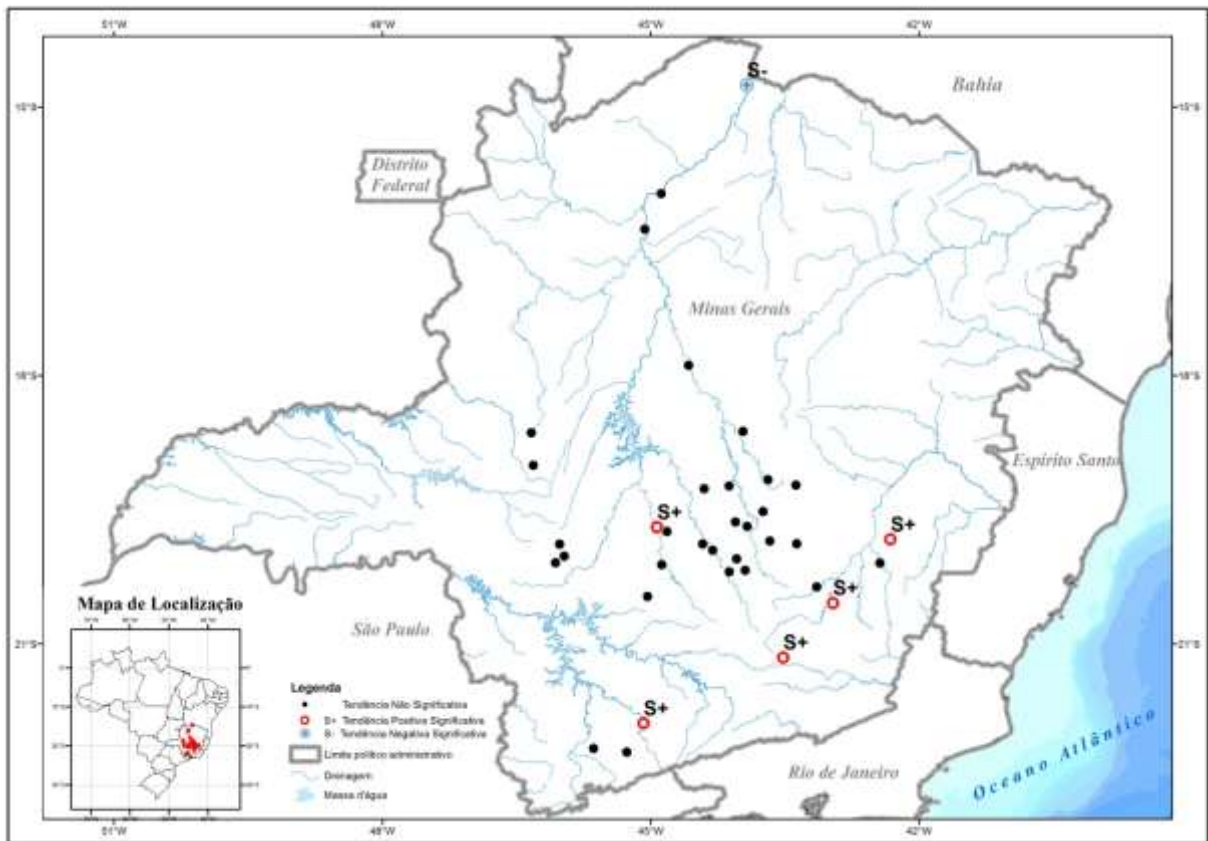


Figura 6 – Variação espacial do índice R30 mm

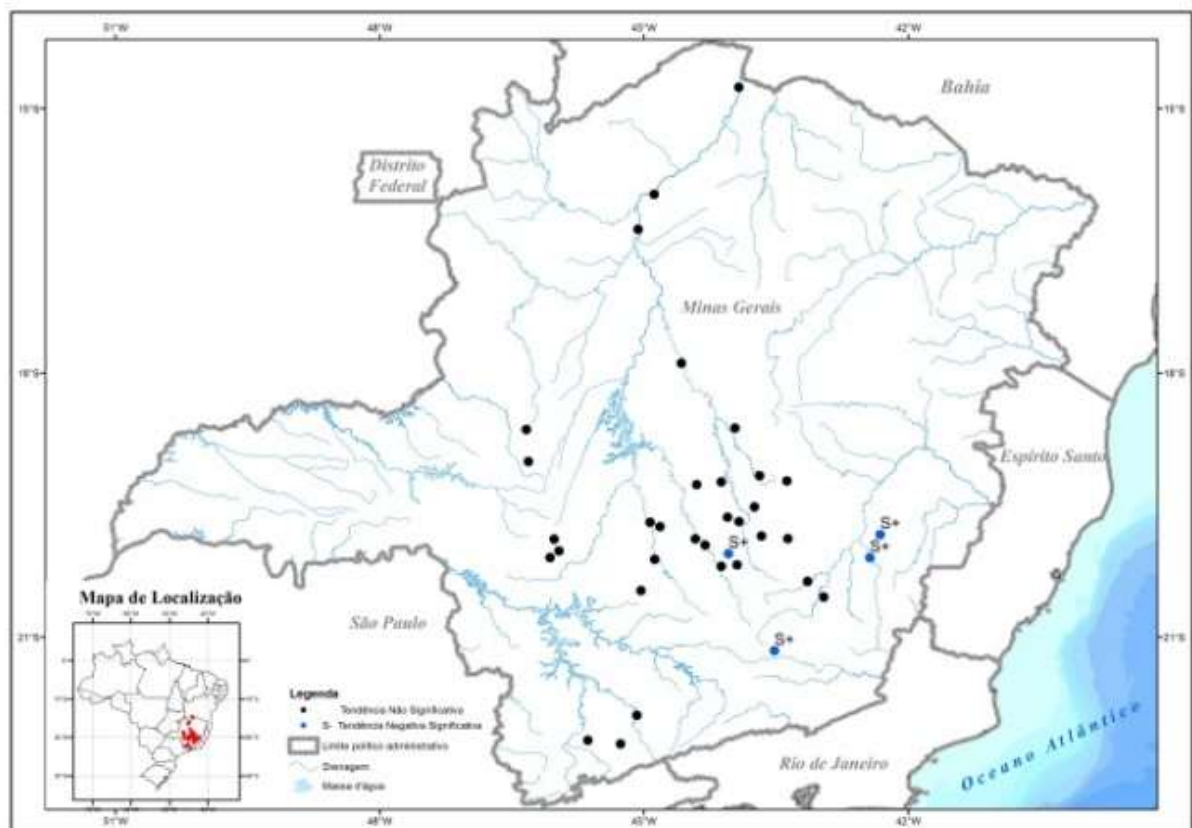


Figura 7 – Variação espacial do índice Rx5d

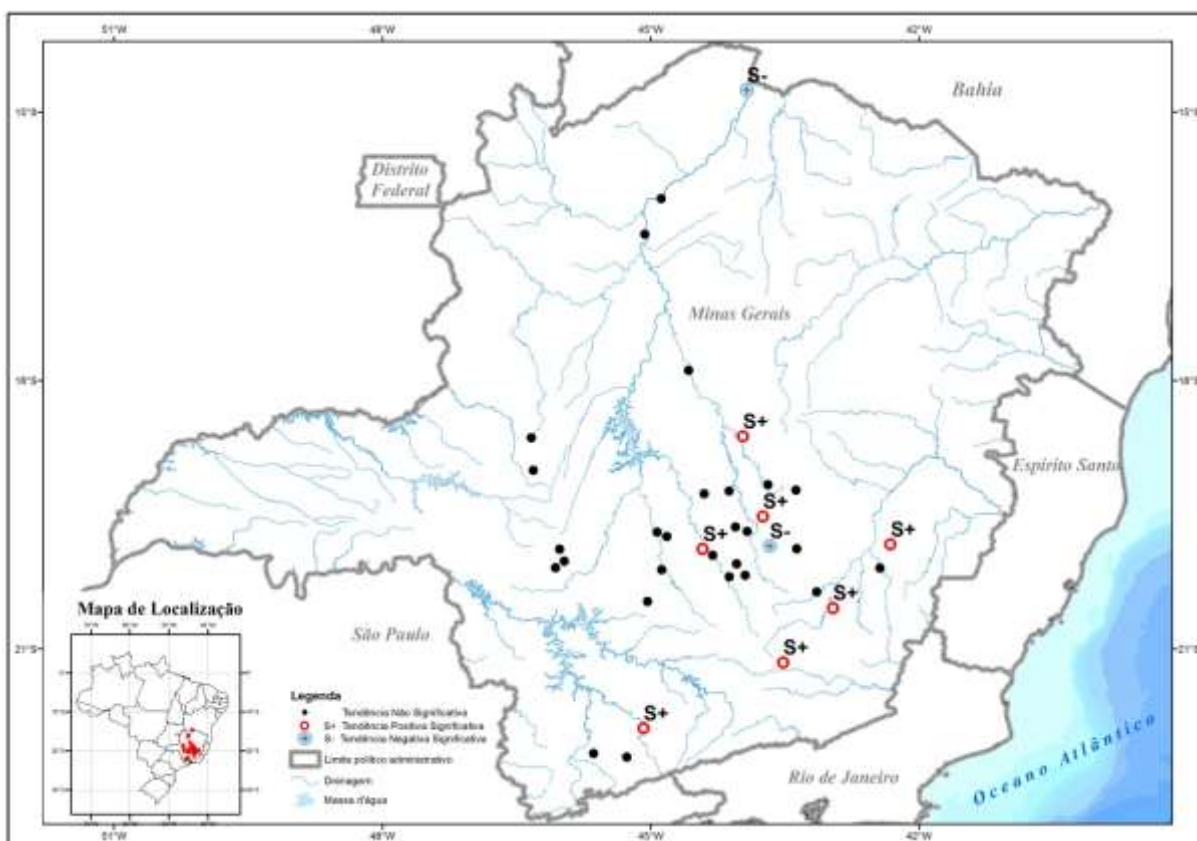


Figura 8 – Variação espacial do índice Sdii

6.3 Avaliação da presença de tendência nas séries temporais de Pdmah

Inicialmente, foram aplicados todos os testes do software TREND às 36 séries de precipitações diárias máximas por ano hidrológico (Pdmah). As 12 estações que apresentaram pelo menos uma indicação da presença de tendência significativa estão relacionadas na Tabela 10. Observa-se, na Tabela 10, que, em 7 estações, os três testes indicaram a presença de tendência:

Tabela 10 – Relação dos postos que apresentaram tendência

Código	Mann Kendall	Spearman	R. Linear	Código	Mann Kendall	Spearman	R. Linear
01443001	S+	S+	S+	01944021	S+	S+	NS
01645000	NS	NS	S+	02042008	NS	NS	S+
01942002	S+	S+	S+	02044006	S+	NS	NS
01943009	S+	S+	S+	02044012	S+	S+	S+
01944004	S+	S+	S+	02143003	S+	S+	S+
01944011	S+	S+	S+	02245065	NS	NS	S+

A variação espacial dos resultados da presença de tendência com os testes do TREND estão apresentados na Figura 9. Na elaboração dessa figura, foram consideradas apenas as 8 estações (pontos vermelhos), nas quais se verificou a presença de tendências significativas em pelo menos 2 testes.

Analisando a Figura 9, observa-se que 7 estações com tendência positiva significativa estão localizadas em latitudes superiores a 19° Sul. Os resultados encontrados para os testes de mudanças abruptas e independência aos postos relacionados na Tabela 10 encontram-se dispostos nas Tabelas 11 e 12:

Tabela 11 – Resultado dos testes de mudanças abruptas

Código	Cusum	Cumulative	Worsley	Rank Sum	Student
01443001	NS	S(0,05)	S(0,01)	NS	S(0,1)
01645000	NS	NS	NS	NS	S(0,1)
01942002	S(0,01)	S(0,01)	S(0,01)	S(0,01)	S(0,01)
01943009	NS	S(0,01)	NS	NS	NS
01944004	S(0,05)	S(0,1)	NS	S(0,01)	S(0,05)
01944011	S(0,1)	S(0,05)	S(0,05)	S(0,05)	S(0,05)
01944021	S(0,05)	NS	NS	S(0,1)	NS
02042008	NS	NS	S(0,05)	NS	NS
02044006	NS	NS	S(0,05)	NS	NS
02044012	S(0,05)	S(0,01)	S(0,1)	S(0,01)	S(0,01)
02143003	NS	S(0,05)	S(0,1)	S(0,05)	S(0,05)
02245065	NS	S(0,05)	S(0,1)	NS	S(0,05)

NS: Não Significativo

S: Significativo (nível de significância)

Tabela 12 – Resultado dos testes de independência

Código	Median Crossing	Turning Points	Rank Difference	Auto Correlation
01443001	NS	NS	NS	NS
01645000	NS	NS	S(0,1)	S(0,05)
01942002	S(0,1)	NS	S(0,05)	S(0,05)
01943009	NS	NS	NS	NS
01944004	NS	NS	NS	NS
01944011	NS	NS	NS	NS
01944021	NS	NS	NS	NS
02042008	NS	NS	NS	NS
02044006	S(0,05)	NS	NS	NS
02044012	NS	NS	NS	NS
02143003	NS	S(0,01)	S(0,05)	NS
02245065	NS	NS	NS	NS

NS: Não Significativo

S: Significativo (nível de significância)

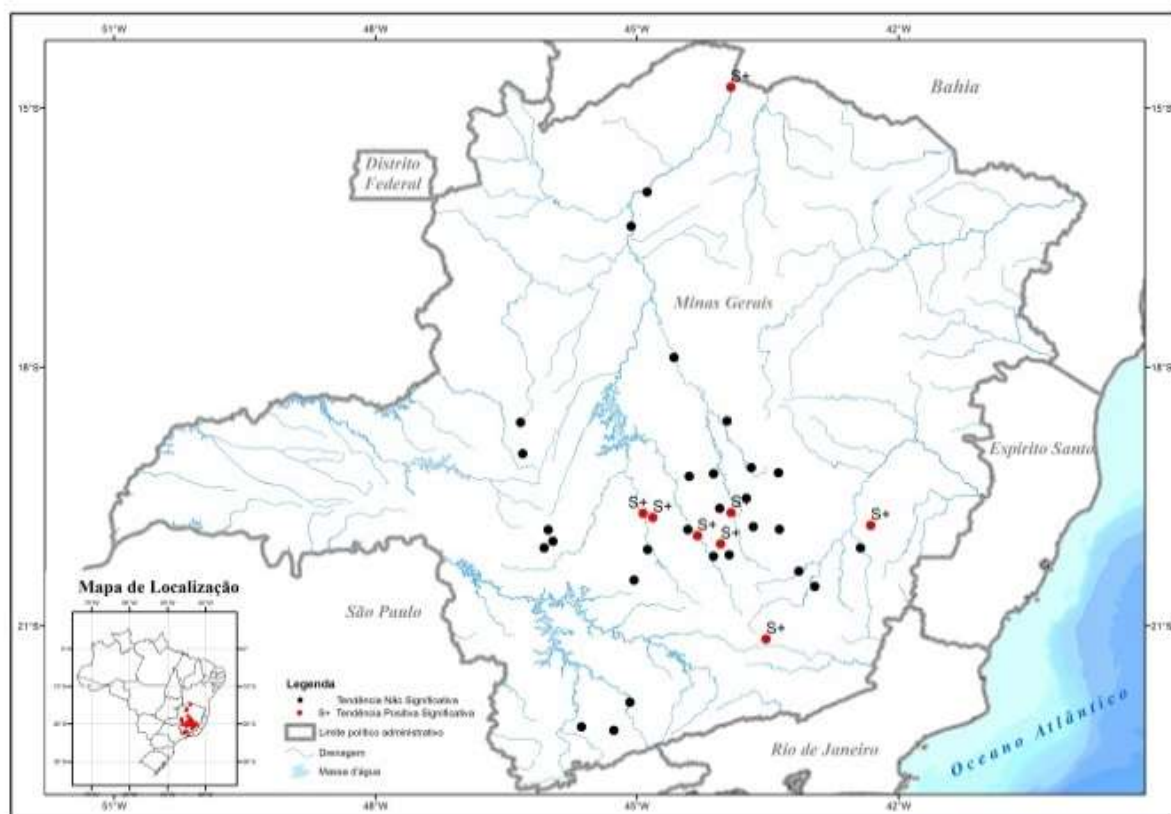


Figura 9 – Estações com tendência positiva significativa, em pelo menos 2 testes de tendência do TREND

O apêndice E relaciona todos os resultados encontrados para as trinta e seis séries analisadas pelo software TREND.

6.4 Avaliação da presença de tendência nas séries de médias móveis de Pdmah

Os gráficos de média móvel de 10 e 30 anos foram elaborados considerando o ano hidrológico (outubro a setembro). A Figura 10 abaixo, exemplifica os resultados obtidos de média, desvio padrão e coef.variação móveis da estação Horto Florestal. No apêndice C, encontram-se os gráficos gerados de todos os trinta e seis postos analisados.

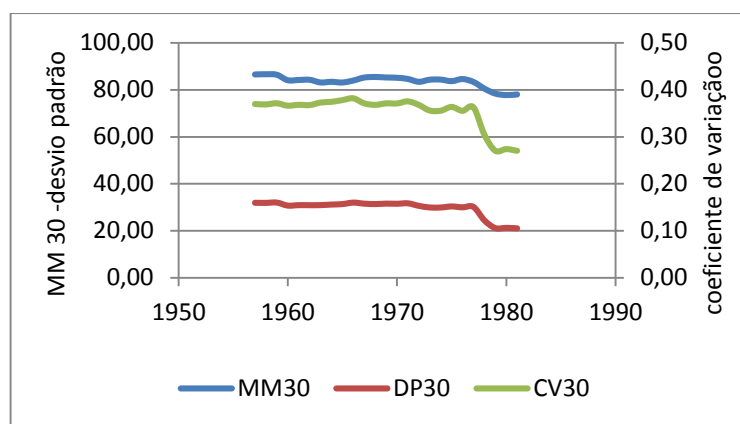


Figura 10 – Média, desvio padrão e coef.variação móveis da estação Horto Florestal

A análise das médias móveis de precipitação em períodos consecutivos de 10 e 30 anos evidenciou uma diversidade de comportamento das séries, não sendo possível afirmar que esteja havendo uma tendência de aumento de precipitação. A Tabela 13 apresenta as tendências sugeridas pela análise de média, desvio padrão e coeficientes de variação móveis de 30 anos.

Tabela 13 – Tendências sugeridas pela análise

Código	Estação	Média	Desvio padrão	Coef. de variação
01744010	Lassance	-	-	-
01843000	Usina Paraúna	-	-	+
01846017	Leal Patos	-	-	-
01942002	Bom J. do Galho	+	-	+
01943004	Jaboticatuba	-	+	+
01943009	Vespasiano	+	-	-
01943010	Caeté	+	+	+
01943023	Taquaraçu	+	+	+
01943025	Morro do Pilar	-	-	-
01943027	Usina Petti	+	-	-
01944004	P.N.Paraopeba	+	-	-
01944007	Faz. Esc.Florestal	+	+	+
01944009	Pedro Leopoldo	+	-	+
01944010	Horto Florestal	-	-	-
01944011	Jaguaruna	+	-	-
01944021	Velho da Taipa	+	-	-
01944024	Faz. Vargem Bonita	-	+	+
01946000	Tapiraí	+	-	-
01946022	C. do Paranaíba	+	-	+
02042008	Raul Soares	+	+	+
02043002	Lagoa Grande	+	+	+
02043009	Acaiaca	-	+	+
02043025	Usina da Brecha	+	+	+
02044006	Divinópolis	+	+	+
02044008	Melo Franco	-	+	+
02044012	Ibirité	+	+	+
02045001	Bambuí	+	-	-
02045005	Lamounier	-	+	-
02046007	Fazenda Ajuda	+	+	+
02143003	Desterro de Melo	-	-	-
02145001	Conc. Rio Verde	+	-	+
02244065	Alagoa	+	+	+
02245065	Cristina	+	+	+
01443001	Manga	+	+	+
01544013	São Francisco	+	-	-
01645000	São Romão	+	+	+

+ Tendência de aumento - Tendência de diminuição

6.5 Alterações da frequência nas séries de Pdmah

A avaliação foi realizada estimando os parâmetros da distribuição de Gumbel pelo método dos momentos para o período completo de dados. Com base nas equações 36 e 37 do item 5.6, são apresentados os resultados na tabela abaixo, para os parâmetros da distribuição Gumbel, α e β .

Tabela 14 – Parâmetros da distribuição Gumbel (método dos momentos)

Item	Código	Estação	α	β
1	01443001	Manga	15,048	61,62
2	01544013	São Francisco	20,974	70,10
3	01645000	São Romão	19,025	70,82
4	01744010	Lassance	16,608	65,92
5	01843000	Usina Paraúna	17,855	66,10
6	01846017	Leal Patos	19,103	66,68
7	01942002	Bom J. do Galho	19,337	63,24
8	01943004	Jaboticatuba	18,479	67,84
9	01943009	Vespasiano	22,533	65,10
10	01943010	Caeté	22,221	75,98
11	01943023	Taquaraçu	17,621	72,23
12	01943025	Morro do Pilar	24,561	86,53
13	01943027	Usina Petti	18,089	75,26
14	01944004	P.Nova do Paraop.	17,153	70,20
15	01944007	Faz. Esc. Florestal	20,35	72,16
16	01944009	Pedro Leopoldo	18,011	67,81
17	01944010	Horto Florestal	21,832	70,70
18	01944011	Jaguaruna	14,502	67,53
19	01944021	Velho do Taipa	18,323	71,63
20	01944024	Faz.Vargem Bonita	22,533	66,40
21	01946000	Tapiraí	13,333	74,71
22	01946022	Carmo do Paranaíba	17,309	68,01
23	02042008	Raul Soares	17,855	73,30
24	02043002	Lagoa Grande	20,038	72,64
25	02043009	Acaiaca	17,387	69,37
26	02043025	Usina da Brecha	16,374	72,95
27	02044006	Divinópolis	18,323	68,93
28	02044008	Melo Franco	11,15	68,57
29	02044012	Ibirité	24,716	77,74
30	02045001	Bambuí	23,235	70,09
31	02045005	Lamounier	22,221	77,58
32	02046007	Fazenda Ajuda	21,676	64,19
33	02143003	Desterro de Melo	24,794	74,99
34	02145001	Conc.Rio Verde	22,845	69,52
35	02244065	Alagoa	20,661	72,07
36	02245065	Cristina	25,652	72,70

Foi verificado o ajuste entre a distribuição teórica e empírica através dos testes de aderência de Kolmogorov-Smirnov, Qui² e de Anderson-Darling com nível de significância de 5%. Os

resultados encontrados encontram-se relacionados nas tabelas abaixo. A hipótese nula, H_0 , a variável aleatória pode ser modelada pela distribuição.

Tabela 15 – Teste de aderência de Kolmogorov-Smirnov

Item	Código	Estação	Dcal	Dtab
1	01443001	Manga	0,105	0,16255
2	01544013	São Francisco	0,080	0,19233
3	01645000	São Romão	0,053	0,17857
4	01744010	Lassance	0,082	0,17272
5	01843000	Usina Paraúna	0,053	0,17413
6	01846017	Leal Patos	0,069	0,19233
7	01942002	Bom Jesus do Galho	0,052	0,16372
8	01943004	Jaboticatuba	0,077	0,17413
9	01943009	Vespasiano	0,078	0,17413
10	01943010	Caeté	0,059	0,16492
11	01943023	Taquaraçu	0,056	0,16372
12	01943025	Morro do Pilar	0,118	0,18859
13	01943027	Usina Petti	0,078	0,16868
14	01944004	P.N. do Paraopeba	0,059	0,16255
15	01944007	Faz. Esc. Florestal	0,082	0,17413
16	01944009	Pedro Leopoldo	0,084	0,16255
17	01944010	Horto Florestal	0,131	0,18507
18	01944011	Jaguaruna	0,106	0,17705
19	01944021	Velho do Taipa	0,066	0,19043
20	01944024	Faz.Vargem Bonita	0,112	0,19043
21	01946000	Tapiraí	0,074	0,17413
22	01946022	Carmo do Paranaíba	0,053	0,17272
23	02042008	Raul Soares	0,059	0,16255
24	02043002	Lagoa Grande	0,111	0,17413
25	02043009	Acaiaca	0,072	0,16255
26	02043025	Usina da Brecha	0,103	0,19043
27	02044006	Divinópolis	0,062	0,19043
28	02044008	Melo Franco	0,100	0,16372
29	02044012	Ibirité	0,071	0,16740
30	02045001	Bambuí	0,077	0,18507
31	02045005	Lamounier	0,066	0,16255
32	02046007	Fazenda Ajuda	0,089	0,16740
33	02143003	Desterro de Melo	0,090	0,16255
34	02145001	Conc.Rio Verde	0,074	0,16372
35	02244065	Alagoa	0,104	0,16740
36	02245065	Cristina	0,086	0,17134

Em todos os postos pluviométricos analisados, quando se aplicou o teste KS, a hipótese nula, H_0 , foi aceita.

Tabela 16 - Teste de aderência do Qui-Quadrado

Item	Código	Estação	Estatística	GL	Qui	Resultado
1	01443001	Manga	4,092	5	11,0705	Aceitar H_0
2	01544013	São Francisco	3,644	4	9,4877	Aceitar H_0
3	01645000	São Romão	5,842	5	11,0705	Aceitar H_0
4	01744010	Lassance	4,084	5	11,0705	Aceitar H_0
5	01843000	Usina Paraúna	3,391	5	11,0705	Aceitar H_0
6	01846017	Leal Patos	11,386	4	9,4877	Rejeitar H_0
7	01942002	Bom J. do Galho	5,461	5	11,0705	Aceitar H_0
8	01943004	Jaboticatuba	2,377	5	11,0705	Aceitar H_0
9	01943009	Vespasiano	7,334	5	11,0705	Aceitar H_0
10	01943010	Caeté	6,353	5	11,0705	Aceitar H_0
11	01943023	Taquaraçu	9,174	5	11,0705	Aceitar H_0
12	01943025	Morro do Pilar	14,733	4	9,4877	Rejeitar H_0
13	01943027	Usina Petti	13,704	5	11,0705	Rejeitar H_0
14	01944004	P.N. do Paraopeba	3,697	5	11,0705	Aceitar H_0
15	01944007	Faz.Esc. Florestal	7,318	5	11,0705	Aceitar H_0
16	01944009	Pedro Leopoldo	8,819	5	11,0705	Aceitar H_0
17	01944010	Horto Florestal	4,058	4	9,4877	Aceitar H_0
18	01944011	Jaguaruna	8,843	5	11,0705	Aceitar H_0
19	01944021	Velho do Taipa	3,862	4	9,4877	Aceitar H_0
20	01944024	Faz.V. Bonita	7,022	4	9,4877	Aceitar H_0
21	01946000	Tapiraí	2,085	5	11,0705	Aceitar H_0
22	01946022	C. do Paranaíba	6,43	5	11,0705	Aceitar H_0
23	02042008	Raul Soares	22,142	5	11,0705	Rejeitar H_0
24	02043002	Lagoa Grande	12,135	5	11,0705	Rejeitar H_0
25	02043009	Acaiaca	10,597	5	11,0705	Aceitar H_0
26	02043025	Usina da Brecha	7,287	4	9,4877	Aceitar H_0
27	02044006	Divinópolis	2,306	4	9,4877	Aceitar H_0
28	02044008	Melo Franco	692,288	5	11,0705	Rejeitar H_0
29	02044012	Ibirité	7,602	5	11,0705	Aceitar H_0
30	02045001	Bambuí	8,811	4	9,4877	Aceitar H_0
31	02045005	Lamounier	16,286	5	11,0705	Rejeitar H_0
32	02046007	Fazenda Ajuda	13,504	5	11,0705	Rejeitar H_0
33	02143003	Desterro de Melo	8,991	5	11,0705	Aceitar H_0
34	02145001	Conc.Rio Verde	11,376	5	11,0705	Rejeitar H_0
35	02244065	Alagoa	12,533	5	11,0705	Rejeitar H_0
36	02245065	Cristina	2,538	5	11,0705	Aceitar H_0

No caso do teste Qui^2 da tabela 16, nos itens 6,13 e 32, a hipótese nula, H_0 , foi aceita para $\alpha = 0.01$ e, nos itens 24,34 e 35, para $\alpha = 0.025$. Os demais itens (12, 23, 28 e 31) foram rejeitados para $\alpha = 0.05$ $\alpha = 0.025$ e $\alpha = 0.01$.

Tabela 17 – Resultado do teste de Anderson Darling Acrit = 0.752 $\alpha=0,05$

Item	Código	Estação	A ²	Resultado
1	01443001	Manga	0,6517	Aceitar H ₀
2	01544013	São Francisco	0,3636	Aceitar H ₀
3	01645000	São Romão	0,2803	Aceitar H ₀
4	01744010	Lassance	0,6254	Aceitar H ₀
5	01843000	Usina Paraúna	0,2940	Aceitar H ₀
6	01846017	Leal Patos	0,4799	Aceitar H ₀
7	01942002	Bom Jesus do Galho	0,2776	Aceitar H ₀
8	01943004	Jaboticatuba	0,3185	Aceitar H ₀
9	01943009	Vespasiano	0,6866	Aceitar H ₀
10	01943010	Caeté	0,1939	Aceitar H ₀
11	01943023	Taquaraçu	0,2465	Aceitar H ₀
12	01943025	Morro do Pilar	1,1571	Rejeitar H ₀
13	01943027	Usina Petti	0,3642	Aceitar H ₀
14	01944004	P.N. do Paraopeba	0,3729	Aceitar H ₀
15	01944007	Faz. Esc. Florestal	0,5545	Aceitar H ₀
16	01944009	Pedro Leopoldo	1,2521	Rejeitar H ₀
17	01944010	Horto Florestal	0,8270	Rejeitar H ₀
18	01944011	Jaguaruna	0,9739	Rejeitar H ₀
19	01944021	Velho do Taipa	0,2472	Aceitar H ₀
20	01944024	Faz.Vargem Bonita	0,9760	Rejeitar H ₀
21	01946000	Tapiraí	0,3538	Aceitar H ₀
22	01946022	Carmo do Paranaíba	1,2990	Rejeitar H ₀
23	02042008	Raul Soares	0,4392	Aceitar H ₀
24	02043002	Lagoa Grande	0,7907	Rejeitar H ₀
25	02043009	Acaiaca	0,5036	Aceitar H ₀
26	02043025	Usina da Brecha	0,5727	Aceitar H ₀
27	02044006	Divinópolis	0,3220	Aceitar H ₀
28	02044008	Melo Franco	2,3188	Rejeitar H ₀
29	02044012	Ibirité	0,5780	Aceitar H ₀
30	02045001	Bambuí	0,5707	Aceitar H ₀
31	02045005	Lamounier	0,4851	Aceitar H ₀
32	02046007	Fazenda Ajuda	0,8999	Rejeitar H ₀
33	02143003	Desterro de Melo	1,0181	Rejeitar H ₀
34	02145001	Conc.Rio Verde	0,5936	Aceitar H ₀
35	02244065	Alagoa	0,5381	Aceitar H ₀
36	02245065	Cristina	0,3864	Aceitar H ₀

Os resultados do teste de AD apresentado na tabela 17 mostra algumas rejeições da hipótese nula. Para os itens 18,20, 32 e 33, a hipótese nula, H₀, foi aceita para $\alpha = 0.01$ e itens 17 e 24 para $\alpha = 0.025$; item 16 para $\alpha = 0.0027$ e item 22 para $\alpha = 0.002$.

Os resultados dos testes de aderência com as 36 séries indicaram que a precipitação diária máxima anual por ano hidrológico pode ser modelada pela distribuição de Gumbel. Em seguida, para as 36 séries, ajustou-se a distribuição de Gumbel, com os parâmetros estimados pelo método dos momentos, aos 5 primeiros períodos móveis de 30 anos de dados e aos 5 últimos períodos móveis de 30 anos de dados. A Figura 11 ilustra os resultados dos ajustes da Distribuição de Gumbel para a estação de Ibitaré, código 02044012.

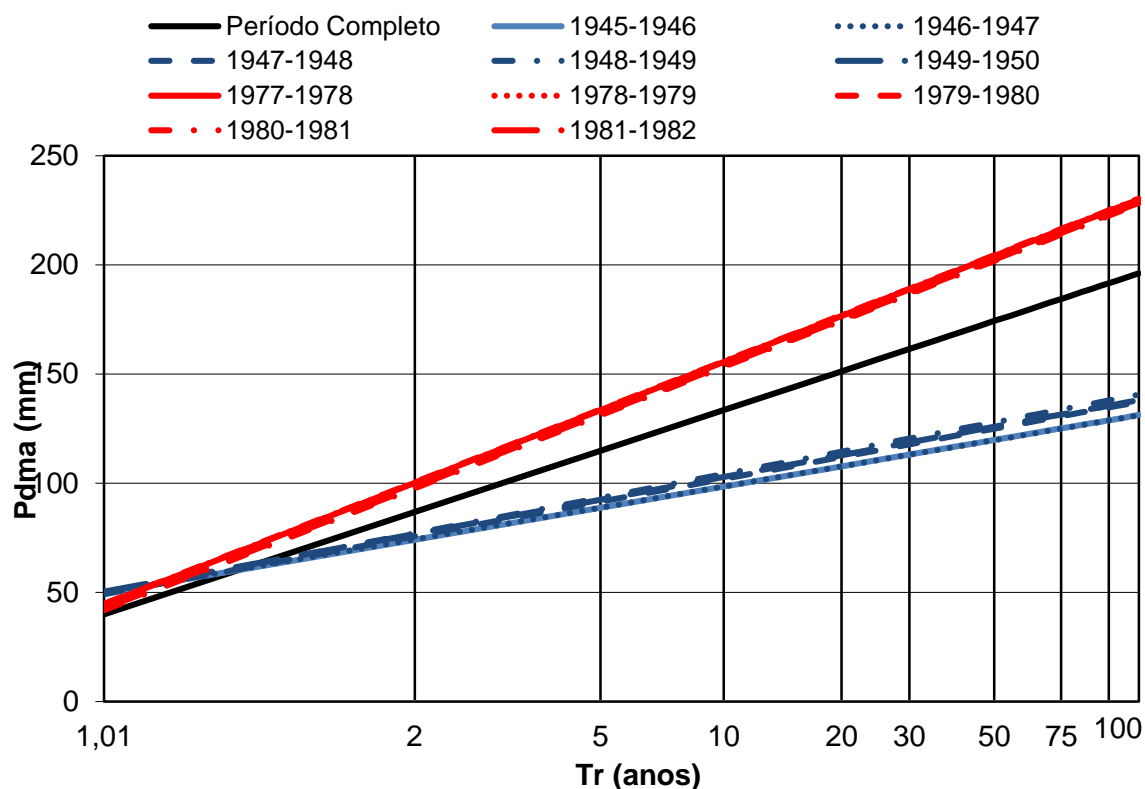


Figura 11- Distribuição Gumbel para a estação Ibitaré, código 02044012

Em seguida, foi avaliado se o intervalo de confiança dos quantis do período completo abrange os quantis dos outros períodos. Os resultados estão apresentados na Tabela 18. Nessa tabela, estão apresentadas as estações onde os quantis de 100 anos de Pdmah calculados com a distribuição de Gumbel, utilizando o primeiro e o último período de 30 anos de dados, não foram abrangidos pelo intervalo de confiança, a 95%, para o quantil de 100 anos da distribuição de Gumbel com os parâmetros estimados com período completo de dados. O apêndice F apresenta os resultados para todas as 36 séries analisadas.

Tabela 18 – Quantil de 100 anos para o período completo de 30 anos de dados e os limites do intervalo e confiança a 95%

Período completo				
Código	N	P ₁₀₀	LI	LS
01443001	73	130	112,8	147
01942002	69	152,1	129,2	175
01943010	68	178,2	151,5	205
01946022	62	147,8	126	170
02044012	66	191,5	161,5	222
02046007	66	163,8	137,5	190
02143003	70	189	159,8	218
02245065	63	190,6	158,7	223

* Estações onde o intervalo de confiança não conteve os quantis de 100 anos do primeiro ou último período de 30 anos de dados.

Tabela 19 – Estações onde o quantil de 100 anos para o primeiro período de 30 anos de dados não está contido no IC a 95% do período completo.

Primeiro Período				
Código	AH- inicial	N	P ₁₀₀	Teste
01443001	1938-1939	30	101,8	F. I.
01942002	1942-1943	30	119,2	F. I.
01943010	1941-1942	30	149,4	F. I.
01946022	1949-1950	30	125,7	F. I.
02044012	1945-1946	30	128,8	F. I.
02046007	1941-1942	30	125,1	F. I.
02143003	1941-1942	30	148,1	F. I.
02245065	1945-1946	30	135,1	F. I.

F.I. – Fora do Intervalo de confiança a 95%

Tabela 20 – Estações onde o quantil de 100 anos para o último período de 30 anos de dados não está contido no IC a 95% do período completo

Último período				
Código	AH- inicial	N	P ₁₀₀	Teste
01443001	1981-1982	30	148,3	F.I.
02044012	1981-1982	30	223	F.I.
02046007	1977-1978	30	195,8	F.I.
02245065	1978-1979	30	225	F.I.

FI – fora do intervalo de confiança a 95%

No caso dos quantis de 100 anos estimados utilizando o primeiro período de 30 anos de dados, 8 estações apresentaram estimativas abaixo do limite inferior do intervalo de confiança a 95% (ver Tabela 19). Já nas estimativas com último período de dados de 30 anos, apenas 4 estações foram maiores que o limite superior do intervalo de confiança a 95%, como pode ser visto na Tabela 20.

Em seguida, para visualizar, o comportamento da frequência da Pdmah das estações das Tabelas 18 a 20, foram traçados os gráficos com a frequência empírica e as curvas adimensionais de frequência de Gumbel para os três períodos. As Figuras 12 e 13 ilustram o caso da estação de Ibitité, código 02044012.

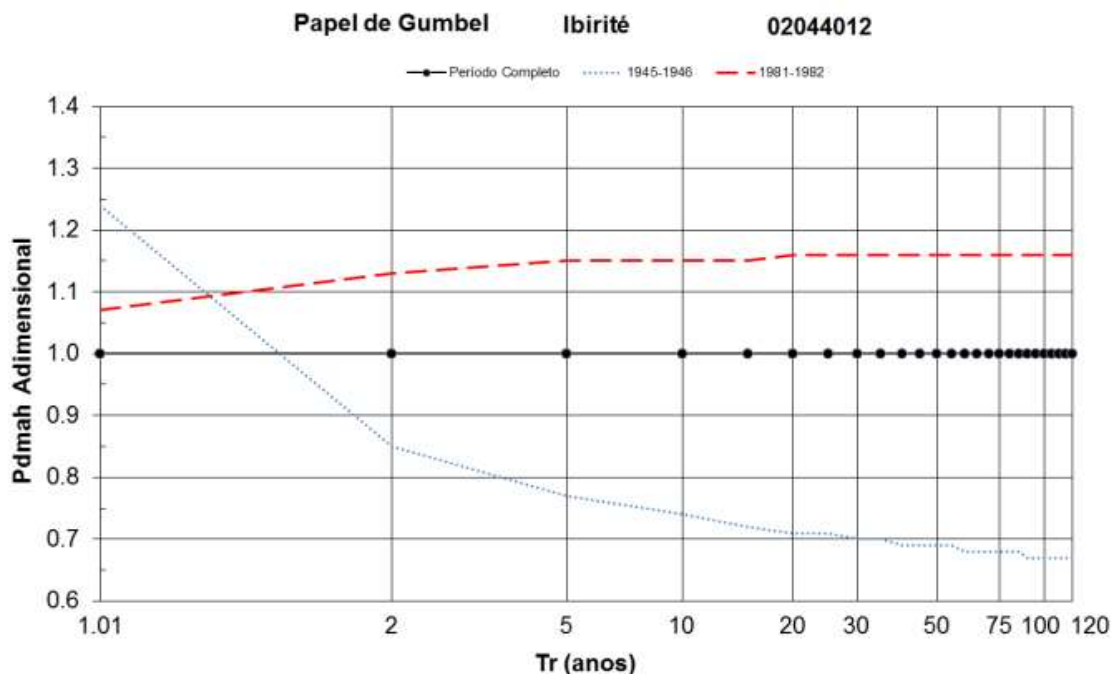


Figura 12 – Curvas adimensionais de Gumbel, Ibitité código 02044012

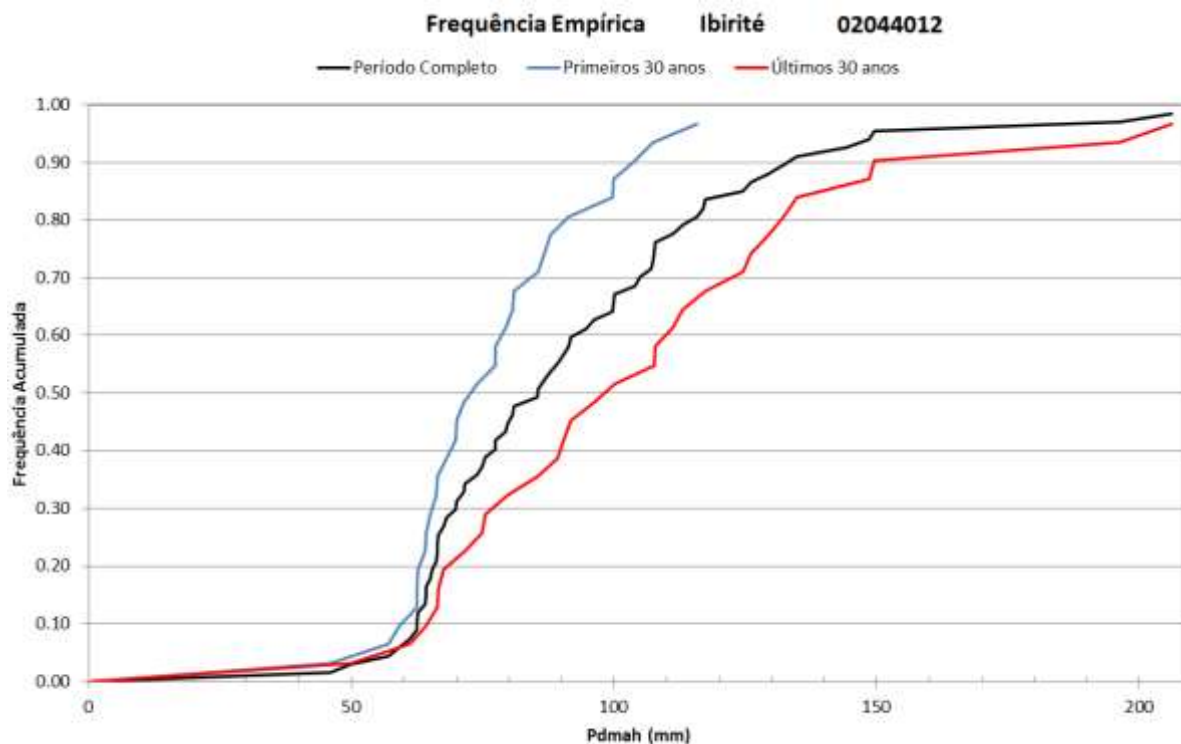


Figura 13 – Frequência Empírica de Ibitité, código 02044012

Além das análises anteriores, considerando o primeiro período de dados de 30 anos, observou-se que, em 20 estações, os quantis superiores a 20 anos de tempo de retorno são menores que os calculados com período completo de dados. A Figura 14 ilustra a variação espacial desses resultados. Nessa figura, IPC são quantis inferiores aos do período completo, SPC quantis superiores aos do período completo e FI é fora do intervalo de confiança a 95%. Analisando a Figura 14, observa-se que a estimativa de quantis inferiores aos do período completo predominam em latitudes maiores que 19° de latitude sul, 18 estações em 30, sendo 7 fora do intervalo de confiança.

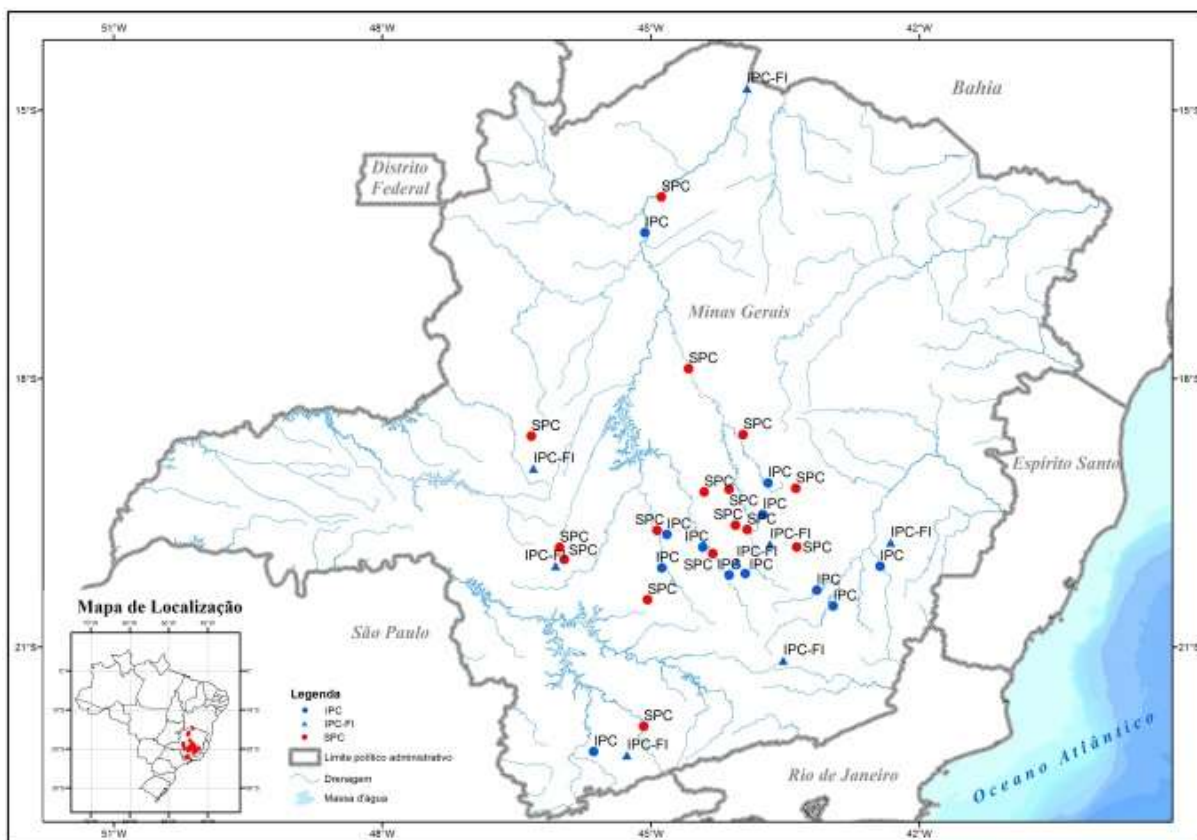


Figura 14 – Comparação entre os quantis calculados com os primeiros 30 anos das séries e os estimados com o período completo

No caso do último período de 30 anos, verificou-se que, em 21 estações, os quantis superiores a 20 anos de tempo de retorno foram maiores que os quantis calculados com o período completo de dados. A Figura 15 apresenta a variação espacial desses resultados. Nessa figura, IPC são quantis inferiores aos do período completo, SPC quantis superiores aos do período completo e FI é fora do intervalo de confiança a 95%. Observa-se, na Figura 15, que os quantis calculados que são maiores que os do período completo predominam em latitudes superiores a 19° Sul, 19 estações em 30, sendo que 3 fora do intervalo de confiança.

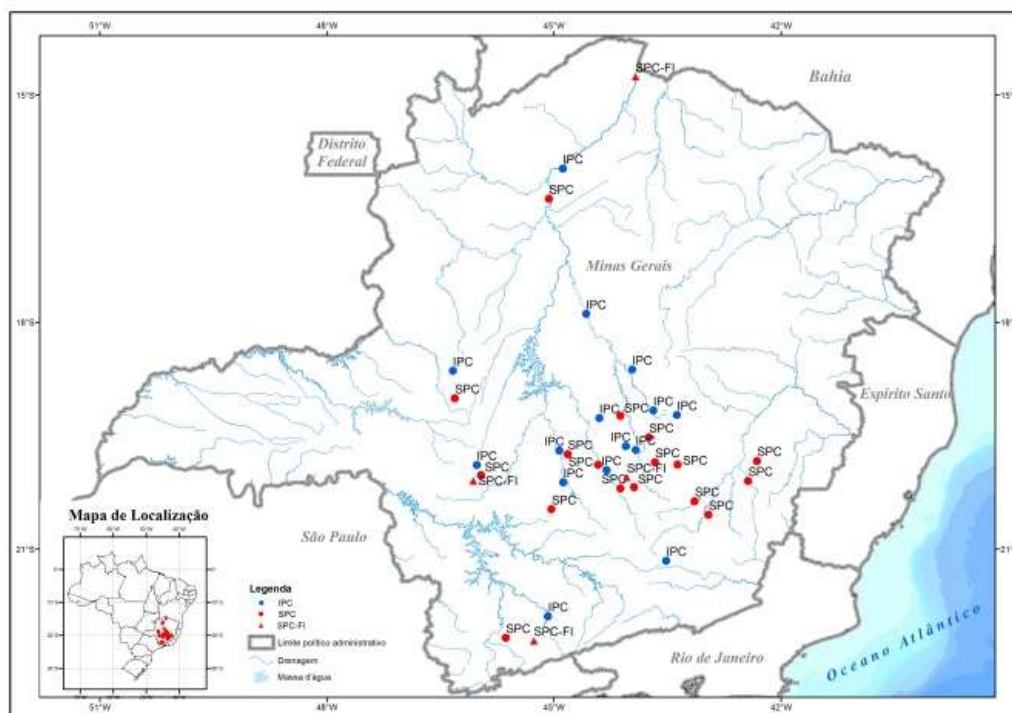


Figura 15 – Comparação entre os quantis calculados com os últimos 30 anos da série e os estimados com o período completo

A Tabela 21 apresenta os períodos nos quais os quantis associados aos tempos de retorno superiores a 20 anos, calculados com a Distribuição de Gumbel, foram mais elevados.

Tabela 21 – Período nos quais os quantis associados aos tempos de retorno superiores a 20 anos, calculados com a Distribuição Gumbel foram mais elevados

(Continua)

Código	Estação	Período Total	Período Mais antigo	Período Mais recente
01443001	Manga			X
01544013	São Francisco		X	
01645000	São Romão			X
01744010	Lassance		X	
01843000	Usina Paraúna			X
01846017	Leal Patos		X	
01942002	Bom Jesus do Galho			X
01943004	Jaboticatuba			X
01943009	Vespasiano			X
01943010	Caeté			X
01943023	Taquaraçu			X
01943025	Morro do Pilar			X
01943027	Usina Petti		X	
01944004	P.N.Paraopeba		X	

Tabela 21 – Período nos quais os quantis associados aos tempos de retorno superiores a 20 anos, calculados com a Distribuição Gumbel foram mais elevados

Código	Estação	Período Total	(Conclusão)	
			Período Mais antigo	Período Mais recente
01944007	Faz. Esc. Florestal			X
01944009	Pedro Leopoldo		X	
01944010	Horto Florestal		X	
01944011	Jaguaruna			X
01944021	Velho da Taipa		X	
01944024	Faz. Vargem Bonita			X
01946000	Tapiraí		X	
01946022	Carmo do Paranaíba			X
02042008	Raul Soares			X
02043002	Lagoa Grande			X
02043009	Acaiaca			X
02043025	Usina da Brecha			X
02044006	Divinópolis			X
02044008	Melo Franco			X
02044012	Ibirité			X
02045001	Bambuí		X	
02045005	Lamounier		X	
02046007	Fazenda Ajuda			X
02143003	Desterro de Melo			X
02145001	Conc. Rio Verde		X	
02244065	Alagoa			X
02245065	Cristina			X

6.6 Verificação da influência da Oscilação Sul e Oscilação Decadal sobre as séries Pdmah

Quando comparado os picos de precipitação dos gráficos de média móvel de 3 anos com os anos de ocorrência de El Niño e La Niña, observa-se uma diversidade de comportamento. Os gráficos *boxplot* traçados para todas as estações considerando os dados do período completo e os dados observados durante as fases fria, neutra e quente da Oscilação Sul também indicaram que não há um padrão de comportamento. Os gráficos *boxplot* de todas as estações estão no Apêndice G. A Figura 16 ilustra os resultados da estação de Bom Jesus do Galho (código 01942002) e Jaboticatubas (código 01943004). Esses resultados indicam que as anomalias positivas ou negativas das precipitações diárias máximas anuais por ano hidrológico das séries analisadas não estão associadas as fases da Oscilação Sul, ou seja, El Niño e La Niña.

Os gráficos de média móvel de 10 anos foram comparados com a Oscilação Decadal do Pacífico nas fases fria e quente para verificar uma possível interferência climática com a precipitação máxima diária por ano hidrológico. Aplicando essa análise, não se conseguiu verificar a influência da Oscilação Decadal do Pacífico nas séries de precipitação máxima diária por ano hidrológico. Entretanto, ao se plotar o gráficos boxplot, observou-se em 22 estações um comportamento padrão. Nessas 22 estações, o limite superior de detecção de valores atípicos superiores, o 3º quartil e a mediana associados aos dados observados na fase quente são superiores aos da fase fria. Esses resultados indicam uma possível influência da Oscilação Decadal do Pacífico na frequência das Pdmah. A Tabela 22 apresenta as estações com esse comportamento padrão.

Tabela 22 – Estações com influência da Oscilação Decadal do Pacífico

N	Código	Estação	N	Código	Estação	N	Código	Estação
1	01544012	São Francisco	9	01943023	Taquaraçu	17	02042008	Raul Soares
2	01645000	São Romão	10	01943025	Morro do Pilar	18	02043009	Acaiaca
3	01744010	Lassance	11	01943027	Usina Petti	19	02044012	Ibirité
4	01843000	Usina Paraúna	12	01944004	P.N.Paraopeba	20	02046007	Fazenda Ajuda
5	01846017	Leal Patos	13	01944007	Faz. Esc. Florestal	21	02143003	Desterro de Melo
6	01942002	Bom Jesus do Galho	14	01944010	Horto Florestal	22	02244065	Alagoa
7	01943004	Jaboticatuba	15	01944021	Velho da Taipa			
8	01943009	Vespasiano	16	01944024	Faz. Vargem Bonita			

Esse comportamento pode ser visualizado na Figura 16, a qual ilustra os resultados da estação de Bom Jesus do Galho (código 01942002) e Jaboticatubas (código 01943004).

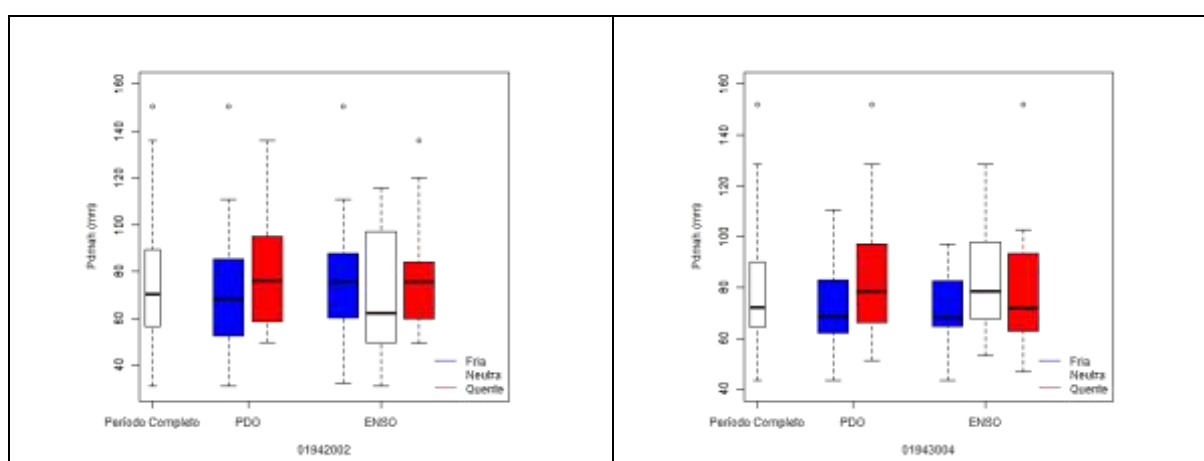


Figura 16 – Gráficos *boxplot* associados ao período completo de dados e as fases do ENSO Oscilação Sul e da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP)

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da presença de tendência nas séries temporais dos índices de precipitação indicou que o número de dias secos consecutivos, o número de dias com precipitação superiores ou iguais a 10 mm e a precipitação total por ano hidrológico não apresentam tendência na faixa central do estado de Minas Gerais.

Os índices de dias extremamente chuvosos (R99p), número de dias com precipitações superiores a 30 mm (R30mm), quantidade de precipitação máxima em 5 dias (Rx5day) e o índice de intensidade diária (Sdii) que apresentaram tendência significativa, predominou a positiva, sendo que a maior parte das estações com esses resultados estão localizadas em latitudes superiores a 19° Sul. Ressalva-se que as tendências significativas foram observadas no máximo em 9 estações, que é o caso do índice de dias extremamente chuvosos (R99p).

Nas séries de precipitação diária máxima por ano hidrológico (Pdmah), os testes de tendência de Mann-Kendall, de Spearman's Rho e de Regressão Linear indicaram que 8 estações apresentam tendências positivas significativas. Dessas 8 estações, 6 também apresentaram tendências positivas significativas no índice de dias extremamente chuvosos (R99p). Também se observou que 7 estações com tendência positiva significativa nos testes mencionados anteriormente estão localizadas em latitudes superiores a 19° Sul, sem um padrão espacial muito claro.

Os resultados da análise de frequência com a distribuição de Gumbel e empírica para o período completo de dados, os primeiros e os últimos 30 anos de dados das séries indicaram um comportamento dicotômico para as estações localizadas em latitudes maiores que 19° de latitude sul. Os quantis estimados com os primeiros 30 anos da série, de uma forma geral variando de 1938/1939 até 1977/1978, foram inferiores aos calculados com período completo. No caso dos últimos 30 anos da série, de uma forma geral variando de 1978/1979 até 2009/2010, os quantis estimados foram superiores aos calculados com o período completo. Esses resultados concordam com os testes de tendência de Mann-Kendall, de Spearman's Rho e de Regressão Linear, indicando tendências positivas em 7 séries de Pdmah nas latitudes superiores a 19° Sul da faixa central de Minas Gerais.

As séries de precipitação diária máxima por ano hidrológico podem ser utilizadas no estabelecimento da relação intensidade, duração e frequência (IDF), por meio da desagregação

da altura diária em duração horária e sub horária, bem como na estimativa da precipitação máxima provável (PMP) e sua posterior desagregação em durações inferiores, entre outros exemplos. Assim, nas latitudes superiores a 19° Sul, os resultados obtidos com as distribuições empíricas e de Gumbel chamam atenção para o fato de que as análises de frequência de precipitação máxima diária por ano hidrológico que utilizaram os dados do período de 1938/1939 até 1977/1978 podem ter gerado critérios de dimensionamento das estruturas hidráulicas inferiores aos que seriam observados com período completo de dados ou considerando o período de 1978/1979 até 2009/2010. Ressalva-se que o período de 1938/1939 até 1977/1978 é coincidente com a predominância da fase fria da Oscilação Decadal do Pacífico.

As afirmações anteriores, resultantes das análises realizadas no estudo, não permitem que se conclua de forma inequívoca a identificação de tendências ou padrões espaciais de variação das precipitações diárias máximas por ano hidrológico na faixa central de Minas Gerais, apenas indícios da ocorrência de tendências positivas nas latitudes superiores a 19° Sul.

Embora tenha sido observado aumento de precipitação diária máxima por ano hidrológico nos anos considerados de forte intensidade para os fenômenos de El Niño e La Niña, as análises realizadas nesse estudo não permitem afirmar que essas anomalias estejam associadas diretamente as fases extremas da Oscilação Sul.

Entretanto, na análise dos gráficos *boxplot* da série completa e das séries associadas aos períodos das fases fria e quente da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP ou PDO), observou-se um comportamento padrão em 22 das 36 estações analisadas. Nos gráficos *boxplot*, o limite superior de detecção de valores atípicos, o 3º quartil e a mediana associados aos dados observados na fase quente são superiores aos da fase fria. Assim, pelo menos 25% dos maiores valores de Pdmah da amostra associados à fase quente da Oscilação Decadal do Pacífico são superiores aos dados da fase fria. Esses resultados indicam uma possível influência da Oscilação Decadal do Pacífico na frequência das precipitações diárias máximas por ano hidrológico. Nos períodos de fase quente da ODP, parece haver uma tendência de maior frequência de valores mais elevados de Pdmah do que na fase fria. Esse comportamento também foi observado nos resultados obtidos nas análises com as distribuições empíricas e de Gumbel.

Mesmo considerando que os resultados de presença de tendência e o comportamento das distribuições empíricas são apenas indicativos, esses resultados apontam que o

pressuposto da hipótese de estacionariedade (o futuro será estatisticamente igual ao passado) das séries de Pdmah poderá não ser verdade. Isso, conjugado com a verificação da possível influência da Oscilação Decadal do Pacífico na frequência de ocorrência dos maiores valores de Pdmah, indicam que as análises de frequência precisam, de alguma forma, incorporar essas possíveis influências.

8 REFERÊNCIAS

ABREU, M. L. Climatologia da Estação Chuvosa de Minas Gerais: de Nimer (1977) à zona de convergência do Atlântico Sul. *Revista Geonomos*. Belo Horizonte, v.6, n.2, p.17-22, 1998.

ALEXANDRE, G. R. *Estudo para identificação de tendências do regime pluvial na região metropolitana de Belo Horizonte a partir de métodos estatísticos e modelos climáticos*. 2009. 193f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos). Curso de Pós Graduação em Saneamento, Meio ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

ANDRADE, K. M.; CAVALCANTI, I. F. A., 2004. Climatologia dos sistemas frontais e padrões de comportamento para o verão na América do Sul. Congresso Brasileiro De Meteorologia, Fortaleza-CE. *Anais*. Fortaleza: SBMET, 2004. 1 CD-ROM.

ASSIS, W. L. *Análise do campo térmico e hídrico em Belo Horizonte*. 2001. 150 p. Dissertação de Mestrado. IGC. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.

BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. *Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília. V.36, n.5, p. 717-726, maio 2001.

BAGGIOTTO, C.; DULAC, V. F.; ARAÚJO, R. K.; CRUZ, R. C.; CRUZ, J. C. Análise de séries temporais de chuva e vazões da bacia hidrográfica do rio Camaquã. In: XVI Simpósio De Ensino, Pesquisa E Extensão-Unifra, 16, 2012. Santa Maria-RS. *Anais Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão Unifra*, Santa Maria

BARBOSA, J. P. M. Estudo Sobre a Evolução dos Eventos Extremos de Precipitação no Setor Paulista da Serra do Mar. In: Simpósio Brasileiro De Recursos Hídricos, 17, 2007, São Paulo. *Anais do XVII Simpósio Brasileiro De Recursos Porto Alegre*. Editora ABRH, 2007.

BERTONI, J. C; TUCCI, C. E.M. Precipitação. In: TUCCI, Carlos E.M (Org.) *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. 3ª ed. Porto Alegre: Editora UFRGS/ABRH, 2002. P. 177-231.

BRASIL. *Normais Climatológicas – 1961 a 1990*. Brasília: Departamento Nacional de Meteorologia/MARA. 1992. 84p.

BONACCORSO, B; CANCELLIERE, A; ROSSI, G. Detecting trends of extreme rainfall series in Sicily. *Advances in Geosciences*, v. 2, p.7-11, 2005.

BRAGA, A. P.; ROCHA, E. J. P.; ROLIM, P. A. M.; NEVES, D. G. das; BARROS, R. C. de. Estudo da variabilidade interanual associada ao El Niño e La Niña sobre o regime hidrológico da bacia do rio Guamá-Capim. In: XII Congresso Brasileiro De Meteorologia, 12, 2002, Foz do Iguaçu-PR. *Anais*, Foz do Iguaçu, 2002, p. 2067-2072.

BURN, D. H; ELNUR M.A. H. Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of hydrologic*. Nº 255, p.107-122, 2002.

- BUSSAB, W. O.; MORENTTIN, P. A. *Estatística Básica*. 4 ed. São Paulo: Atual Editora Ltda, 1987.
- CAIRO, C. T.; SILVA, J. G. F.; RAMOS, H. E. A.; ULIANA, E. M; PANTOJA, P. H. B; IGREJA, G. C.; FREITAS, R. A. Análise da 73suário73en da precipitação diária no município de Ecoporanga, Espírito Santo. In: *XV Encontro Latino Americano De Iniciação Científica*, 15, São José dos Campos, 2011.
- CAMARGO, R. *Meteorologia Aplicada a Sistemas de Tempo Regionais*. Notas de aula da disciplina meteorologia sinótica. São Paulo. Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, 2004.
- CAVALCANTI, I. F. de A. *Tempo e Clima no Brasil*. São Paulo: oficina de textos, 2009.
- CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). *El Nino e La Niña*. Disponível em: <<http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 10 ago. 2013.
- CHIEW, F; SIRIWARDENA, L. *Trend User Guide*. Australia: CRC for catchment hidrology, 2005. 29 p. Disponível em: <[http://www.toolkit.net.au/tools/TREND/ documentation](http://www.toolkit.net.au/tools/TREND/documentation)> Acesso em: 23 abr. 2012.
- CHU, H. J.; PAN, T. Y.; LIOU, J. J. Change point detection of long duration extreme precipitation and the effect on hydrologic design: a case study of south Taiwan. *Stoch Environ Res. Risk Assess*. V.26, p. 1123-1130, 2012.
- CLARKE, R. T. Análise de 73suário73en de eventos hidrológicos e o uso de modelos de longa memória para previsão. In: TUCCI, Carlos E. M; BRAGA, B. (Org.). *Clima e Recursos Hídricos no Brasil*. 1ªed. Porto Alegre: ABRH, 2003. P. 243-264.
- COSTA, M. H., ALMEIDA, R. M. B, GODINHO, F. V. *Carta Climática de Minas Gerais*. Brasília: Instituto Nacional de Meteorologia, 1995.
- DIAZ, A. F; STUDZINSKI, C. D; MECHOSO, C. R. Relationships between Precipitation Anomalies in Uruguay and Southern Brazil and Sea Surface Temperature in the Pacific and Atlantic Oceans. *Journal of Climate*, v.11., Fev. 1998.
- DOUGLAS, E. M; VOGEL, R. M; KROLL, C. N. Trends in floods and low flows in the United States: impact of spatial correlation. *Journal of Hidrology*, v.240, p.90-105, 2000.
- FEIDAS, H; NOULOPOULOU C; MAKROGRANNIS T; BORASENTA E. Trend analysis of precipitation time series in Greece and their relationship with circulation using surface and satellite data: 1951-2001. *Theoretical and applied climatology*, nº87, p. 155-177. 2007.
- GOOSSENS, C. BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. *Annales Geophysical*, Berlin, v.4, n.B4, p.385-400, 1986.

GRIMM, A. M.; BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. Climate variability in Southern South America associated with El Niño and La Niña events. *In: Journal of Climate*, 13, 35-58. 2000

GRIMM, A. M.; PSCHIEDT, I. Padrões Atmosféricos Associados a Eventos Severos de Precipitação no Sul do Brasil Durante El Niño, La Niña e Anos Neutros. *In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia*. SBMET, ago-set, 2004.

GRIMM, A. M.; SANT'ANNA, C. L. S Influência de fases extremas da Oscilação Sul sobre a persistência e intensidade da precipitação no Sul do Brasil. *In: Proceedings of the 4th Inter-American Dialogue on Water Management*. CD (trab. N° 192). Foz do Iguaçu, PR, set., 2001.

GRIMM, A. M.; CAVALCANTI, I. F. A.; CASTRO, C. A. C.; PSCHIEDT, I. Contribuição de anomalias de temperatura da superfície do mar à ocorrência de anomalias de precipitação no Brasil em novembro de eventos El Niño e La Niña. *In: Proceedings of the 4th Inter-American Dialogue on Water Management*. CD (trab. N° 193), Foz do Iguaçu, set., 2001a.

GOVERNMENT OF WESTERN AUSTRÁLIA. *Streamflow trends in south – west western Austrália*. N° HY 32, 2009.

GUIMARÃES, D. P.; LANDAU, E. C.; BARROS, C.A. *Áreas homogêneas de precipitação no Estado de Minas Gerais*. Disponível em: <www.alice.cnptia.embrapa.br>. Acesso em: 14 nov. 2013.

HACKBART, E. Met Sul Meteorologia. Disponível em <<http://www.metsul.com>>. Acesso em: 11 out. 2013.

HIDROWEB *Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas*. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br>>. Acesso em: 29 mar. 2012.

HOUGHTON, J. T.; MEIRA FILHO, L. G.; CALLANDER, B. A.; HARRIS, N.; KATTENBERG, A.; MASKELL, K. (ed.). *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *The Physical Science Basis – Contribution of working Group I for the Fourth Assessment Report (AR4)*. Paris: *Summary for policymakers (SPM)*, WMO/ UNEP, 2007. 18p. Disponível em: <<http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/wg1-report.html>>. Acesso em: 11 out. 2013.

LEMOS, C. F.; CALBETE, N. O. Período de tempo que os sistemas frontais atuaram no litoral do Brasil entre a cidade de Porto Alegre e Rio de Janeiro (período 1988-1993). *In: Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 10, 1998, Brasília. *Anais...1998*. CD-ROM, Papel (INPE 10947-PRE/6403).

LIMA, M. I. P. de; CARVALHO, S. C. P.; LIMA, J. L. M. P. Investigating annual and monthly trends in precipitation structure: an overview across Portugal. *Nature Hazards and Earth System Sciences*. N°10, p.2429-2440, 2010.

LIMA, M. P. I.; MARQUES, A. C.; LIMA, J. L. M. P. Análise de tendência da precipitação anual e mensal no período 1900-2000, em Portugal Continental. *Revista Territorium*. Nº12, 2005.

LÓPEZ-MORENO, J. I.; VICENTE-SERRANO, S. M.; ANGULO-MARTINEZ, M.; BEGUERIA, S.; KENAWY, A. Trends in daily precipitation on the northeastern Iberian Peninsula, 1955-2006. *International Journal of Climatology*. V.30, p.1026-1041, 2010.

LUPIKASZA, E. Variabilidade espacial e temporal da precipitação extrema na Polônia, no período 1951-2006. *Journal International of Climatology*. V.30, p.991 – 1007, 2010.

MAIA, L. F. P. G. *Alguns aspectos dinâmico climatológicos em Minas Gerais*. 1986. 164 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1986.

MANTUA, N. J.; HARE, S. R.; ZHANG, Y.; WALLACE, J. M.; FRANCIS, R. C. A. Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.78, p.1069-1079, 1997.

MARCUZZO, F. F. N.; MELO, D. C. R. Distribuição Espaço Temporal e Sazonalidade das Chuvas no Estado do Mato Grosso. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Porto Alegre, v.16, n.4, p.157-167, out/dez 2011.

MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. Impacto das mudanças climáticas no Brasil e possíveis futuros cenários climáticos: síntese do terceiro relatório do IPCC. In: TUCCI, Carlos E.M.; BRAGA, Benedito (Org). *Clima e Recursos Hídricos no Brasil*. 1ª ed. Porto Alegre: ABRH, 2003. P. 209-242.

MCCUEN, R. H. *Modeling Hydrologic Change: Statistical Methods*. CRC Press LLC. Flórida, 2013.

MENEZES, H. E. A.; BRITO, J. I. B de; SANTOS, C. A. C.; SILVA, L. L. A relação entre a temperatura da superfície dos oceanos tropicais e a duração dos veranicos no Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.23, n.2, p.152-161, 2008

MINUZZI, R. B.; CARAMORI, P. H. Variabilidade climática sazonal e anual da chuva e veranicos no Estado do Paraná. *Revista Ceres*, Viçosa, v. 58, n.5, p. 593-602, set/out, 2011.

MORAES, J. M.; PELLEGRINO, G.; BALLESTER, M. V.; MARTINELLI, L. A.; VICTORIA, R. L. Estudo preliminar da evolução temporal dos componentes do ciclo hidrológico da bacia do Rio Piracicaba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11; SIMPÓSIO DE HIDRÁULICA E RECURSOS HÍDRICOS DOS PAÍSES DE LÍNGUA OFICIAL PORTUGUESA, 2., 1995, Recife. *Anais...* Recife: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1995. p. 27-32.

NAGHETTINI, M. C.; PINTO, E. J. A. *Hidrologia Estatística*. 1ª ed. Belo Horizonte: CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – Superintendência Regional de Belo Horizonte, 2007.

NANDINTSETSEG, B.; GREENE J. S.; GOULDEN, C.E. Trends in extreme daily precipitation and temperature near lake Hovsgol, Mongolia. *International Journal of Climatology*. Nº 27, p.341-347, 2007.

NIMER, E. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. 421p.

OLIVEIRA, C. P. *Influência do Pacífico e Atlântico na variabilidade interanual da precipitação sobre a América do Sul*. 2008.103f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos, 2008.

OLIVEIRA, N. Análise da evolução de eventos extremos de precipitação diária na cidade de São Paulo. In: Simpósio Internacional De Climatologia, 4, 2011, João Pessoa. *Anais IV SIC – Simpósio Internacional de Climatologia*, 2011.

PAIVA, E. M. C. D.; CLAKE, R. T. Análise de tendência de precipitação da Amazônia. *Revista Brasileira de Meteorologia*, Rio de Janeiro, v.10, n.1, p.37-41, 1995.

PARMEZANI, J. M.; RIBEIRO, G. E.; SOUZA, J. R. S.; GUEDES, R. L.; RAO, V. B. Associação entre ZCAS e a ocorrência de El Niño e La Niña. In: Congresso Brasileiro De Meteorologia, 1998, Brasília. *Anais 1980-2006 CBMET*, 1998.

PERREAULT, L; HACHÉ, M; SLIVITZKY, M; BOBÉE, B. Detection of change in precipitation and runoff over eastern Canada and U.S. using a Bayesian approach. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment* v.13, p. 201- 216, 1999.

RAO, V. B.; HADA, K. Characteristics of rainfall over Brazil: Annual variations and connections with the Southern Oscillation. *Theoretical and Applied climatology*, 42, 81-91, 1990.

ROBINSON, J. P.; HENDERSON SELLERS, A. *Contemporary Climatology*. Longman, 2 ed. 1999.

RCLIMDEX 1.0 – Manual del 76suário (versão em espanhol). 2004. Disponível em: <[HTTP://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software/shtml](http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/software/shtml)>. Acesso em: 01 mar. 2013.

ROOY, M. P. A rainfall anomaly index independent of time and space, *Notes*, p.14-43, 1965.

ROPELEWSKI, C. F.; HALPERT, M. S. *Global and Regional Scale Precipitation Patterns associated with the El Niño/ Southern Oscillation*. Climate Analysis Center. National Meteorological Center, NWS.NOAA. Washington, 1987.

SANTOS, C. A. C.; BRITO, J. I. B.; RAO, T. V. R.; MENEZES, H. E. A. Tendências dos índices de precipitação no Estado do Ceará. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.24, n.1, p.39-47, 2009.

SECRETARIA DO ESTADO DE CIENCIA, TECNOLOGIA E ENSINO SUPERIOR. Instituto de Geociências Aplicada. Disponível em: <<http://www.iga.br>>. Acesso em: 28 jan. 2013.

SHAO, Q.; CAMPBELL, N. A. Modelling trends in groundwater levels by segmented regression with constraints. *Australian and New Zealand Journal of Statistics*, n. 44, 129-141, 2002.

SHAO, Q.; Li, Z.; Xu, Z. Trend detection in hydrological time series by segment regression with application to Shiyang River Basin. *Stoch Environ Res Risk Assess*. V. 24. P.221-233.2010.

SILVA, A. N. B. *Índices de extremos climáticos e tendência da precipitação anual e sazonal na Amazônia Oriental*. 2010. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais. Universidade Federal do Pará. Belém. 2010

SILVA, G. A. M. *Evolução dos eventos El Niño em fases distintas da Oscilação Decadal do Pacífico: impactos no jato de baixos níveis a leste dos Andes e nos ciclones extratropicais da América do Sul*. 2009. 112f. Tese (doutorado em Ciências). Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2009.

SILVA, M. M.; FERREIRA, V. O.; BRITO, J. L.S. Reconhecimento de possíveis influências dos eventos El Niño e La Niña no regime pluviométrico da bacia do rio Araguari, Minas Gerais. *Revista Geonorte*, Edição Especial 2, v.1, n.5, p.754-765, 2012.

SIQUEIRA, H. R.; ALVES, G. F.; GUIMARÃES, E. C. Comportamento da precipitação pluviométrica mensal do Estado de Minas Gerais: análise espacial e temporal. *Revista Horizonte Científico*, v.1, n.1, p.20, 2007.

SOUZA, F. A. S.; MORAIS, H. F.; SILVA, V. P. R. Influência da Urbanização no Clima da Cidade de Campina Grande- PB. *Revista Brasileira de Geografia Física*. V.1, p.134-145, 2011.

SOUZA, W. M.; AZEVEDO, P. V. Índices de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados de Precipitação pluviométrica e das Temperaturas em Recife – PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*. V.01, p. 143-159, 2012.

SOUZA, W. M.; SILVA, R. F.; CORREIA, A. M; SOUSA, W. S. MELO, I. D. F. Índices de Extremos Climáticos de Precipitação Observados na Bacia do Rio Sirinhaém – Pernambuco, Brasil. In: *XI Congresso Argentino De Meteorologia*, 11, 2012.

STRECK, N. A.; BURIOL, G. A.; HELDWEIN, A. B.; GABRIEL, L. F; PAULA, G. M. Associação da variabilidade da precipitação pluvial em Santa Maria com a Oscilação Decadal do Pacífico. *Pesquisa Agropec. Brasileira*, Brasília, v.44, n.12, p.1553-1561, dez. 2009.

THOM, H.C.S. Some methods of climatological analysis. Geneve: World Meteorological Organization, 1966. 54 p (WMO Technical Note, 81).

TODESCHINI, S. Trends in long daily rainfall series of Lombardia (northern Italy) affecting urban stormwater control. *International journal of climatology*. V.32, p.900 – 919. 2012.

TRENBERTH, K.E. The definition of El Niño. *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 01.78, nº 12, 2771-2777, dezembro, 1997.

TU, X; ZHANG, Q; SINGH, V. P; CHEN, X; LIU, C-L; WANG, S.-B. Spacetime change in hydrological process in response to human activities and climatic change in the south China. *Stoch Environ Res Risk Assess* v. 26, p. 823–834.2012.

TUCCI, C. E. M. *Hidrologia: Ciência e Aplicação*. Organizado por Carlos E.M. Tucci. 3ª ed. Porto Alegre: Editora UFRGS/ABRH, 2002.

VAZ, C. M. *Análise de tendência em séries de precipitação diária máxima anual*. 2008. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de pós Graduação em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico- Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2008.

VIANELLO, R. L.; MAIA, L.F.P.G. Estudo Preliminar da Climatologia Dinâmica do Estado de Minas Gerais. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.12, n.139, p.6-8, 1986.

WANG, W.; SHAO, Q.; YANG, T.; PENG., S; YU Z.; TAYLOR J.; XING, W.; ZHAO, C.; SUN, F. Change in daily temperature and precipitation extremes in the yellow River Basin China. *Stoch Environ Res Risk Assess*, nº 27, p.401–421, 2013.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION, 1983. *Guide to Climatological Practices*. World Meteorological Organization, Technical Note nº 100, WMO nº 100, 2ª ed. Geneva.

ZHANG, Z.; Xu, C-Y.; El-Tahir, M.E-H.; Cao, J.; Singh, V. P. Spatial and temporal variation of precipitation in Sudan and their possible causes during 1948–2005. *Stoch Environ Res Risk Assess*, v. 26 p. 429–441.2012

ZHANG, Z.; CHEN, Xi; XU, Chong-Yu; YUAN, L.; YONG, B.; YAN, S. Evaluating the non stationary relationship between precipitation and streamflow in nine major basins of China during the past 50 years. *Journal of Hydrology*, nº 409, p.81-93.2011.

ANEXO A

DESCRIÇÃO DOS TESTES ESTATÍSTICOS DO SOFTWARE
TREND PARA MUDANÇAS ABRUPTAS E INDEPENDÊNCIA

Testes para Mudanças Abruptas

Teste *Distribution Free CUSUM*

Este método testa se as medianas de duas partes de um registro são diferentes para um tempo de mudança desconhecido. É um teste não paramétrico. Dada uma série de dados ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$), o teste estatístico é definido como:

$$V_k = \sum_{i=1}^k \text{sgn}(x_i - x_{\text{mediana}}) \quad k = 1, 2, 3 \dots \quad (\text{A.1})$$

$$\text{sgn}(x) = 1 \quad \text{para} \quad x > 0$$

$$\text{sgn}(x) = 0 \quad \text{para} \quad x = 0$$

$$\text{sgn}(x) = -1 \quad \text{para} \quad x < 0$$

x_{mediana} é o valor médio dos dados x_i

A distribuição de V_k segue a estatística Kolmogorov Smirnov para duas amostragens

$$\text{KS} = \frac{2}{n} \max |V_k| \quad (\text{A.2})$$

Os valores críticos de $\max |V_k|$

$$\alpha = 0.10 \rightarrow 1.22\sqrt{n}$$

$$\alpha = 0.05 \rightarrow 1.36\sqrt{n}$$

$$\alpha = 0.01 \rightarrow 1.63\sqrt{n}$$

Um valor negativo de V_k indica que a parte posterior do registro de dados tem uma mediana maior que a parte anterior e vice-versa.

Teste Cumulative Deviation

Este método testa se as médias em duas partes de um registro de dados são diferentes (para um tempo de mudança desconhecido). O teste assume que os dados são normalmente distribuídos. A proposta do teste é detectar uma mudança na média de uma série temporal após m observações.

$$\begin{aligned} E(x_i) &= \mu & i &= 1, 2, 3, \dots, m \\ E(x_i) &= \mu + \Delta & i &= m+1, m+2, m+3, \dots, n \end{aligned}$$

Em que μ é a média antes da mudança, e Δ é a alteração da mudança. Os desvios cumulativos da média são calculados com:

$$\begin{aligned} S_0^* &= 0 \\ S_k^* &= \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{X}) & k &= 1, 2, 3, \dots, n \end{aligned} \quad (\text{A.3})$$

Os Rescaled Adjusted Partial Sums (RAPS) são obtidos pela divisão do S_k^* pelo desvio padrão da amostra.

$$S_k^{**} = \frac{S_k^*}{D_x} \quad (\text{A.4})$$

$$D_x^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{X})^2}{n} \quad (\text{A.5})$$

O teste estatístico Q é:

$$Q = \max | S_k^{**} | \quad (\text{A.6})$$

É calculado para cada ano, com o maior valor indicando o ponto de mudança. Os valores críticos para Q/\sqrt{n} são dados pela tabela A.1:

Tabela A.1 - Valores críticos para Q/\sqrt{n}

N	Nível de significância Q/\sqrt{n}		
	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
10	1,05	1,14	1,29
20	1,10	1,22	1,42
30	1,12	1,24	1,46
40	1,13	1,26	1,50
50	1,14	1,27	1,52
100	1,17	1,29	1,55
A	1,22	1,36	1,63

Valor negativo de S_k^* indica que o registro de dados posterior tem média maior que o anterior e vice versa.

Teste Worsley Likelihood Ratio

Este método testa se as médias em duas partes de um registro são diferentes (para um tempo de mudança desconhecido). O teste assume que os dados são normalmente distribuídos. Nesse teste, o peso dos valores de S_k^* depende da posição na série.

$$Z_k^* = [k(n - k)^{-0.5}]S_k^* \quad (\text{A.7})$$

$$Z_k^{**} = \frac{Z_k^*}{D_x} \quad (\text{A.8})$$

Em que o teste estatístico W

$$W = \frac{(n-2)^{0.5}}{(1-\nu^2)^{0.5}} V \quad (\text{A.9})$$

$$V = \max |Z_k^{**}| \quad (\text{A.10})$$

Valores críticos de w são dados pela tabela abaixo. Valores negativos de W indicam que a parte posterior do registro de dados tem uma média maior do que anterior e vice-versa.

Tabela A.2 – Valores críticos de W

N	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
10	3.14	3.66	4.93
15	2.97	3.36	4.32
20	2.90	3.28	4.13
25	2.89	3.23	3.94
30	2.86	3.19	3.86
35	2.88	3.21	3.87
40	2.88	3.17	3.77
45	2.86	3.18	3.79
50	2.87	3.16	3.79

Teste Rank Sum

Este método testa se as medianas de dois períodos diferentes são diferentes. É um teste não paramétrico. Para calcular a estatística, primeiramente os dados deverão ser posicionados a partir do menor para o maior (N). N é o número de dados da amostra. No caso de valores iguais, deverá ser utilizada a média das ordens de classificação. A estatística S é calculada como a soma das fileiras do grupo menor (n) e do grupo maior (m). São calculados o desvio médio e padrão teórico de S sob H_0 para toda a amostra.

$$\mu = \frac{n(N+1)}{2} \quad (\text{A.11})$$

$$\sigma = \frac{\sqrt{nm(N+1)}}{12} \quad (\text{A.12})$$

A forma padronizada do teste estatístico Z_{rs} é computado como:

$$Z_{rs} = \frac{S - 0.5\mu}{\sigma} \quad \text{se } S > \mu$$

$$Z_{rs} = 0 \quad \text{se } S = \mu$$

$$Z_{rs} = \frac{|S - 0.5\mu|}{\sigma} \quad \text{se } S < \mu$$

Z_{rs} é aproximadamente normalmente distribuído, e os valores dos teste estatísticos para vários níveis de significância podem ser obtidos através de tabelas de probabilidade normal.

Teste Student

Este método testa se as médias em dois períodos diferentes são diferentes. O teste assume que os dados são normalmente distribuídos. Os valores críticos dos testes estatísticos de vários níveis de significância são obtidos de tabelas estatísticas de Student.

$$t = \frac{(\bar{X} - \bar{Y})}{S \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}} \quad (\text{A. 13})$$

Em que \bar{X} e \bar{Y} são as médias do primeiro e segundo período, respectivamente, e m e n são o número de observações do primeiro e segundo período respectivamente, e S é a desvio padrão da amostra.

Teste para Verificação da Independência

Teste Median Crossing

Os n valores de tempo são substituídos por 0 se $x_i < x_{\text{mediana}}$. Se os dados da série temporal vêm de um processo aleatório, então m é aproximadamente normalmente distribuído com:

$$\mu = \frac{(n-1)}{2} \quad (\text{A.14})$$

$$\sigma = \frac{(n-1)}{4} \quad (\text{A.15})$$

O teste estatístico Z é portanto:

$$Z = \frac{|(m - \mu)|}{\sigma} \quad (\text{A.16})$$

Teste Turning Points

Os n valores de série de tempo são atribuídos 1 se $x_{i-1} < x_i > x_{i+1}$. Caso contrário, são designados com 0. O número de vezes que 1 aparece (m^*) é aproximadamente normalmente distribuído com:

$$\mu = \frac{2(n-2)}{3} \quad (\text{A.17})$$

$$\sigma = \frac{16n-29}{90} \quad (\text{A.18})$$

O teste estatístico Z é portanto:

$$Z = \frac{|m^* - \mu|}{\sigma 0.5} \quad (\text{A.19})$$

Teste Rank Difference

Os n valores da série de tempo são substituídos pelas ordens de classificação a partir de 1 para o menor até n. A estatística U é a soma das diferenças absolutas entre sucessivas ordens de classificação.

$$U = \sum_{i=2}^n |R_i - R_{i-1}| \quad (\text{A.20})$$

Para valores de n grande, U é normalmentedistribuído com

$$\mu = \frac{(n+1)(n-1)}{3} \quad (\text{A.21})$$

$$\sigma = \frac{(n-2)(n+1)(4n-7)}{90} \quad (\text{A.22})$$

O teste estatístico Z é portanto:

$$Z = \frac{|U - \mu|}{\sigma 0,5} \quad (\text{A.23})$$

Teste de Autocorrelação

O coeficiente de autocorrelação é calculado como:

$$r_1 = \frac{[\sum_{i=1}^{n-1} (X_i - \bar{X})(X_{i+1} - \bar{X})]}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (\text{A.24})$$

Se os dados da série temporal forem independentes, então o valor esperado e a variância serão:

$$E(r_1) = \frac{-1}{n} \quad (\text{A.25})$$

$$\text{Var}(r_1) = \frac{(n^3 + 3n^2 + 4)}{(n^2(n^2 - 1))} \quad (\text{A.26})$$

O teste estatístico Z é portanto:

$$Z = \frac{|r_1 - E(r_1)|}{\sqrt{\text{var}(r_1)}} \quad (\text{A.27})$$

ANEXO B
RELAÇÃO DOS POSTOS UTILIZADOS NA ANÁLISE DE
CONSISTÊNCIA

Tabela B.1 – Relação das Estações pluviométricas utilizadas na análise de consistência
(Continua)

Posto Pluviométrico	Cidade	Código	Sub Bacia	Latitude	Longitude
Abre Campo	Abre Campo	02042010	56	-20:17:56	-42: 28:41
Acaiaca	Acaiaca	02043009	56	-20:21:45	-43:8:38
Alagoa	Alagoa	02244065	61	-22:10:12	-44:38:13
Assaraí	Pocrane	01941006	56	-19:35:41	-41:27:29
Bambuí	Bambuí	02045001	40	-20: 1: 16	-45:57:58
Barra do Escuro	São Romão	01645003	43	-16:16:07	-45:14:16
Barroso	Barroso	02143006	61	-21:11:14	-43:58: 48
Bom Jesus do Galho	Bom J.do Galho	01942002	56	-19: 50: 1	-42: 19: 4
Caeté	Caeté	01943010	41	-19: 54: 2	-43: 40: 3
Careaçu	Careaçu	02245074	61	-22: 3: 10	-45:41: 56
Carmo do Cajuru	C. do Cajuru	02044003	40	-20:11:32	-44:47: 37
Carmo do Paranaíba	C. do Paranaíba	01946022	60	-19:0:12	-46:18:22
Conc. Rio Verde	Conc. Rio Verde	02145001	61	-21:53:14	-45: 4: 45
Coroaci	Coroaci	01842005	56	-18:36:43	-42:16: 43
Cristina	Cristina	02245065	61	-22:12:37	-45:15: 57
Desterro de Melo	Dest.de Melo	02143003	56	-21:8:57	-43:31:12
Divinópolis	Divinópolis	02044006	40	-20: 8: 13	-44:53: 31
Entre Rios de Minas	E. R. de Minas	02044007	40	-20:39:40	-44:4:14
Estrela do Sul	Estrela do Sul	01847001	60	-18:44:17	-47:41:24
Faz. Vargem Bonita	Jequitibá	01944024	41	-19:14:14	-44:7:23
Faz.Esc. Florestal	Florestal	01944007	40	-19:52:47	-44:25:18
Fazenda Ajuda	Bambuí	02046007	40	-20:6:6	-46:3:18
Fazenda Paraíso	Mariana	02043011	56	-20:23:24	-43:10:49
Guanhães	Guanhães	01842007	56	-18:46:20	-42:55:52
Horto Florestal	Paraopeba	01944010	40	-19:16:5	-44:24:6
Ibirité	Ibirité	02044012	40	-20:2:34	-44:2:36
Ipanema	Ipanema	01941000	56	-19:47:56	-41:42:22
Itaobim	Itaobim	01641001	54	-16:34:6	-41:30:11
Jaboticatuba	Jaboticatuba	01943004	41	-19:31:14	-43:44: 40
Jacinto	Jacinto	01640000	54	-16:8:19	-40:17:25
Jaguaruna-jusante	Onça do Pitangui	01944011	40	-19:43:41	-44:48:24
Jequitinhonha	Jequitinhonha	01641002	54	-16:25:39	-41:0:50
Lagoa Grande	Nova Lima	02043002	41	-20:10:45	-43:56: 34
Lamounier	Itapecirica	02045005	40	-20:28:20	-45:2:10
Lassance	Lassance	01744010	41	-17:53:24	-44:34: 36
Leal de Patos	Patos de Minas	01846017	42	-18:38:28	-46:20:4
Manga	Manga	01443001	44	-14:45:24	-43:55:56
Melo Franco	Brumadinho	02044008	40	-20:11:52	-44:7:15
Monsenhor Paulo	Mons. Paulo	02145017	61	-21:45:37	-45:32: 16
Morro do Pilar	Morro do Pilar	01943025	56	-19:13:3	-43:22:27
P.Nova.do Paraopeba	Betim	01944004	40	-19:57:20	-44:18: 24
Pedro Leopoldo	Pedro Leopoldo	01944009	41	-19: 38: 4	-44: 3: 12
Piranga	Piranga	02043010	56	-20:41:26	-43:17:58
Ponte Firme	Pres. Olegário	01846016	42	-18:2:2	-46:25:10
Porto Firme	Porto Firme	02043014	56	-20:40:13	-43: 5: 17
Pouso Alegre	Pouso Alegre	02245077	61	-22:14:41	-45:57:35
Raul Soares	Raul Soares	02042008	56	-20:6:13	-42:26:24
Resplendor	Resplendor	01941004	56	-19:20:35	-41:14:46
Rio Casca	Rio Casca	02042011	56	-20:13:34	-42:39:0
Rio do Peixe	Nova Lima	02043004	41	-20: 8: 16	-43:53: 33
Santa Bárbara	Santa Bárbara	01943007	56	-19:56:43	-43: 24: 4
Santa Juliana	Santa Juliana	01947001	60	-19:18:57	-47:31:34

Tabela B.1 – Relação das Estações pluviométricas utilizadas na análise de consistência (Conclusão)

Posto Pluviométrico	Cidade	Código	Sub Bacia	Latitude	Longitude
Santa M. do Itabira	Sta M. do Itabira	01943008	56	-19:26:31	-43: 7: 4
Santo Hipólito	Santo Hipólito	01844001	41	-18: 18: 0	-44:13: 22
São Francisco	São Francisco	01544013	44	-15:57:0	-44:52:0
São Pedro do Suaçuí	São P. do Suaçuí	01842004	56	-18:21:30	-42: 35:44
São Romão	São Romão	01645000	43	-16:22:18	-45:4:58
Tapiraí- jusante	Tapiraí	01946000	40	-19:52:46	-46: 1: 58
Taquaraçu	Taq.de Minas	01943023	41	-19:39:50	-43:41:17
Usina da Brecha	Guaraciaba	02043025	56	-20:31:0	-43:1:0
Usina Paraúna	Pres. Juscelino	01843000	41	-18:38:8	-43:57:57
Usina Peti	S. G. Rio Abaixo	01943027	56	-19:52:51	-43:22:3
Várzea da Palma	Várzea da Palma	01744009	41	-17:35: 7	-44:42: 58
Vau da Lagoa	Sant.do Riacho	01943035	41	-19: 13:8	-43:35: 17
Velho do Taipa	Pitangui	01944021	40	-19:41:46	-44:55:46
Vermelho Velho	Raul Soares	01942006	56	-19:59:56	-42:20: 51
Vespasiano	Vespasiano	01943009	41	-19:41:14	-43:55:15
Vila Matias	Matias Lobato	01841001	56	-18:34:29	-41:55:04

Tabela B.2 – Relação dos postos de referência e estações de apoio utilizadas na análise de consistência aprovada

Código	Posto de Referência	Cidade	Estações de apoio	
01744010	Lassance	Lassance	Usina Paraúna	Santo Hipólito
01843000	Usina Paraúna	Pres.Juscelino	Lassance	Santo Hipólito
01846017	Leal Patos	Patos de Minas	C. do Paranaíba	Ponte Firme
01942002	Bom J.do Galho	Bom J.do Galho	Raul Soares	Vermelho Velho
01943004	Jaboticatuba	Jaboticatuba	Taquaraçu	Vau da Lagoa
01943009	Vespasiano	Vespasiano	Pedro Leopoldo	Horto Florestal
01943010	Caeté	Caeté	Usina Petti	Lagoa Grande
01943023	Taquaraçu	Taquaraçu	Jaboticatuba	Vespasiano
01943025	Morro do Pilar	Morro do Pilar	Jaboticatuba	Sta Maria do Itabira
01943027	Usina Petti	São G. Rio Abaixo	Caeté	Lagoa Grande
01944004	P.N.Paraopeba	P.N.Paraopeba	Ibirité	Melo Franco
01944007	Faz.Esc.Florestal	Florestal	P.N.Paraopeba	Ibirité
01944009	Pedro Leopoldo	Pedro Leopoldo	Vespasiano	Lagoa Grande
01944010	Horto Florestal	Paraopeba	Pedro Leopoldo	Vespasiano
01944011	Jaguaruna	Onça do Pitangui	Faz.Esc.Florestal	Divinópolis
01944021	Velho do Taipa	Pitangui	Divinópolis	Faz.Esc. Florestal
01944024	Faz.Vargem Bonita	Jequitibá	Jaboticatuba	Taquaraçu
01946000	Tapiraí	Tapiraí	Bambuí	Fazenda Ajuda
01946022	Carmo do Paranaíba	C.do Paranaíba	Leal Patos	Ponte Firme
02042008	Raul Soares	Raul Soares	Rio Casca	Bom J.do Galho
02043002	Lagoa Grande	Nova Lima	Caete	Rio do Peixe
02043009	Acaiaca	Acaiaca	Fazenda Paraíso	Porto Firme
02043025	Usina da Brecha	Guaraciaba	Rio Casca	Porto Firme
02044006	Divinópolis	Divinópolis	V.do Taipa	Faz.Esc. Florestal
02044008	Melo Franco	Brumadinho	Pte N.do Paraopeba	Ibirité
02044012	Ibirité	Ibirité	Pte N.do Paraopeba	Melo Franco
02045001	Bambuí	Bambuí	Tapiraí	Fazenda Ajuda
02045005	Lamounier	Itapecirica	Divinópolis	Carmo do Cajuru
02046007	Fazenda Ajuda	Bambuí	Tapiraí	Bambuí
02143003	Desterro de Melo	Desterro de Melo	Barroso	Entre Rios
02145001	Conc. Rio Verde	Conc. Rio Verde	Monsenhor Paulo	Careçu
02244065	Alagoa	Alagoa	Cristina	Conc.Rio Verde
02245065	Cristina	Cristina	Conc. Rio Verde	Alagoa
01443001	Manga	Manga	São Romão	Barra do Escuro
01544013	São Francisco	São Francisco	São Romão	Barra do Escuro
01645000	São Romão	São Romão	Barra do Escuro	Manga

APÊNDICE A
GRÁFICOS DA ANÁLISE DE CONSISTÊNCIA

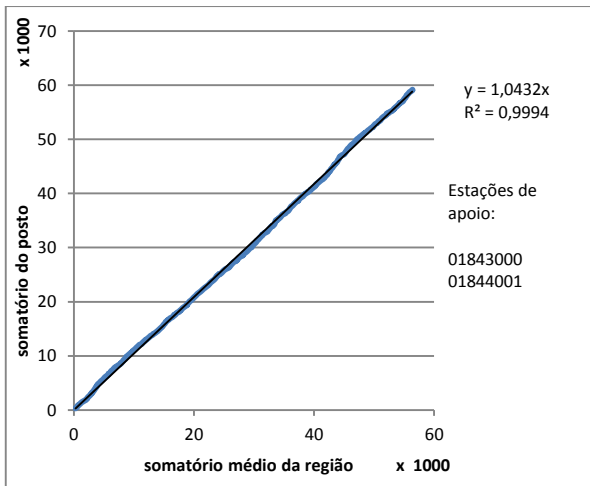


Figura A.1 - Gráfico de Consistência da Estação Lassance

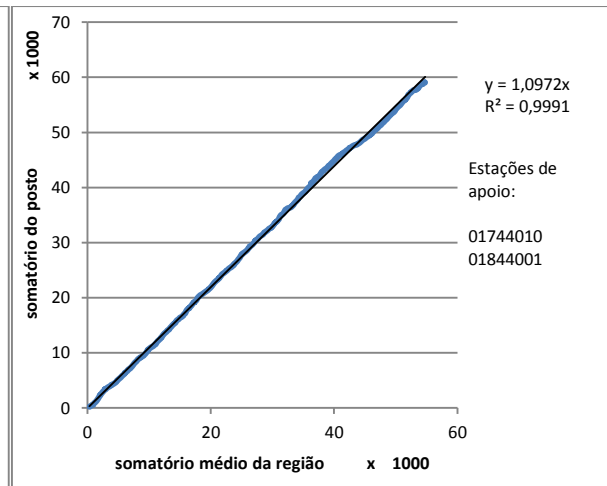


Figura A.2 - Gráfico de Consistência da Estação Usina Paraúna

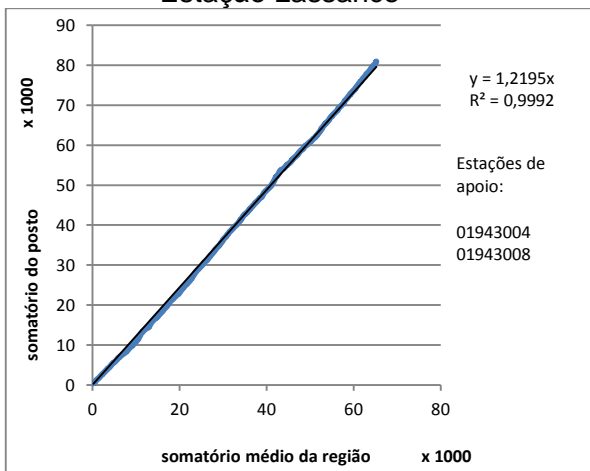


Figura A.3 - Gráfico de Consistência da Estação Morro do Pilar

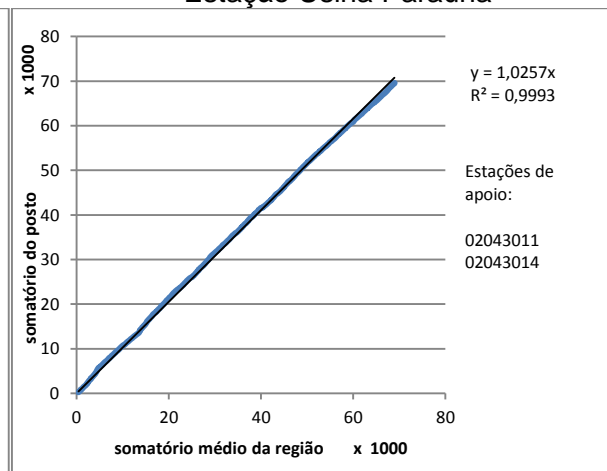


Figura A.4 - Gráfico de Consistência da Estação Acaiaca

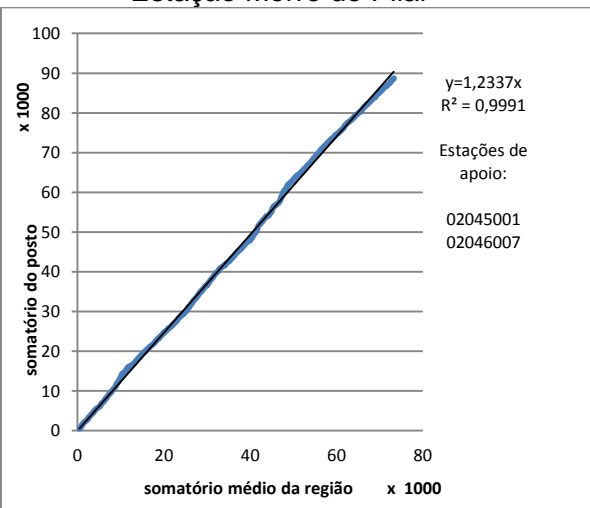


Figura A.5 - Gráfico de Consistência da Estação Tapiraí

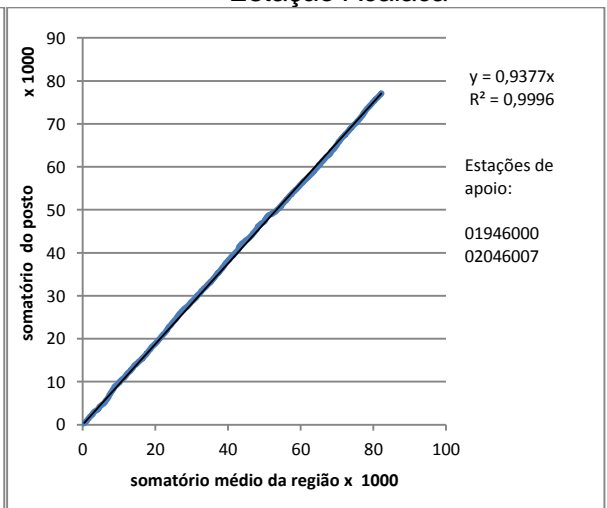


Figura A.6 - Gráfico de Consistência da Estação Bambuí

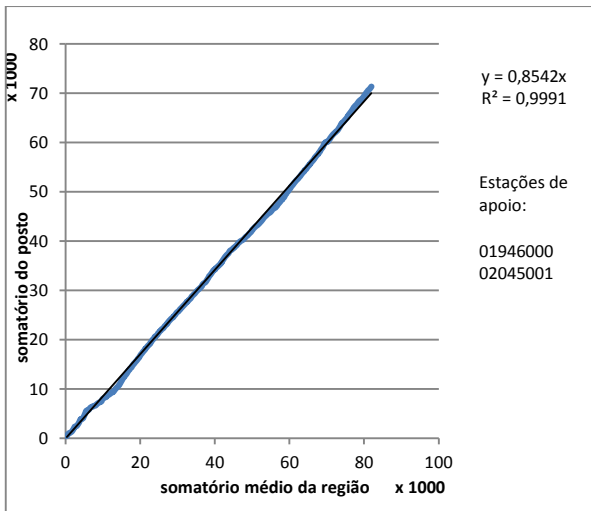


Figura A.7 - Gráfico de Consistência da Estação Fazenda Ajuda

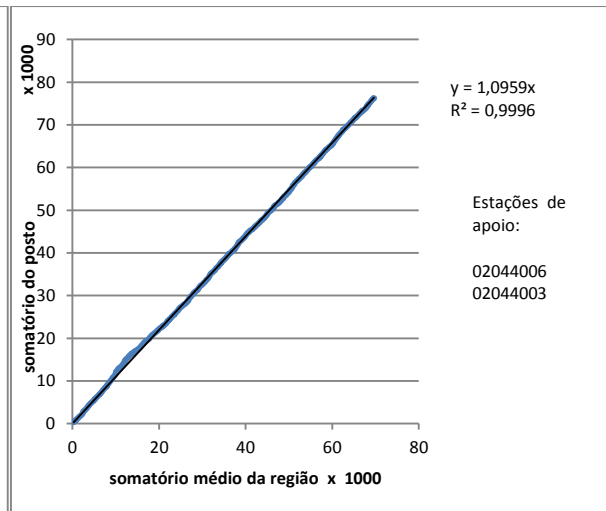


Figura A.8 - Gráfico de Consistência da Estação Lamounier

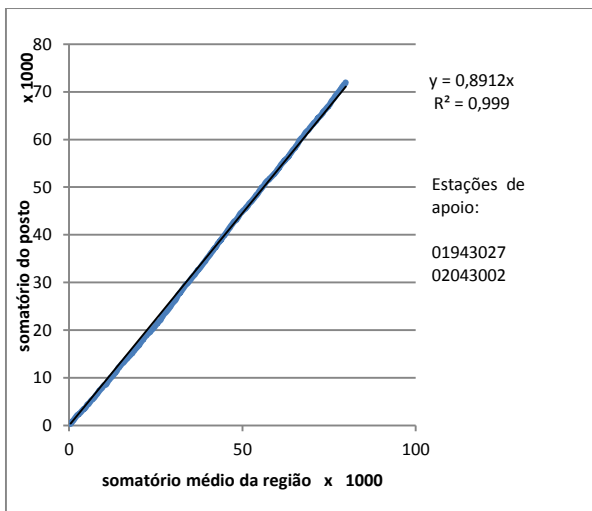


Figura A.9 - Gráfico de Consistência da Estação Caeté

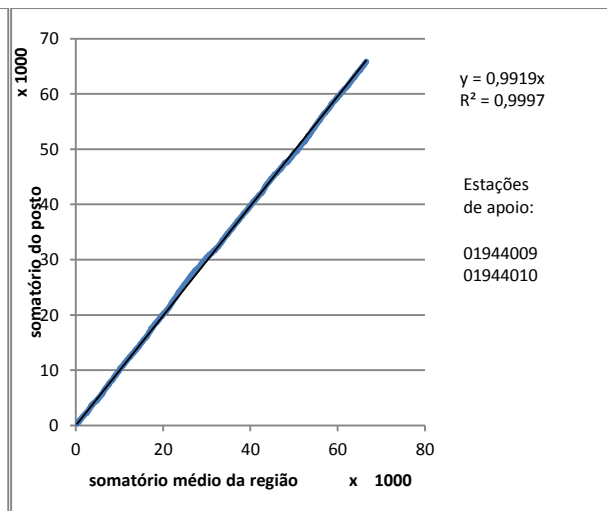


Figura A.10 - Gráfico de Consistência da Estação Vespasiano

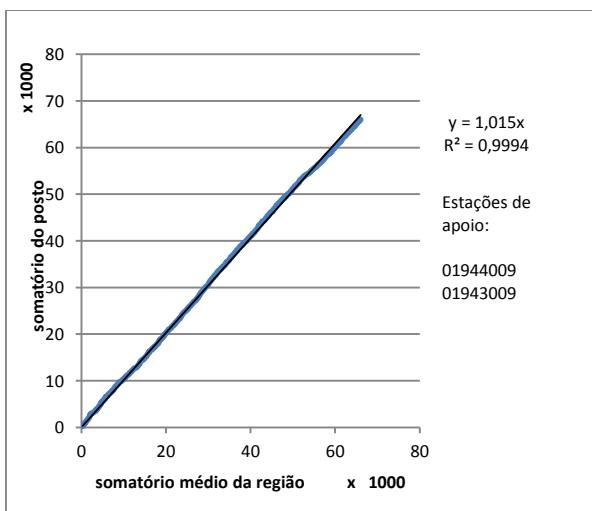


Figura A.11 - Gráfico de Consistência da Estação Horto Florestal

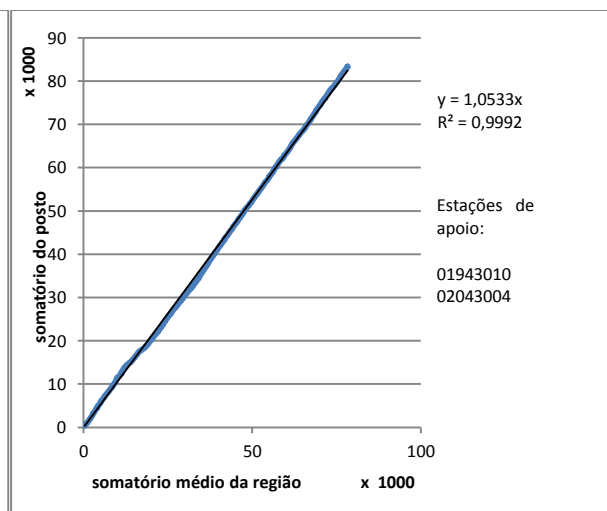


Figura A.12 - Gráfico de Consistência da Estação Lagoa Grande

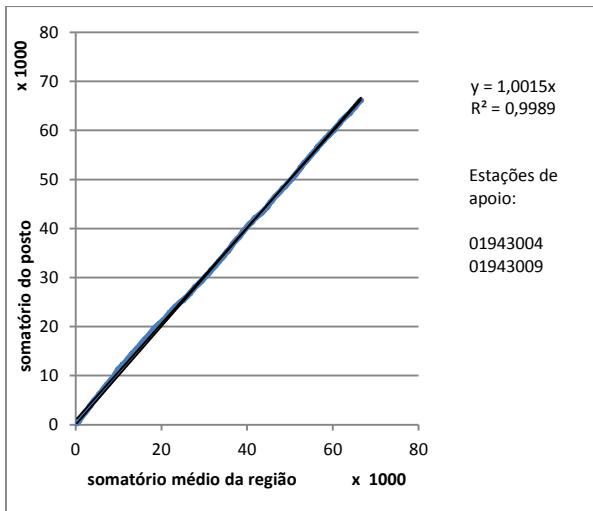


Figura A.13 - Gráfico de Consistência da Estação Taquaraçu

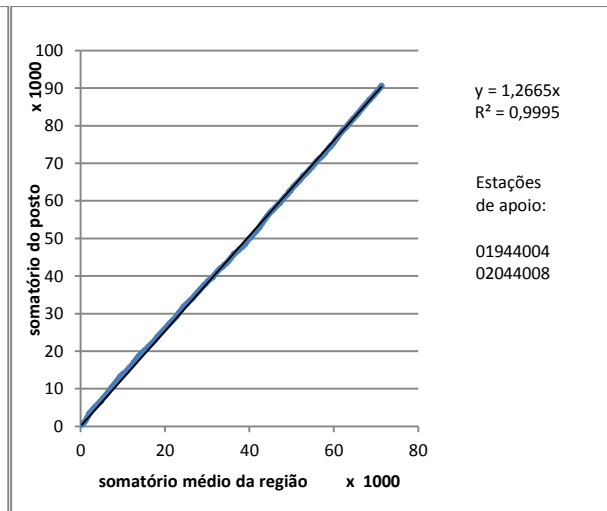


Figura A.14 - Gráfico de Consistência da Estação Ibirité

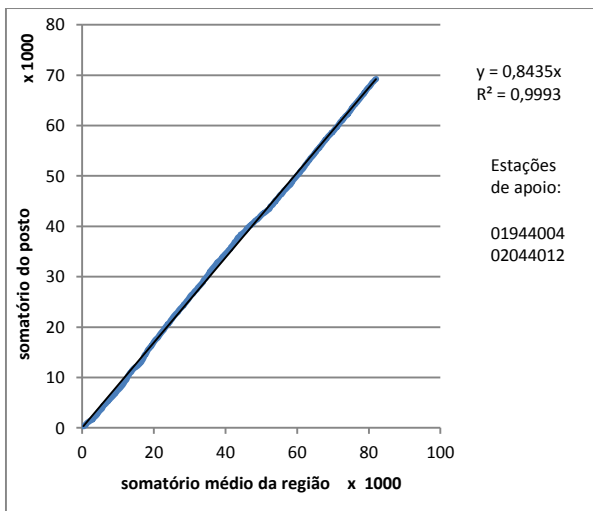


Figura A.15 - Gráfico de Consistência da Estação Melo Franco

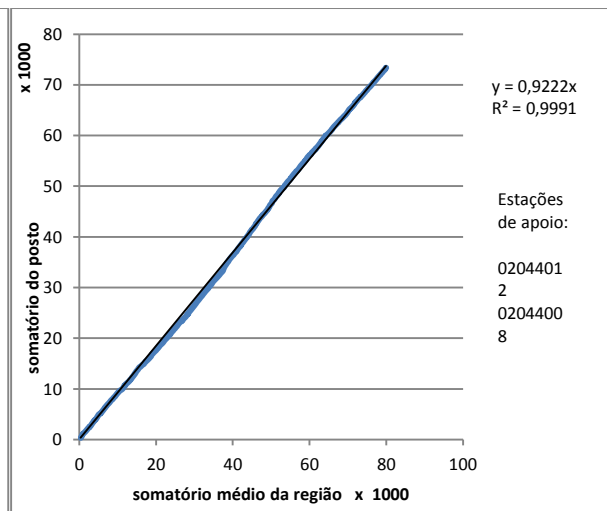


Figura A.16 - Gráfico de Consistência da Estação Ponte Nova do Paraopeba

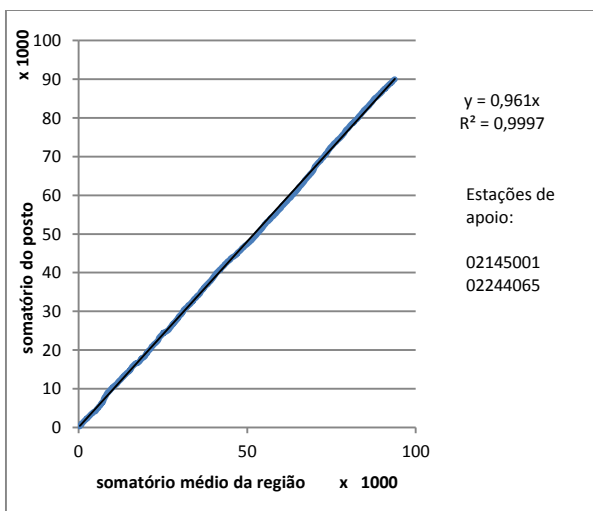


Figura A.17 - Gráfico de Consistência da Estação Cristina

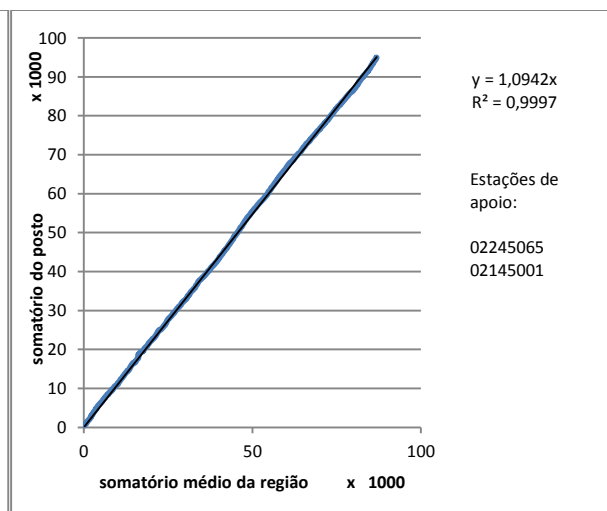


Figura A.18 - Gráfico de Consistência da Estação Alagoa

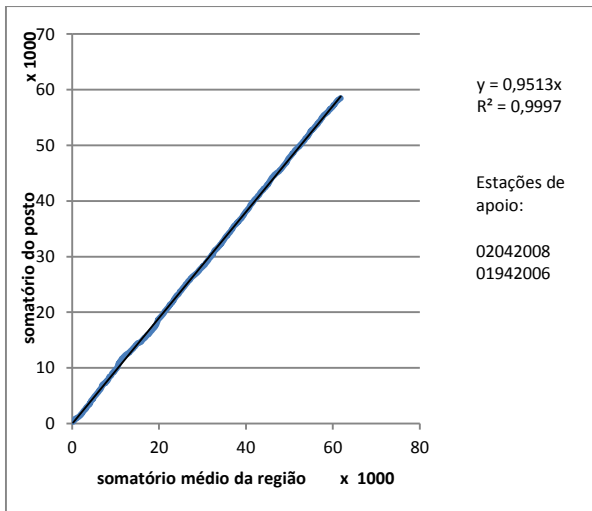


Figura A.19 - Gráfico de Consistência da Estação Bom Jesus do Galho

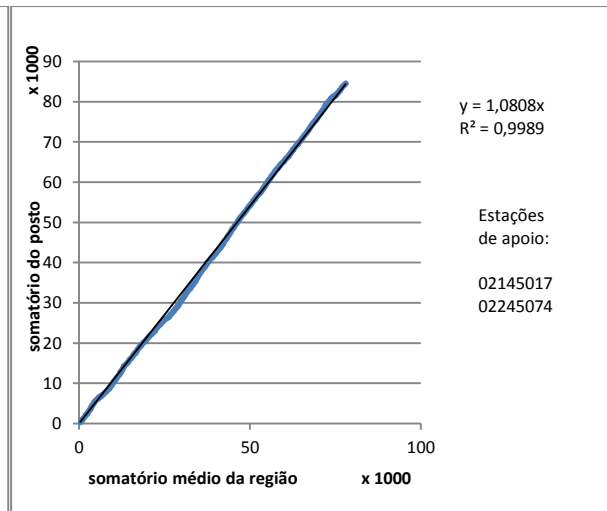


Figura A.20 - Gráfico de Consistência da Estação Conceição do Rio Verde

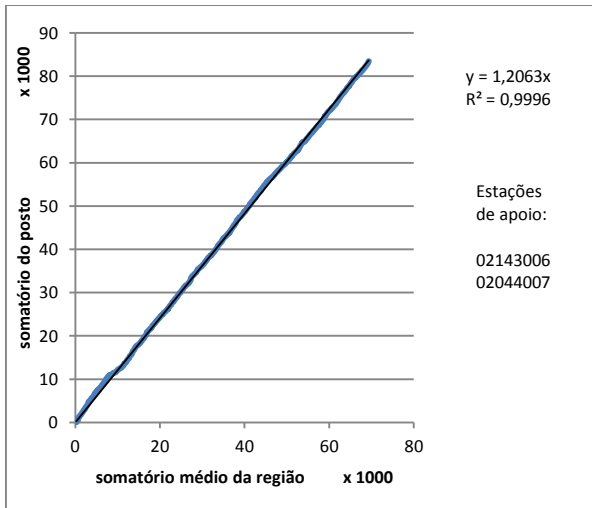


Figura A.21 - Gráfico de Consistência de Desterro de Melo

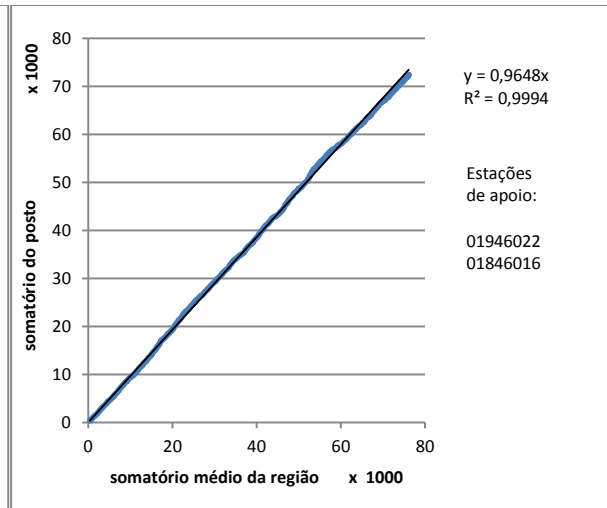


Figura A.22 - Gráfico de Consistência da Estação Leal Patos

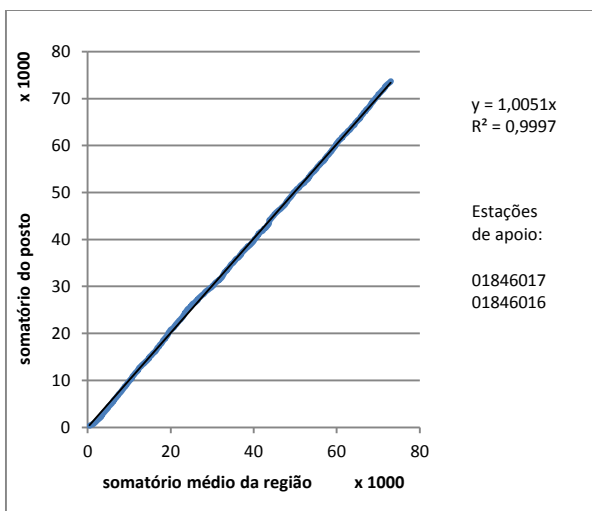


Figura A.23 - Gráfico de Consistência da Estação Carmo do Paranaíba

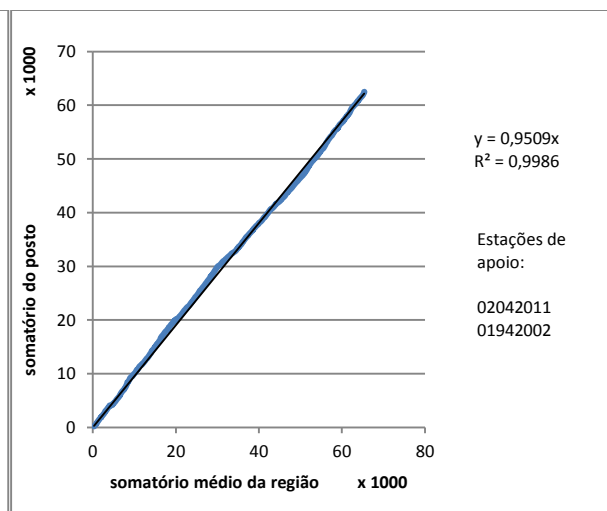


Figura A.24 - Gráfico de Consistência da Estação Raul Soares

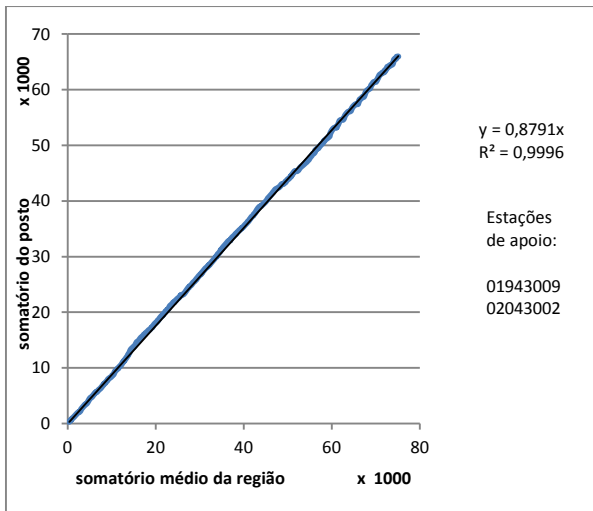


Figura A.25 - Gráfico de Consistência da Estação Pedro Leopoldo

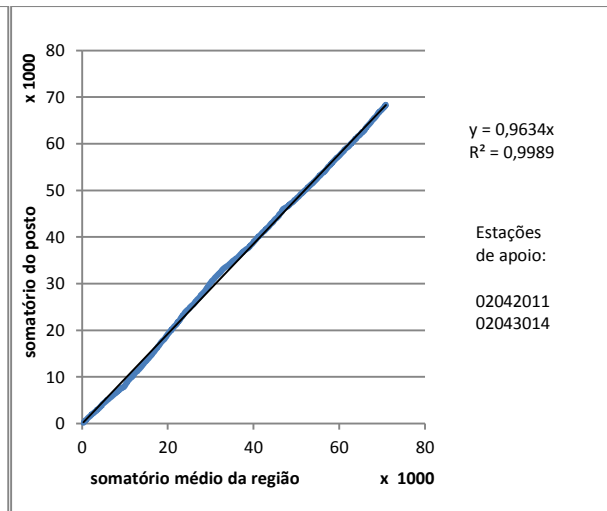


Figura A.26 - Gráfico de Consistência da Estação Usina da Brecha

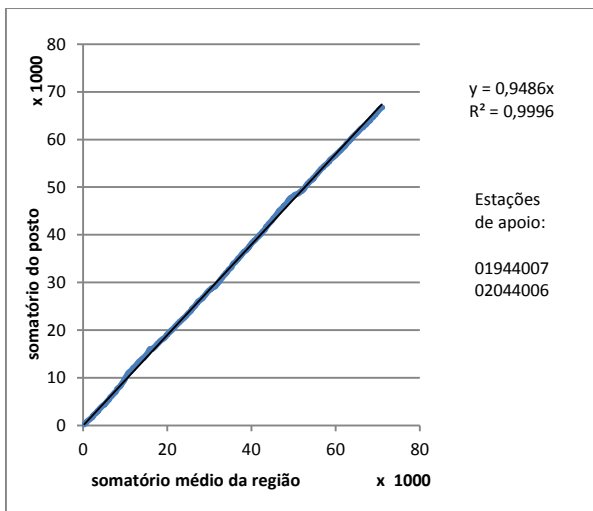


Figura A.27 - Gráfico de Consistência da Estação Jaguaruna

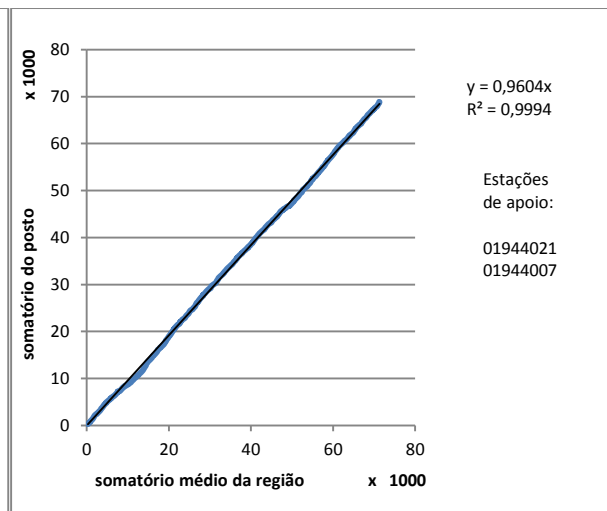


Figura A.28 - Gráfico de Consistência da Estação Divinópolis

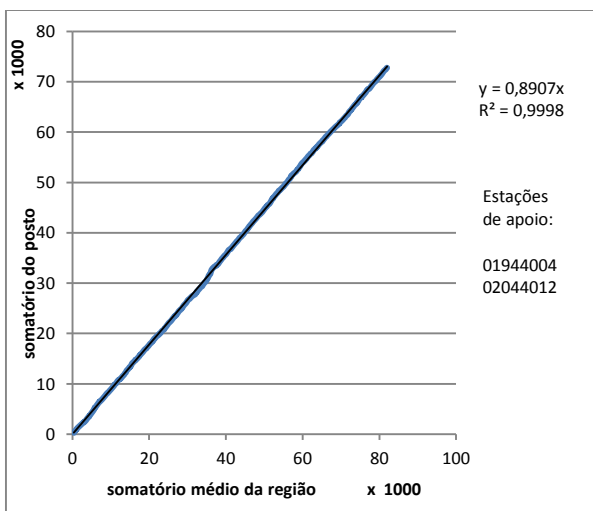


Figura A.29 - Gráfico de Consistência da Estação Fazenda Escola Florestal

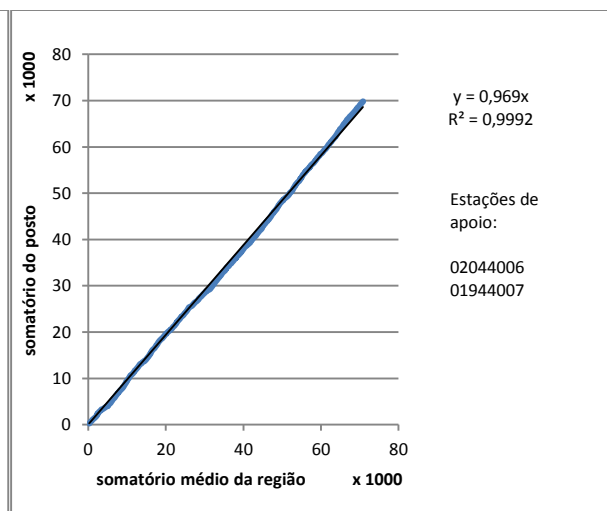


Figura A.30 - Gráfico de Consistência da Estação Velho do Taipa

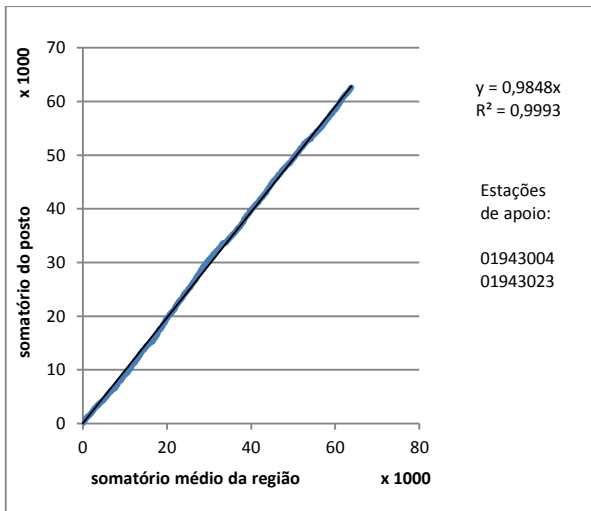


Figura A.31 - Gráfico de Consistência da Estação Fazenda Vargem Bonita

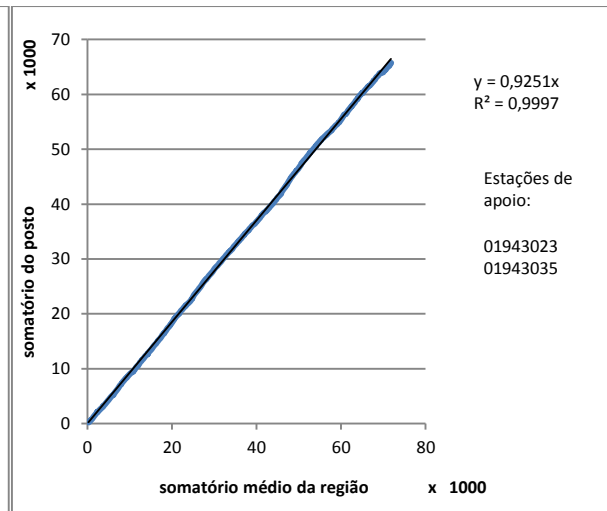


Figura A.32 - Gráfico de Consistência da Estação Jaboticatuba

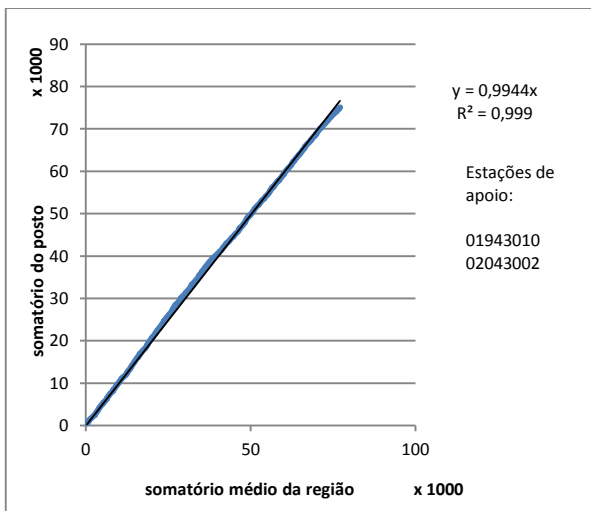


Figura A.33 - Gráfico de Consistência da Estação Usina Petti

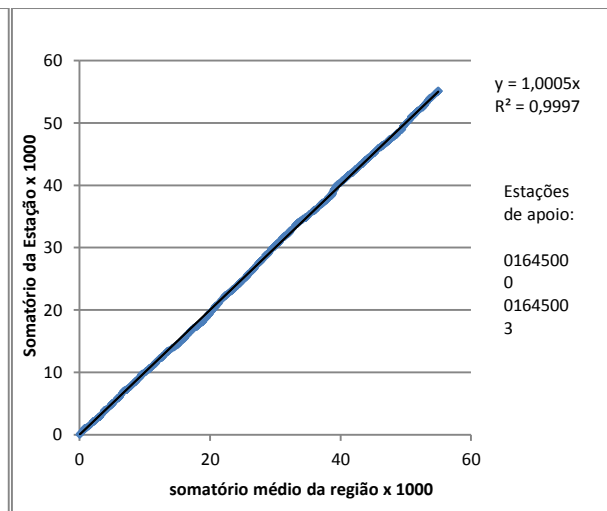


Figura A.34 - Gráfico de Consistência da Estação São Francisco

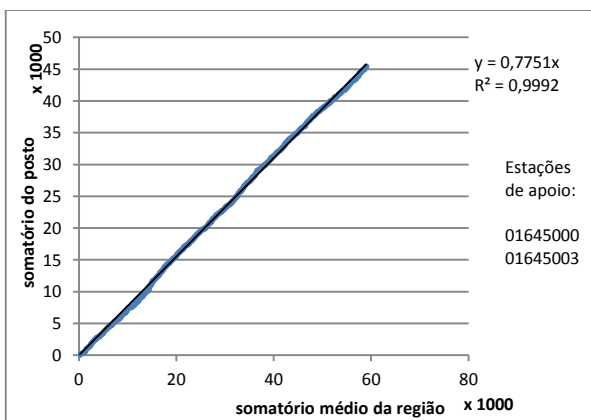


Figura A.35 – Gráfico de Consistência da Estação Manga

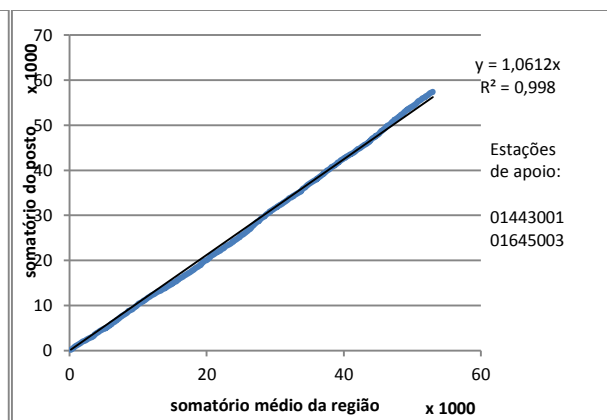


Figura A.36 – Gráfico de Consistência da Estação São Romão

APÊNDICE B
ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DAS SÉRIES
SELECIONADAS

Tabela B.1 - Parâmetros estatísticos de precipitação 01443001 a 01846017

Parâmetros	Manga 01443001	S.Franc. 01544012	S.Romão 01645000	Lassance 01744010	U.Paraúna 01843000	L. de Patos 01846017
N	73	51	60	62	61	50
Média	69,7	81,9	81,8	75,5	76,4	77,7
D. Padrão	19,2	26,7	24,4	21,3	22,9	24,5
Coef. Var.	0,28	0,33	0,30	0,28	0,30	0,32
Máximo	136,8	170	140,6	152,3	162,8	148,8
Mínimo	41,2	27,7	31	39,4	30,1	44
Amplitude	95,6	142,3	109,6	112,9	132,7	104,8

Tabela B.2 - Parâmetros estatísticos de precipitação 01942002 a 01943025

Parâmetros	B.Jesus do Galho 01942002	Jaboticatuba 01943004	Vespasiano 01943009	Caeté 01943010	Taquaraçu 01943023	Morro do Pilar 01943025
N	69	60	61	68	69	52
Média	74,4	78,6	78,1	88,8	82,4	100,7
D. Padrão	24,8	23,9	28,9	28,5	22,6	31,5
Coef. var .	0,33	0,30	0,37	0,32	0,27	0,31
Máximo	150,3	171,4	210,8	210,2	147,2	257,4
Mínimo	31,2	43,4	32,8	47,2	33	58
Amplitude	119,1	128	178	163	114,2	199,4

Tabela B.3 - Parâmetros estatísticos de precipitação 01943027 a 01944011

Parâmetros	Usina Petti 01943027	PonteNova do Paraop 01944004	Faz.Esc.Flor 01944007	P.Leopol 01944009	Horto Florestal 01944010	Jaguaruna 01944011
N	65	70	61	70	54	60
Média	85,7	80,1	83,9	78,2	83,3	75,9
D. Padrão	23,2	22	26,1	23,1	28	18,6
Coef.var.	0,27	0,27	0,31	0,30	0,34	0,25
Máximo	140	159,4	166	145	178	122,3
Mínimo	45	36	51	39	47,8	35
Amplitude	95	123,4	115	106	130,2	87,3

Tabela B.4 - Parâmetros estatísticos de precipitação 01944021 a 02043002

Parâmetros	V.doTaipa 01944021	F.V.Bon. 01944024	Tapiraí 01946000	C.do Paran. 01946022	Raul Soares 02042008	L.Grande 02043002
N	52	51	61	62	70	61
Média	82,2	79,4	82,4	78	83,6	84,2
D. Padrão	23,5	28,9	17,1	22,2	22,9	25,7
Coef.var	0,29	0,36	0,21	0,28	0,27	0,31
Máximo	157	200	129,6	156,1	133,2	150,2
Mínimo	47,8	48,2	47,3	44,7	41	46,2
Amplitude	109,2	151,8	82,3	111,4	92,2	104

Tabela B.5 - Parâmetros estatísticos de precipitação 02043009 a 02045001

Parâmetros	Acaiaca 02043009	Usina da Brecha 02043025	Divinópolis 02044006	Melo Franco 02044008	Ibirité 02044012	BambuÍ 02045001
N	70	51	51	70	66	54
Média	79,4	82,4	79,5	75	92	83,5
D. Padrão	22,3	21	23,5	14,3	31,7	29,8
Coef. Var.	0,28	0,25	0,30	0,19	0,34	0,36
Máximo	157,3	149,2	149,3	102,1	206,1	200
Mínimo	48,7	51	32,5	36,4	46,1	42,3
Amplitude	108,6	98,2	116,8	65,7	160	157,7

Tabela B.6 - Parâmetros estatísticos de precipitação 02045005 a 02245065

Parâmetros	Lamounier 02045005	Fazenda Ajuda 02046007	Desterro de Melo 02143003	Conc. Rio Verde 02145001	Alagoa 02244065	Cristina 02245065
N	70	66	70	70	66	63
Média	90,4	76,7	89,3	82,7	84	87,5
D. Padrão	28,5	27,8	31,8	29,3	26,5	32,9
Coef. Var.	0,32	0,36	0,36	0,35	0,32	0,38
Máximo	175	224	203	233	148,2	213,3
Mínimo	53,8	35	29,4	25	0	42
Amplitude	121,2	189	173,60	208	148,2	171,3

APÊNDICE C
ANÁLISE DE MÉDIAS MÓVEIS DAS PRECIPITAÇÕES
DIÁRIAS MÁXIMAS ANUAIS

Análise de média móvel de 10 e 30 anos

Tapiraí

Observa-se que a estação Tapiraí (1946000) apresenta uma média móvel de 10 anos crescente após 1990 (Figura C.1), com o menor valor de média móvel de precipitação de 72,50 mm no período de 1985-1994, fase quente da ODP, alcançando o ápice da média móvel na década de 2000, com 90,71mm. Pelo critério de Braga *et al.* (2002, *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. Em relação ao desvio padrão de 30 anos, demonstra tendência decrescente e média móvel de 30 anos crescente, conforme pode ser visualizado na Figura C.2. A análise de dados referente à Oscilação Decadal do Pacífico - ODP mostrou que uma nova fase fria iniciou-se em 1999. A curva representativa de função distributiva de Gumbel (Figura F.20), para período de retorno de 100 anos, mostrou que o período completo em relação aos últimos 30 anos apresentou um aumento aproximado de 4,5% de precipitação.

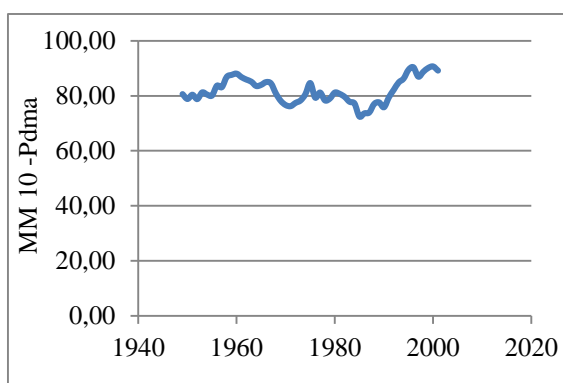


Figura C.1- Média Móvel 10 anos

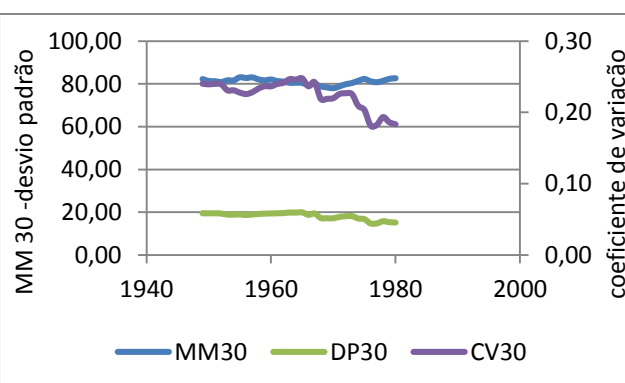


Figura C.2 - Média móvel, desvio padrão, coef. variação móveis de 30 anos em Tapiraí

Bambuí

Bambuí (2045001) apresenta uma média móvel de 10 anos crescente após 1984. Observa-se que o menor valor de média móvel ocorreu no período de 1965-1974, com 69,52 mm, e o ápice ocorrendo no período de 1981-1990, fase quente da ODP, com 99,42 mm. O gráfico gerado (Figura C.3) apresenta comportamento crescente. Pelo critério de Braga *et al.* (2002, *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. Em relação ao desvio padrão móvel de 30 anos, apresenta tendência decrescente e média móvel de 30 anos crescente conforme a Figura C.4. Verificou-se que a Oscilação Decadal do Pacífico, ano de 1984, ocorreu

na fase quente que se estendeu até o ano de 1998. A estimativa de precipitação para o período de retorno de 100 anos (Figura F.28), conforme mostrado na curva representativa da função de distribuição de Gumbel, foi de, aproximadamente, 7% superior para os primeiros 30 anos, quando comparado ao período completo.

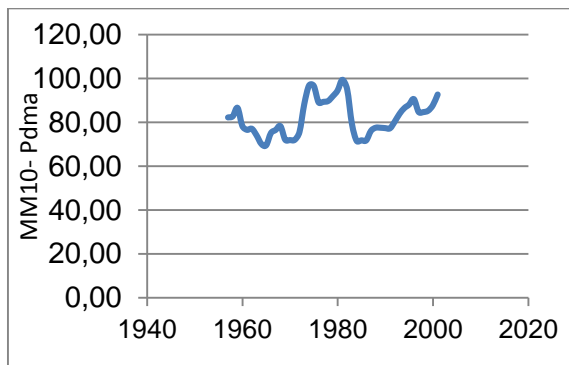


Figura C.3 - Média móvel de 10 anos

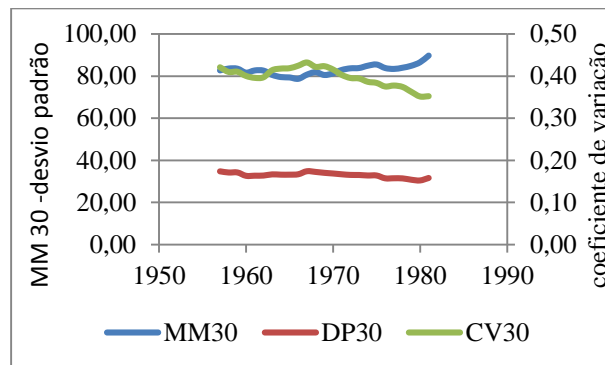


Figura C.4 - Média, desvio padrão, coef. variação Móveis de 30 anos em Bambuí

Fazenda Ajuda

A estação Faz. Ajuda (2046007) apresenta comportamento crescente de média móvel de 10 anos entre 1958 a 1987 (Figura C.5), com precipitação entre 59.58 mm a 95.53mm. Após esse período, apresenta declínio de precipitação para 79.55 mm e períodos subsequentes oscilam entre 78,59 mm e 87 mm. A análise em relação ao desvio padrão e média móveis de 30 anos apresenta aumento de tendência conforme pode ser visualizado na Figura C.6. Pelo critério Braga *et al.* (2002, *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. Na análise da O.D.P, observa-se que, no período entre 1962 a 1965, ocorre o predomínio da fase fria que se estendeu até o ano 1975. A estimativa de precipitação para o período de retorno de 100 anos (Figura F.30) mostrou que no ano hidrológico de 1977-1978 apresentou aumento de aproximadamente de 20% em relação ao período completo.

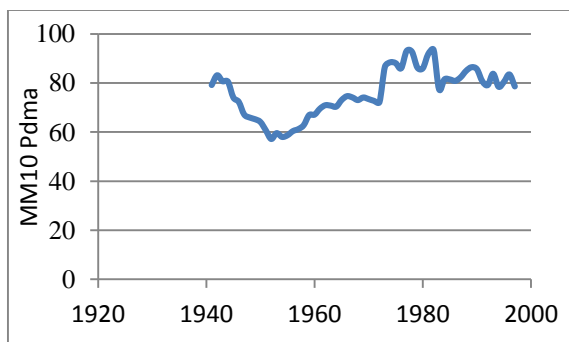


Figura C.5 - Média móvel de 10 anos

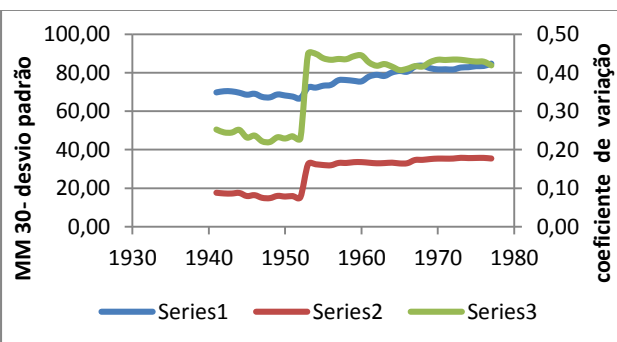


Figura C.6 - Média, desvio padrão, coef. variação Móveis de 30 anos, Faz. Ajuda

Divinópolis

A estação Divinópolis (2044006) mostrou que a média móvel de 10 anos (Figura C.7), no período de 1961-1970, fase fria da ODP, apresentou o menor valor de precipitação com 66,14 mm, sendo que o ápice ocorreu no ano 2000-2009, com 89,14 mm, constituindo o pico de precipitação na análise de média móvel. Observa-se um comportamento crescente. O desvio padrão e média móveis de 30 anos mostra um ligeiro aumento de tendência significativa, conforme pode ser visualizado na Figura C.8. Pelo critério de Braga *et al.* (2002, *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. As estimativas de precipitação calculadas para o período de retorno de 100 anos através da função de distribuição Gumbel (Figura F.36) mostraram coincidentes dos últimos 30 anos quando comparado com o período completo.

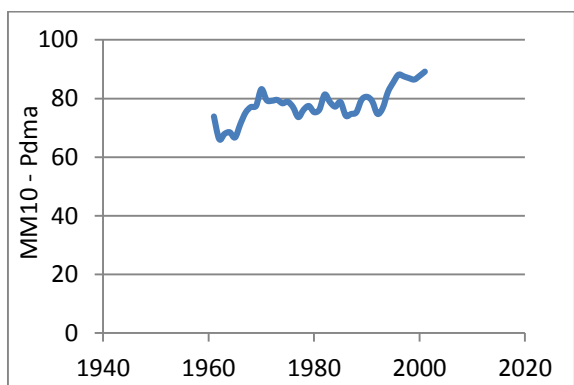


Figura C.7 - Média móvel de 10 anos

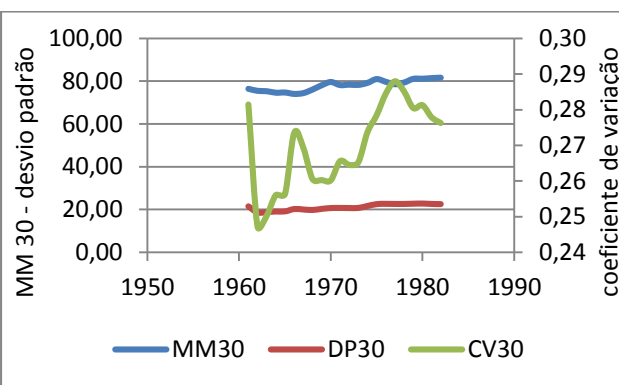


Figura C.8 - Média, desvio padrão, coef. variação Móveis de 30 anos em Divinópolis

Lamounier

A estação Lamounier (2045005) mostrou que a média móvel de 10 anos (Figura C.9) de precipitação oscilou entre 81 e 105 mm durante quase todo período analisado, e apresentando pico no ano hidrológico em 1948-1949, fase fria da ODP, com 104,32mm. O desvio padrão e média móveis de 30 anos apresenta tendência decrescente até a década de 1980 (Figura C.10) e, após esse período, apresenta ligeiro aumento de tendência. Pelo critério Braga *et al.* (2002, *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A análise do período de retorno de 100 anos para estimativa de precipitação (Figura F.29) mostrou que no ano hidrológico 1945-1946 a 1974-1975 houve um aumento aproximado de 4.6% em relação ao período completo.

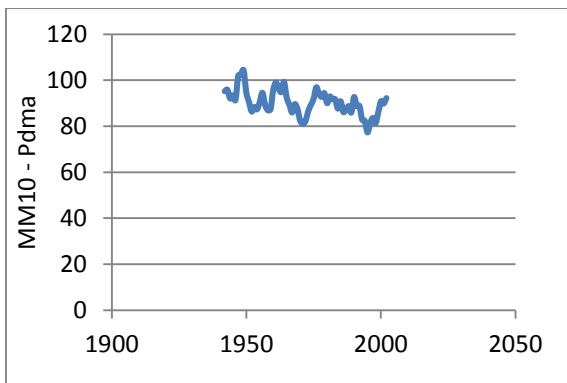


Figura C.9 - Média móvel de 10 anos

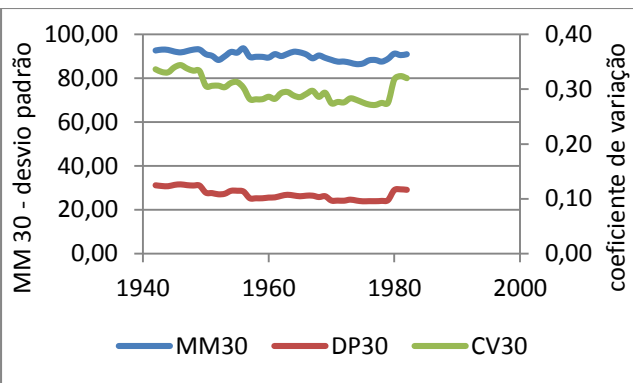


Figura C.10 - Média, desvio padrão, coef. variação Móveis de 30 anos em Lamounier

Jaguaruna

A estação Jaguaruna (1944011) apresentou grande oscilação na média móvel de 10 anos (Figura C.11) durante todo o período de análise, variando de 58,56 mm para o ano hidrológico de 1952-1953 a 1961-1962, fase fria da ODP a 88,05 mm para o ano hidrológico 1996-1997 a 2005-2006. A análise gráfica leva a concluir que esteja ocorrendo uma tendência crescente. Pelo critério Braga *et al.* (2002, *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. Em relação ao desvio padrão móvel de 30 anos, apresentou tendência decrescente enquanto a média mostrou aumento de tendência, conforme pode ser visto na Figura C.12. A estimativa de precipitação calculada nos últimos 30 anos para período de retorno de 100 anos (Figura F.17) apresentou muito próximo dos valores obtidos para a série completa.

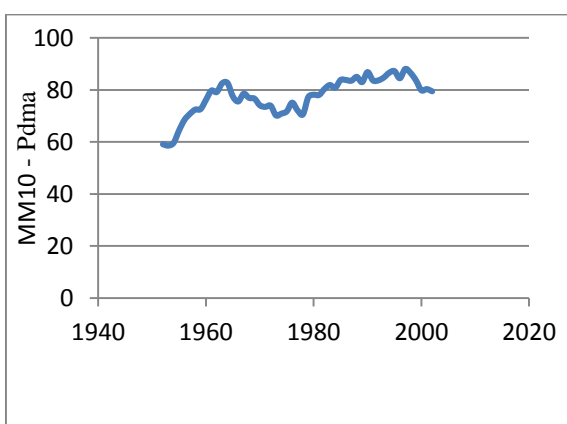


Figura C.11 - Média móvel de 10 anos

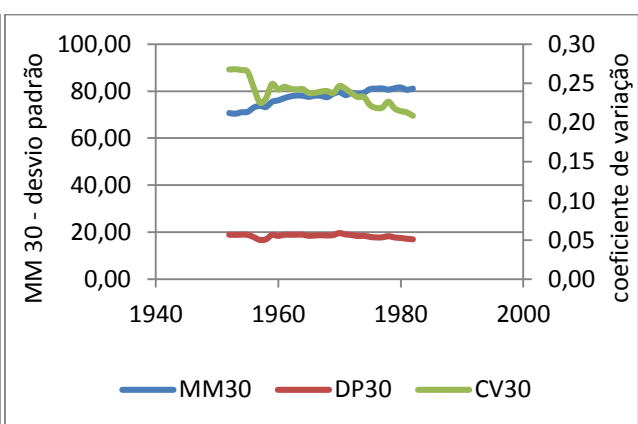


Figura C.12 - Média, desvio padrão, coef. variação Móveis de 30 anos em Jaguaruna

Ponte Nova Paraopeba

A estação Ponte Nova Paraopeba (1944004) apresentou a menor precipitação móvel de 10 anos no ano hidrológico de 1949-1950 a 1958-1959, fase fria da ODP a 69,12 mm e a maior precipitação móvel no ano hidrológico de 1982-1983 a 1991-1992, fase quente da ODP, 99,02 mm. A Figura C.13 demonstra decréscimo de precipitação na última década. O desvio padrão móvel de 30 anos apresenta tendência decrescente, enquanto a média móvel 30 anos apresenta crescimento até 1980, conforme visualizado na Figura C.14. Pelo critério Braga *et al.* (2002, *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A curva representativa para a função de Distribuição Gumbel (Figura F.35) para o período de retorno de 100 anos mostrou coincidente quando observado o período completo com os últimos 30 anos de média móvel.

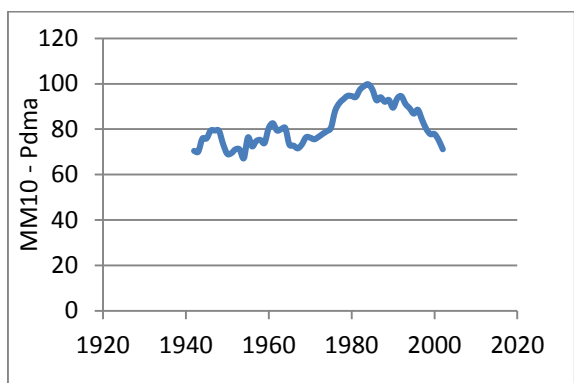


Figura C.13 - Média móvel de 10 anos

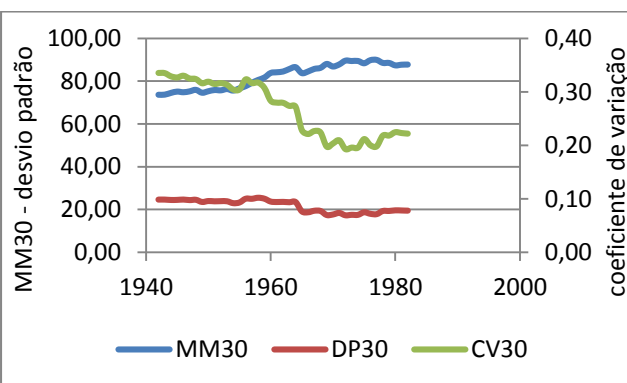


Figura C.14 - Média, desvio padrão, coef. variação Móveis de 30 anos em Pt. Nova Paraopeba

Fazenda Escola Florestal

A estação Fazenda Escola Florestal (1944007) apresentou a maior média móvel de 10 anos de precipitação (Figura C.15) entre o ano hidrológico de 1981-1982 a 1990-1991, fase quente da ODP, 104,44 mm e a menor no ano de 1997-1998 a 2006-2007, com 72,35 mm. O desvio padrão e média móveis de 30 anos apresenta tendência crescente conforme observado na (Figura C.16). Pelo critério Braga *et al.* (2002, *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A análise de dados da O.D.P mostrou que a menor precipitação ocorreu no período de transição entre a fase quente e fria. A estimativa de precipitação calculada para o período de retorno de 100 anos, distribuição Gumbel (Figura F.14), mostrou aumento de aproximadamente 11% dos últimos 30 anos quando comparado com o período completo.

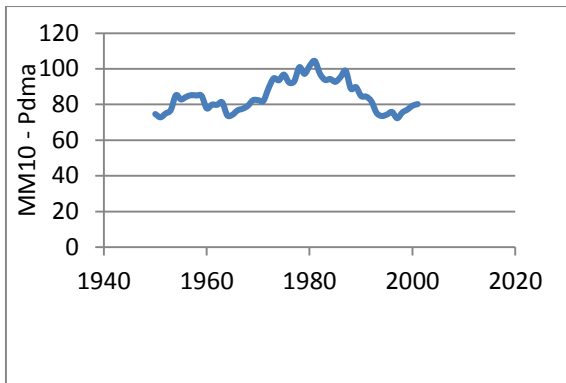


Figura C.15 - Média móvel de 10 anos

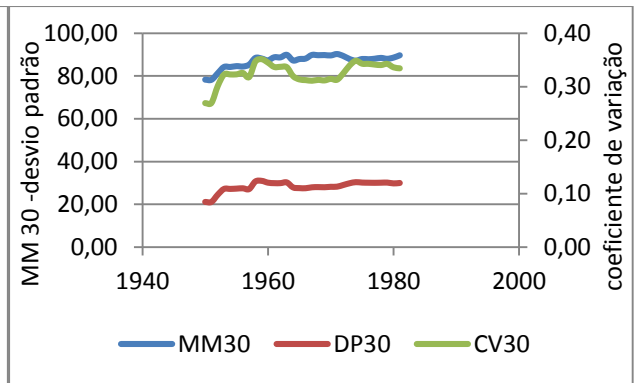


Figura C.16 - Média, desvio padrão, coef.variação móveis de 30 anos, Faz. Esc. Florestal

Velho do Taipa

A estação Velho do Taipa (1944021) apresentou a maior média móvel de 10 anos (Figura C.17), no ano hidrológico de 1998-1999 a 2007-2008, com 90,9 mm de precipitação e a menor valor observado foi de 72,84 mm no ano hidrológico de 1959-1960 a 1968-1969, fase fria da ODP. Em relação ao desvio padrão móvel de 30 anos, mostrou que houve decréscimo de tendência e média móvel de 30 anos crescente, como pode ser observado pela (Figura C.18). Pelo critério Braga *et al.* (2002, *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A análise de dados da O.D.P mostrou que, de julho de 1998 a fevereiro de 2000 e setembro de 2007 a julho de 2009, a fase fria predominou. A curva representativa de precipitação para o tempo de retorno de 100 anos (Figura F.18) mostrou um pequeno decréscimo, 3.5%, dos últimos 30 anos quando comparado ao período completo.

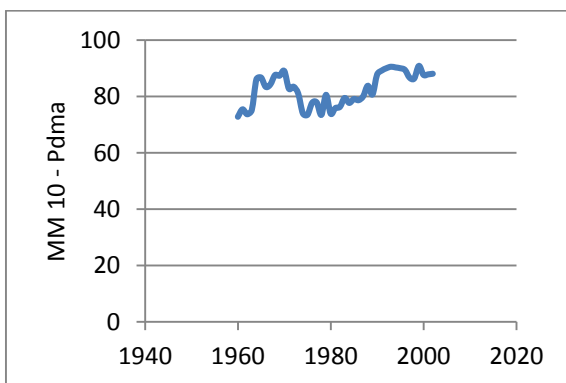


Figura C.17 - Média móvel de 10 anos

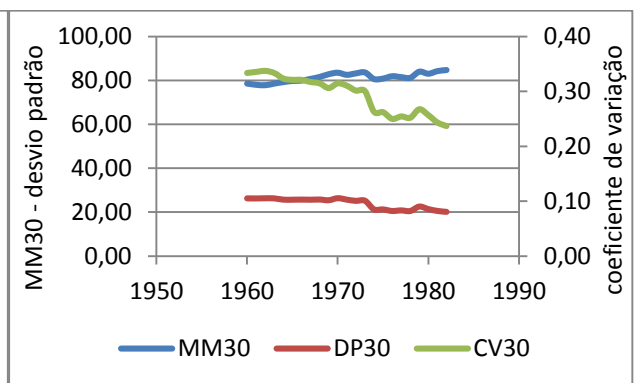


Figura C.18 - Média, desvio padrão,coef.variação móveis de 30 anos,Velho do Taipa

Horto Florestal

Na estação Horto Florestal (1944010), observou-se que o pico de precipitação para a média móvel de 10 anos, entre o ano hidrológico de 1969/70 a 1978/79, foi de 98,66 mm e o menor valor registrado para a média móvel foi no ano hidrológico de 1980/81 a 1989/90, fase quente da ODP. A Figura C.19 abaixo apresenta o comportamento decrescente descrito. O desvio padrão e média móveis de 30 anos (Figura C.20) apresentaram uma tendência decrescente, conforme ilustra a figura. Pelo critério Braga *et al.* (2002, *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A análise da curva representativa da função de distribuição de Gumbel (Figura F.16), para o tempo de retorno de 100 anos mostrou um decréscimo aproximado de 19% na estimativa de precipitação nos últimos 30 anos quando comparado com o período completo.

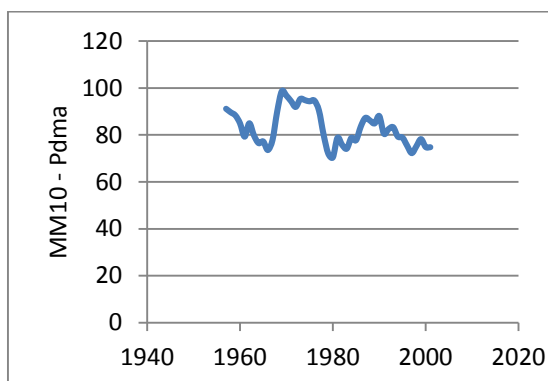


Figura C.19 - Média móvel de 10 anos

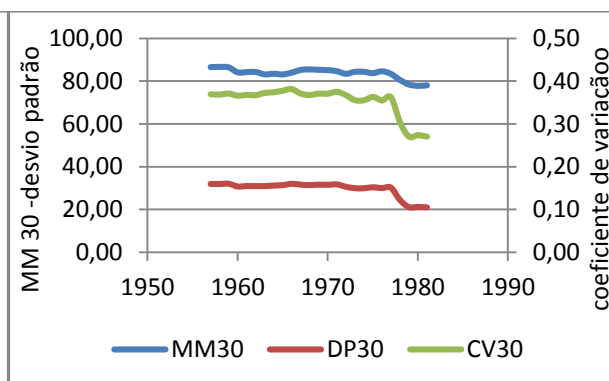


Figura C.20 - Média, desvio padrão, coef. variação móveis de 30 anos, Horto Florestal

Melo Franco

A estação Melo Franco (2044008) apresentou a menor média móvel de precipitação no ano hidrológico de 1982-1983 a 1991-1992, fase quente da ODP, com 61,41 mm e o valor de pico ocorrendo no ano hidrológico de 1968/69 a 1977/78 com 83,30 mm. A Figura C.21 abaixo representa o comportamento da série. Em relação ao desvio padrão móvel de 30 anos (Figura C.22), observou-se tendência crescente e média móvel decrescente. Pelo critério Braga *et al.* (2002, *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A estimativa de precipitação para o tempo de retorno de 100 anos através da função de distribuição Gumbel (Figura F.26) mostrou que nos últimos 30 anos a série coincide com o período completo.

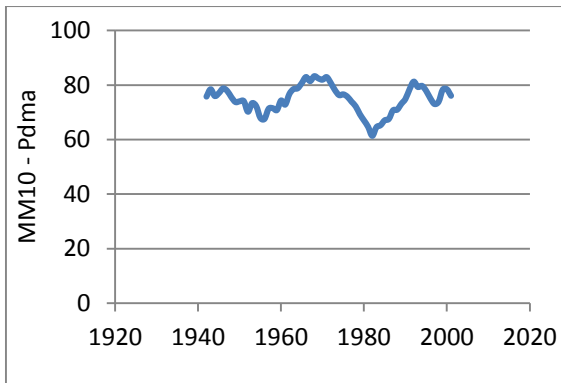


Figura C.21 - Média móvel de 10 anos

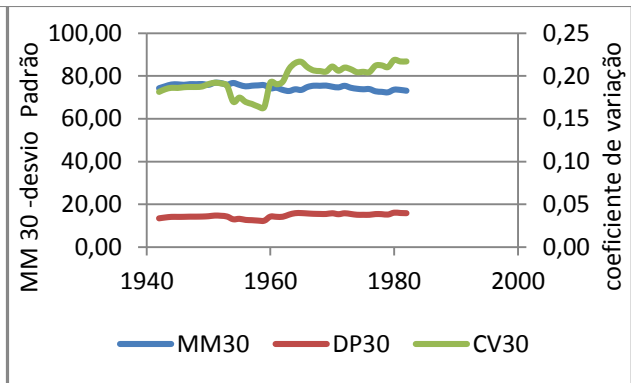


Figura C.22 - Média, desvio padrão, coef.var. móveis de 30 anos, Melo Franco

Ibirité

A estação Ibirité (2044012) apresentou uma grande variação em relação à média móvel de 10 anos (Figura C.23) apresentando o menor valor de precipitação no ano hidrológico de 1966-1967 a 1975-1976, fase fria da ODP, com 72,35 mm e o ápice ocorrendo no ano de 1994-1995 a 2003-2004 com 123,67 mm. O desvio padrão e a média móveis de 30 anos apresentaram aumento de tendência significativa. A Figura C.24 apresenta o comportamento da série. Pelo critério Braga *et al.* (2002, *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A curva representativa da função de distribuição Gumbel mostrou que para o tempo de retorno de 100 anos (Figura F.27) houve na última década um aumento de 16.5% na estimativa de precipitação quando comparado com o período completo, sendo que quando comparado com a segunda metade da década de 1940 observa-se um acréscimo de precipitação de 48.7 % em relação ao período completo.

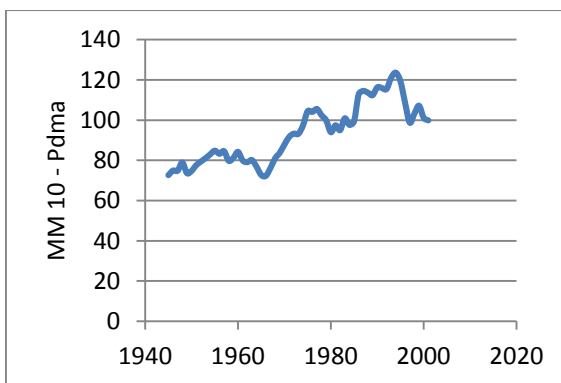


Figura C.23 - Média móvel de 10 anos

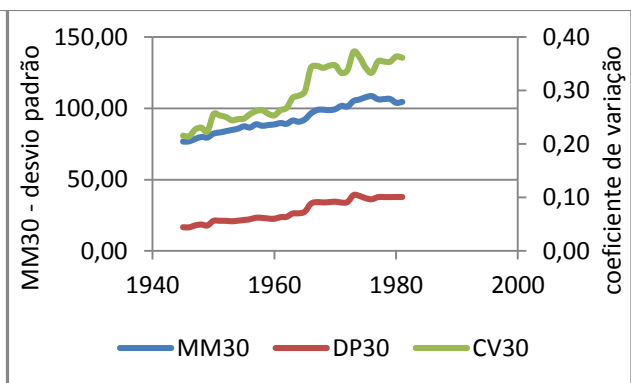


Figura C.24 - Média, desvio padrão, coef.var.móveis de 30 anos, Ibirité

Lassance

Na estação Lassance (1744010) a análise da média móvel do período consecutivo de 10 anos de precipitação (Figura C.25); observou-se que no período de 1953 a 1962, fase fria da ODP, a média móvel atingiu o ápice com 95mm ocorrendo um posterior decréscimo e atingindo o menor valor de precipitação em 1967-1976, fase fria da ODP com 62,68 mm. A análise gráfica demonstra um comportamento decrescente para a última década de análise. O desvio padrão e a média móveis do período consecutivo de 30 anos (Figura C.26) apresentaram tendência decrescente. Pelo critério Braga *et al.* (2002, *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. Foram encontrados valores muito próximos para estimativa de precipitação no período completo e nos últimos 30 anos para o tempo de retorno de 100 anos utilizando a distribuição Gumbel (Figura F.4).

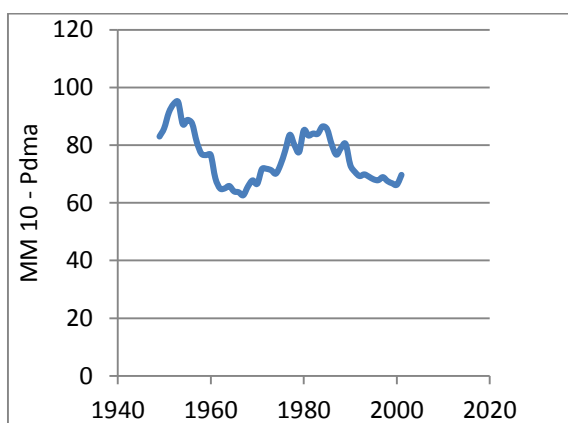


Figura C.25 - Média móvel de 10 anos

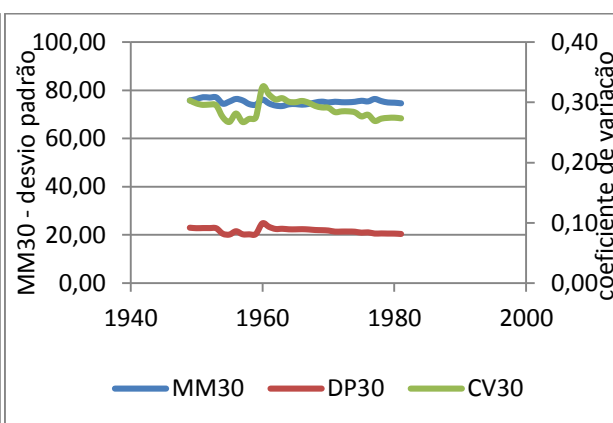


Figura C.26 - Média, desvio padrão, coef.var.móveis de 30 anos, Lassance

Usina Paraúna

A estação Usina Paraúna (1843000) observa-se o maior valor de precipitação de média móvel de 10 anos (Figura C.27) ocorreu no ano hidrológico de 1975-1976 a 1984-1985, fase quente da ODP com 94,64 mm e o menor valor no ano hidrológico de 1993-1994 a 2002-2003 com 61,89 mm. A Figura C.27 abaixo mostra comportamento decrescente para uma posterior ascensão de precipitação. O desvio padrão (Figura C.28) apresentou tendência crescente ao longo dos anos para um posterior decréscimo. A média móvel de 30 anos apresentou tendência decrescente. Pelo critério Braga *et al.* (2002, *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A curva representativa da função de distribuição Gumbel

(Figura F.8) mostrou um decréscimo de 5% da precipitação no período 1981-1982 a 2010-2011 quando comparado com a série completa para o tempo de retorno de 100 anos.

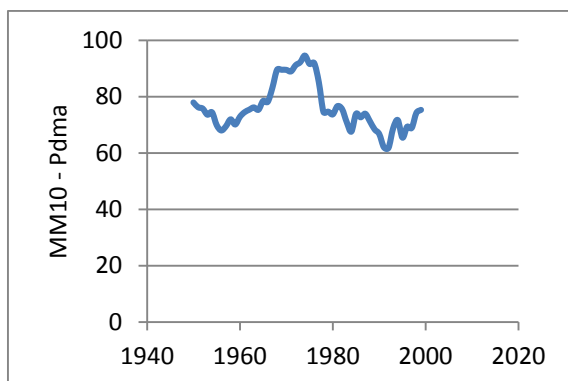


Figura C.27 - Média móvel de 10 anos

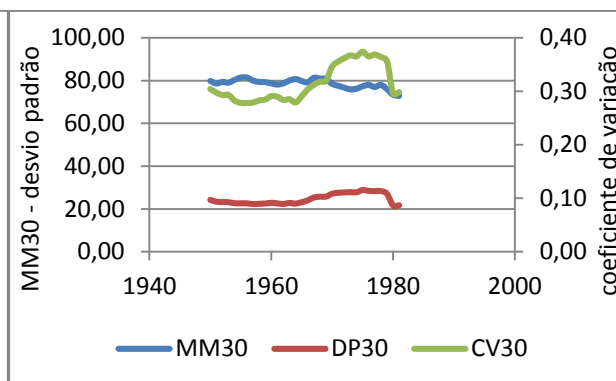


Figura C.28 - Média, desvio padrão, coef. var. móveis de 30 anos, U. Paraúna

Jaboticatuba

A estação Jaboticatuba (1943004) apresentou na análise da média móvel para período consecutivo de 10 anos de 1976-1977 a 1985-1986, fase quente da ODP, o maior valor de precipitação de 95,59 mm e o menor ocorrendo de 66,67 mm no período de 1986-1987 a 1995-1996. A Figura C.29 abaixo apresenta o comportamento de oscilação da média móvel de 10 anos. O desvio padrão móvel de 30 anos (Figura C.30) apresentou tendência crescente e média móvel de 30 anos decrescente. Pelo critério Braga *et al.* (2002, *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A curva representativa da distribuição Gumbel (Figura F.8) mostrou que em relação ao período completo observa-se um aumento de precipitação nos últimos 30 anos (1980-1981) em torno de 9,5% quando comparado com a série completa.

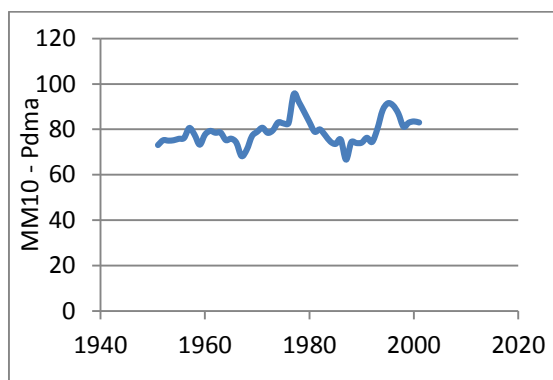


Figura C.29 - Média móvel de 10 anos

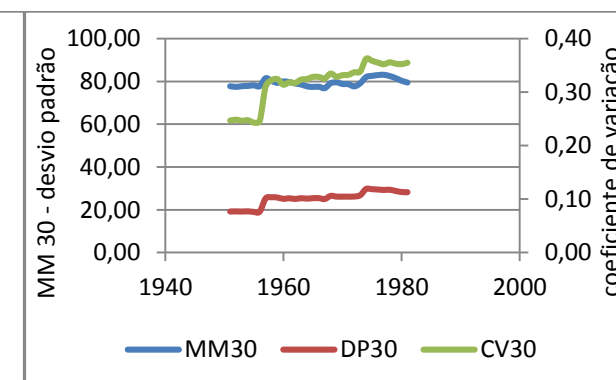


Figura C.30 - Média, desvio padrão, coef. var. móveis de 30 anos, Jaboticatuba

Vespasiano

A estação Vespasiano (1943009) apresentou o ápice com 95 mm no ano hidrológico 1972-1973 a 1981-1982, fase quente da ODP, sendo que o menor valor encontrado foi de 62,98 mm no ano de 1952-1953 a 1961-1962, fase fria da ODP. A Figura C.31 mostra o comportamento da média móvel de 10 anos da série que se apresenta como crescente. Em relação ao desvio padrão (Figura C.32) móvel apresentou estável ao longo dos anos e um posterior decréscimo e a média móvel crescente até 1980 e posterior decréscimo. Pelo critério Braga *et al.* (2002, *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A curva representativa da função de distribuição Gumbel (Figura F.9) mostrou um decréscimo de precipitação no período 1977-1978 a 2006-2007 de 15% quando comparado com a série completa para o tempo de retorno de 100 anos.

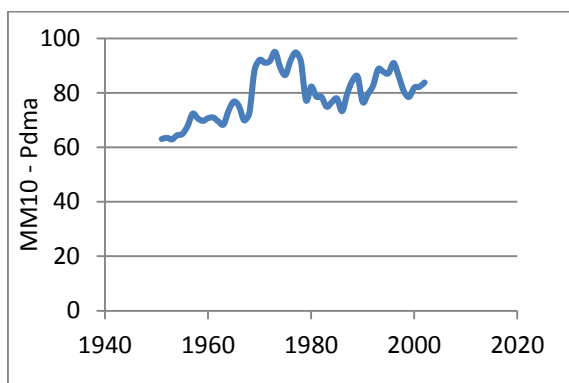


Figura C.31 - Média móvel de 10 anos

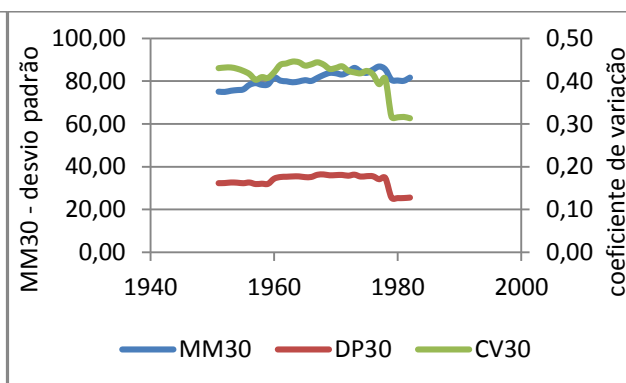


Figura C.32 - Média, desvio padrão, coef.var. móveis de 30 anos, Vespasiano

Caeté

A estação Caeté (1943010) observa-se que a maior média móvel de 10 anos ocorreu no ano hidrológico de 1994/95 a 2003/04 com 112,29 mm e seu menor valor ocorreu no ano hidrológico de 1967/68 a 1976/77 com 67,25 mm, fase fria da ODP. Pela análise gráfica observa um comportamento cíclico conforme mostra a Figura C.33. Em relação à análise das médias móveis da precipitação diária máxima anual em períodos consecutivos de 30 anos, nota-se um ligeiro aumento daquelas médias e do desvio-padrão (Figura C.34). Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A curva representativa da função de distribuição Gumbel (Figura F.10) mostrou que não houve alteração nos valores de precipitação quando comparado com a série completa para o período de 1979/80 a 2008/09 para o tempo de retorno de 100 anos.

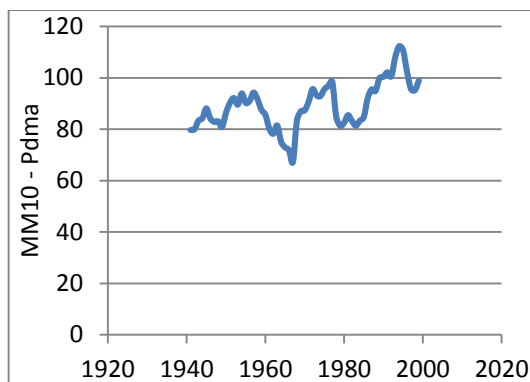


Figura C.33 - Média móvel de 10 anos

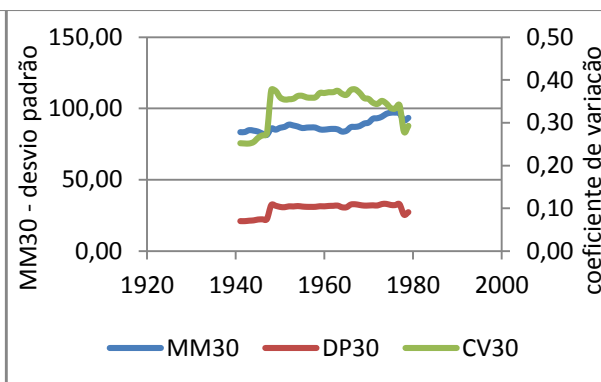


Figura C.34 - Média, desvio padrão, coef.var.móveis de 30 anos, Caeté

Taquaraçu

A estação Taquaraçu (1943023) observa-se que a maior média móvel ocorreu no período de 1995- 2004 (97,21 mm) e o menor valor aconteceu no período de 1949a 1958 com 72,62 mm, fase fria da ODP. O gráfico de média móvel apresenta um comportamento decrescente na última década analisada conforme a Figura C.35. Em relação à análise das médias móveis da precipitação diária máxima anual em períodos consecutivos de 30 anos, nota-se um ligeiro aumento das médias e do desvio-padrão, conforme pode ser visualizado na Figura C.36 Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A curva representativa da função de distribuição Gumbel (Figura F.11) mostrou que houve aumento de 5.5% nos valores de precipitação quando comparado a série completa com o período de 1945/46 a 1994/1975 para o tempo de retorno de 100 anos.

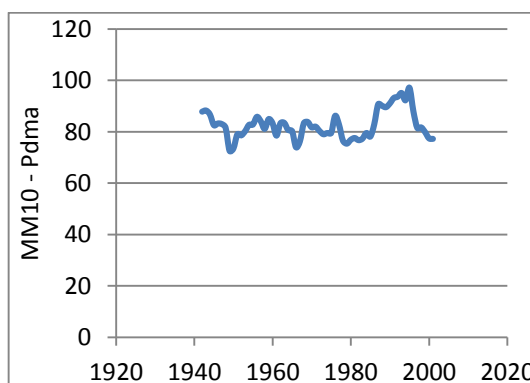


Figura C.35 - Média móvel de 10 anos

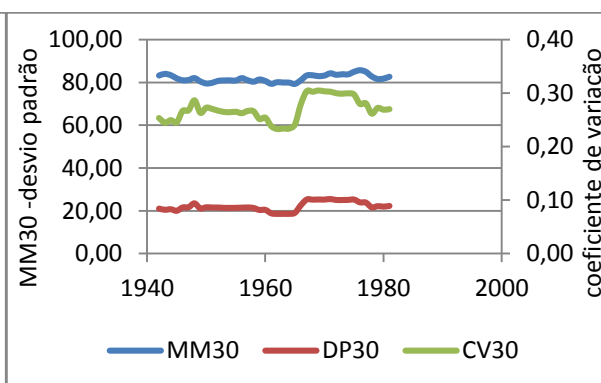


Figura C.36 - Média, desvio padrão, coef.var. móveis de 30 anos, Taquaraçu

Pedro Leopoldo

A estação Pedro Leopoldo (1944009) caracterizou-se por apresentar mudanças bruscas com alternância de picos de precipitação na média móvel de 10 anos. A observação da série de precipitação de média móvel (Figura C.37) mostra a menor média móvel ocorrendo no ano hidrológico de 1979-1980 a 1988-1989 com 61,67 mm, fase quente da ODP, exibindo dois picos de precipitação de média móvel acontecendo no ano hidrológico de 1962/63 a 1971/72, fase fria da ODP com 91,02 mm e 1995/96 a 2004/05 com 91,08 mm, apresentando uma alternância em relação à média. Em relação à análise das médias móveis da precipitação diária máxima anual em períodos consecutivos de 30 anos (Figura C.38), nota-se um ligeiro aumento das médias e diminuição do desvio-padrão. Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. Não foi observado na curva representativa da função de distribuição Gumbel (Figura F.15), diferença na estimativa de precipitação para o período completo e os últimos 30 anos para o tempo de retorno de 100 anos.

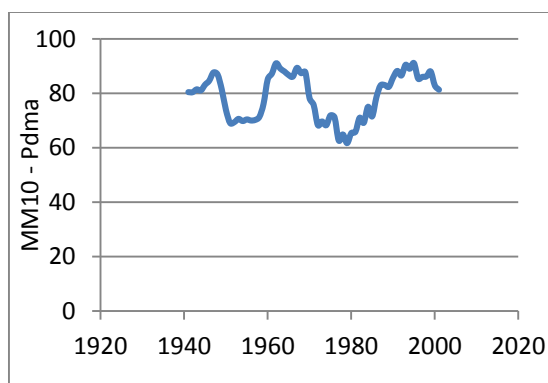


Figura C.37 - Média móvel de 10 anos

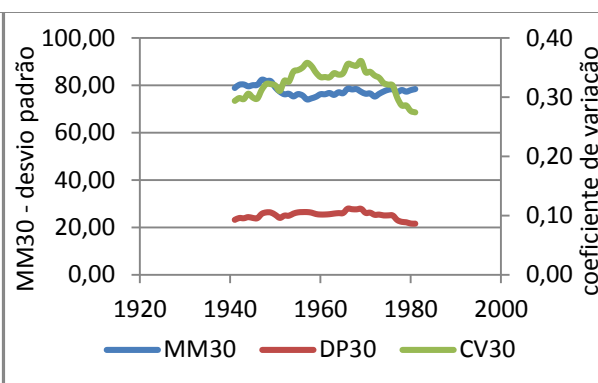


Figura C.38 - Média desvio padrão, coef. var. móveis de 30 anos, Pedro Leopoldo

Fazenda Vargem Bonita

A estação Fazenda Vargem Bonita (1944024) apresentou o menor valor de média móvel (Figura C.39) ocorrido no ano hidrológico de 1961-1962 a 1970-1971, fase fria da ODP com 70,76 mm ocorrendo valor bem próximo de precipitação móvel no ano de 1979-1980 a 1988-1989, fase quente da ODP com 70,92 mm e seu ápice no ano de 1989-1990 a 1998-1999 com 101,02 mm. Observa-se comportamento de alternância em relação à média móvel. A análise gráfica de médias móveis de 30 anos (Figura C.40) evidencia tendência decrescente, porém o desvio padrão apresenta aumento de tendência. Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. Foi verificado através da curva representativa da distribuição Gumbel (Figura F.19) que nos últimos 30 anos (1981/82 a

2010/11) houve acréscimo de 11% quando comparado com a série completa para o tempo de retorno de 100 anos.

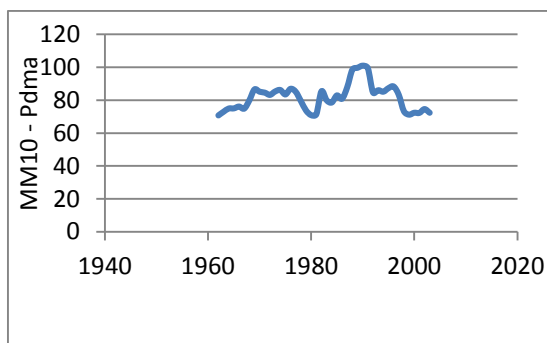


Figura C.39 - Média móvel de 10 anos

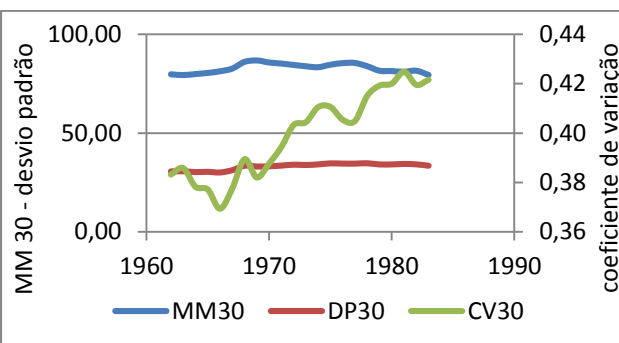


Figura C.40 - Média, desvio padrão coef. var. móveis de 30 anos, Faz. Vargem Bonita

Lagoa Grande

A estação Lagoa Grande (2043002) apresentou comportamento crescente do ano hidrológico de 1967-1968 a 1976-1977 com 63,62mm até o ano hidrológico de 1992-1993 a 2001-2002 com 109,76 mm quando atinge o pico hidrológico (Figura C.41). Em relação à análise das médias móveis da precipitação diária máxima anual em períodos consecutivos de 30 anos, nota-se um aumento da média e do desvio-padrão, conforme pode ser visualizado na Figura C.42. Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. Em observação aos índices da O.D.P.(cf. Apêndice G), pode-se constatar que esteve na fase fria no período de agosto de 1966 a junho de 1968 como também no período de dezembro de 1974 a junho de 1976. O estudo da curva de distribuição Gumbel (Figura F.23) mostrou um aumento de 5% na estimativa de precipitação nos últimos 30 anos (1981-1982 a 2010-2011) quando comparado com a série completa.

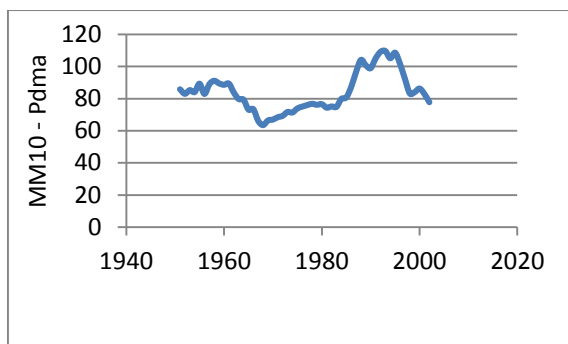


Figura C.41 - Média móvel de 10 anos

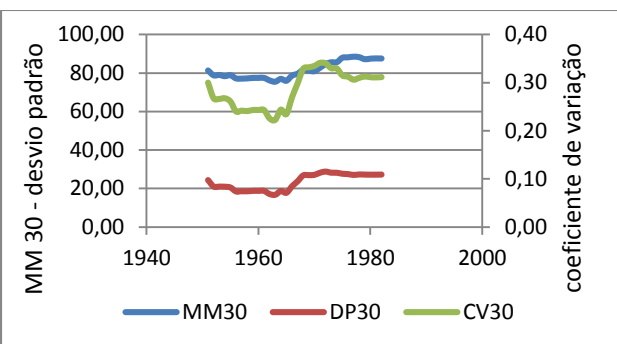


Figura C.42 - Média, desvio padrão, coef. var. móveis de 30 anos, Lagoa Grande

Leal Patos

A estação Leal Patos (1846017) apresentou no ano hidrológico de 1973-1974 a 1982-1983, fase quente da ODP, o pico da precipitação em relação à média móvel com 94,76 mm decrescendo continuamente até atingir o menor valor de precipitação em relação à média móvel de 10 anos (Figura C.43) com 68,46 mm. Em relação à análise das médias móveis da precipitação diária máxima anual em períodos consecutivos de 30 anos, nota-se um comportamento decrescente da média e do desvio-padrão, conforme pode ser visualizado na Figura C.44. Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. Verificou-se através dos índices de ODP Apêndice G, que a fase fria compreendeu o período de dezembro de 1972 a julho de 1974 e que de dezembro de 1982 a junho de 1984 esteve presente a fase quente. O estudo da curva de distribuição Gumbel (Figura F.6) mostrou um decréscimo de 12% na estimativa de precipitação para o período completo quando comparado para o período de 1960-1961 a 1989-1990 para o tempo de retorno de 100 anos.

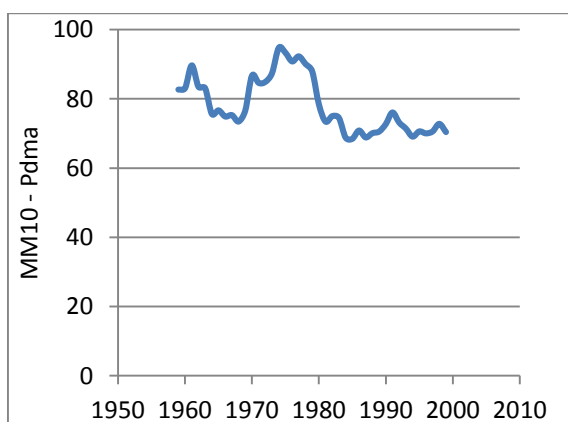


Figura C.43 - Média móvel de 10 anos

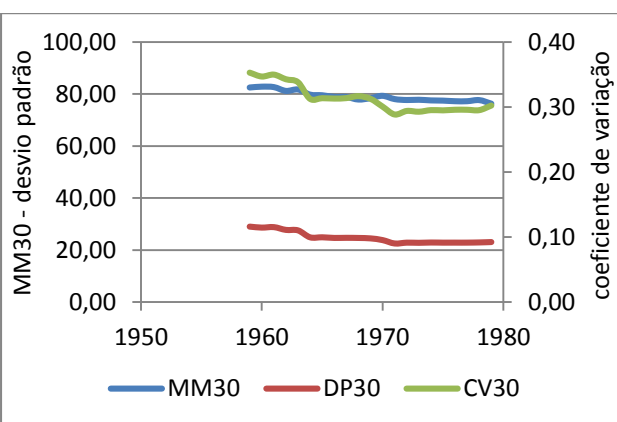


Figura C.44 - Média, desvio padrão, coef.var. móveis de 30 anos, Leal Patos

Manga

A estação Manga (1443001) apresentou média móvel de 10 anos (Figura C.45) com comportamento crescente na década de 1960 - 1969 (66,55 mm) e na década de 2001-2010 com 83,66 mm, fase fria da ODP. Em relação à análise das médias móveis de precipitação diária máxima anual em períodos consecutivos de 30 anos (Figura C.46), nota-se um comportamento crescente da média e do desvio-padrão. Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. O estudo da função de distribuição Gumbel, tempo de retorno de 100 anos, (Figura F.1), mostrou acréscimo de 14% na estimativa de precipitação nos últimos 30 anos (1981-1982) a (2010-2011) quando comparado com a série completa.

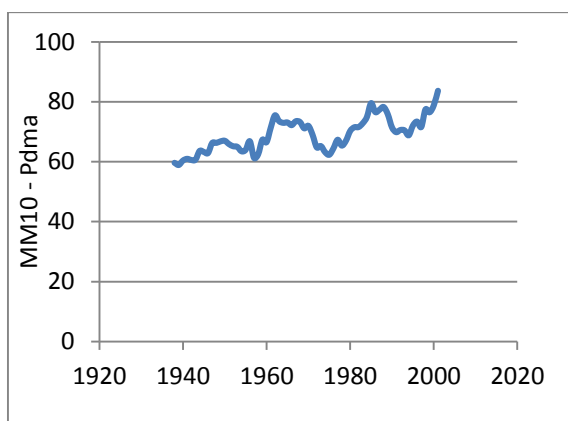


Figura C.45 - Média móvel de 10 anos

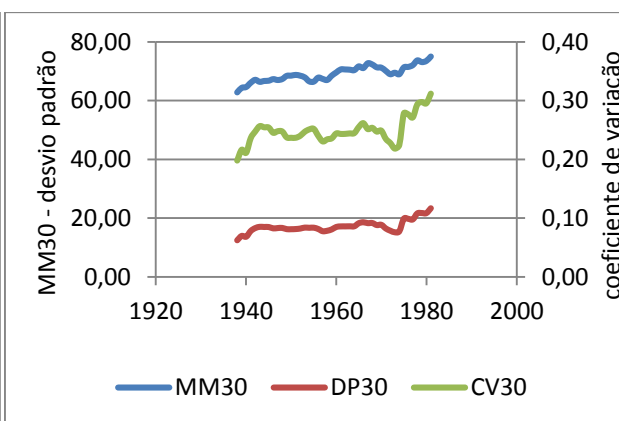


Figura C.46 - Média, desvio padrão, coef.var. móveis de 30 anos, Manga

Bom Jesus do Galho

A estação Bom Jesus do Galho (1942002) apresentou um comportamento crescente na precipitação de média móvel em período consecutivo de 10 anos após 1956-1957 (55,41 mm), Figura C.47, fase fria da ODP. Em relação à análise das médias móveis da precipitação diária máxima anual em períodos consecutivos de 30 anos (Figura C.48) nota-se um comportamento crescente da média e do desvio-padrão móvel decrescente. Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. O estudo da função de distribuição Gumbel, tempo de retorno de 100 anos (Figura F.7), mostrou acréscimo de 9,6% na estimativa de precipitação nos últimos 30 anos (1980-1981 a 2009-2010) quando comparado com a série completa.

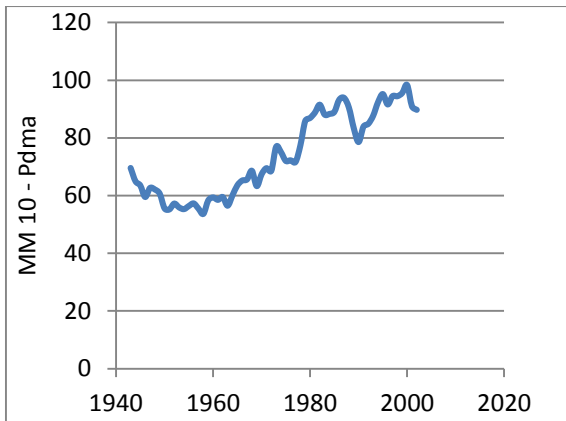


Figura C.47 - Média móvel de 10 anos

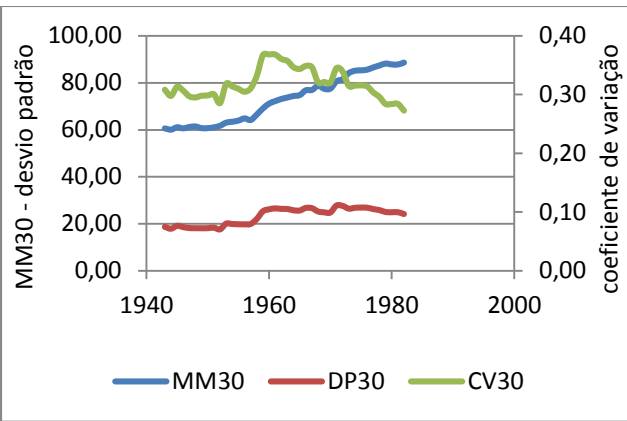


Figura C.48 - Média, desvio padrão, coef.var. móveis de 30 anos, B.J.do Galho

Morro do Pilar

A estação Morro do Pilar (1943025) apresentou o menor valor na análise da média móvel de 10 anos da precipitação (Figura C.49) em 1964-1965 a 1973-1974, fase fria da ODP, com 88,18 mm e o pico ocorrendo no ano hidrológico em 1973-1974 a 1982-1983 com 119,21mm. Após esse período a média móvel apresenta decrescente. A análise de médias móveis para séries de 30 anos consecutivos (Figura C.50) evidencia tendência decrescente em relação a evolução da média e do desvio padrão móvel. Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. Observou-se que a fase fria esteve presente no período de dezembro de 1972 a julho de 1974. O estudo da função de distribuição Gumbel (Figura F.12), tempo de retorno de 100 anos, mostrou decréscimo de 10% na estimativa de precipitação nos últimos 30 anos (1981-1982 a 2010-2011) quando comparado com a série completa.

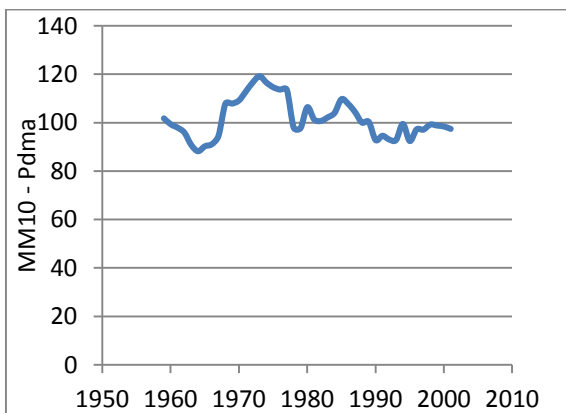


Figura C.49 - Média móvel de 10 anos

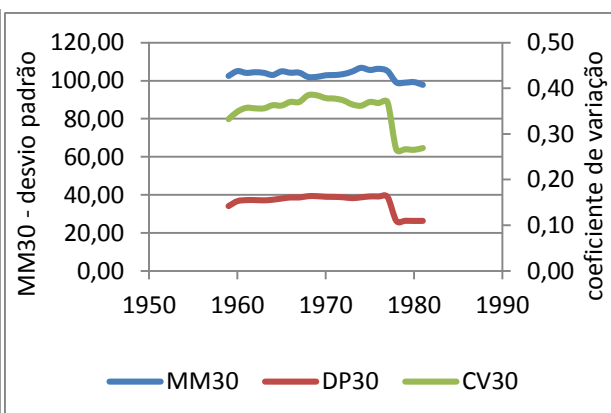


Figura C.50 - Média, desvio padrão, coef. variação móveis de 30 anos, Morro do Pilar

Usina Petti

A estação Usina Petti (1943027) apresenta oscilações de acréscimos e decréscimos de pequena amplitude variando de 1949-1950 (73,26 mm) para 1971-1972 (88,3 mm) para média móvel de 10 anos (Figura C.51), fase fria da ODP. Após 1989 um crescimento de precipitação ascendente até atingir em 1995/96 (106.87mm), fase quente da ODP, constituindo o maior valor na análise de média móvel de 10 anos de precipitação. Em relação à análise das médias móveis da precipitação diária máxima anual em períodos consecutivos de 30 anos (Figura C.52), nota-se um aumento da média e posterior decréscimo, com relação ao desvio padrão. Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A estimativa de precipitação diária máxima anual para o tempo de retorno de 100 anos mostrou ser coincidente tanto para a série completa quanto para os últimos 30 anos, (Figura F.13).

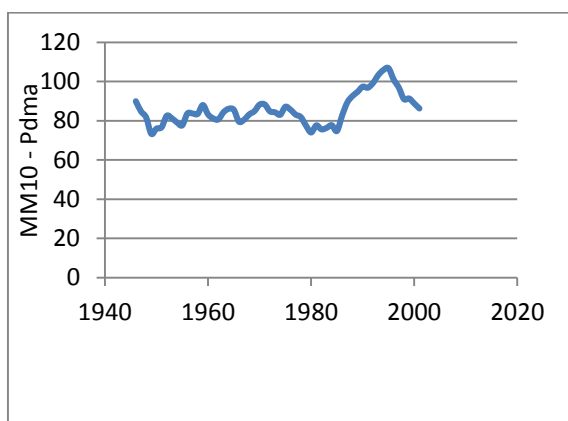


Figura C.51 - Média móvel de 10 anos

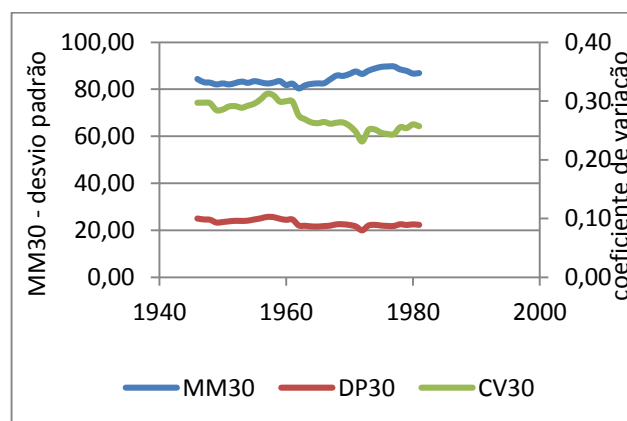


Figura C.52 - Média, desvio padrão, coef. variação móveis de 30 anos, U.Petti

Raul Soares

A análise de média móvel em períodos consecutivos de 10 anos de precipitação (Figura C.53) apresentou pequena amplitude em relação à média móvel apresentando o pico na década de 2000 com 100,9 mm, fase fria da ODP. Em relação à análise das médias móveis da precipitação diária máxima anual em períodos consecutivos de 30 anos (Figura C.54), nota-se um aumento da média e do desvio padrão. Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A curva representativa da estimativa de precipitação através de distribuição Gumbel mostrou aumento de precipitação em torno de 12,7% nos últimos 30 anos (1981-1982 a 2010-2011) quando comparado a série completa (Figura F.22).

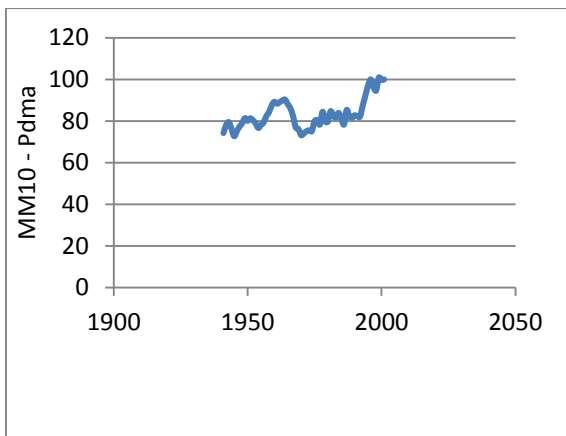


Figura C.53 - Média móvel de 10 anos

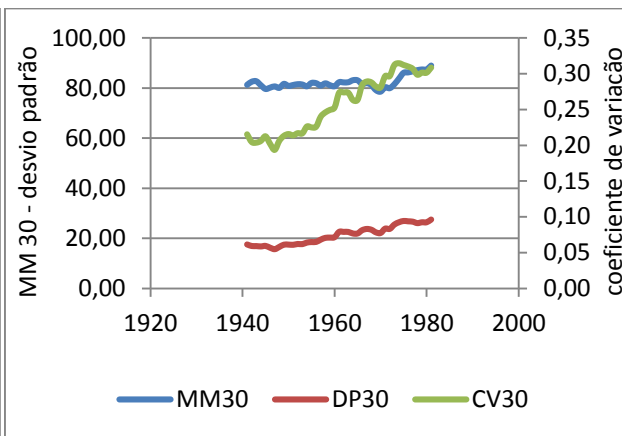


Figura C.54 - Média, desvio padrão, coef.variação móveis de 30 anos, Raul Soares

Acaiaca

A análise de média móvel de 10 anos (Figura C.55) não evidenciou nenhuma mudança brusca de variação de precipitação no período analisado de 1950 a 2006; sendo o pico ocorrido no ano hidrológico 1990-1991 com 88,56 mm, fase quente da ODP, muito próximo do valor encontrado em 1956-1957 com 88,47 mm, fase fria da ODP. O menor valor observado foi no ano hidrológico de 1971-1972 com 68,81 mm, fase quente da ODP. Em relação à análise das médias móveis da precipitação diária máxima anual em períodos consecutivos de 30 anos (Figura C.56) evidencia ligeiro decréscimo de tendência da média e um ligeiro aumento do desvio-padrão. Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A curva representativa da estimativa de precipitação através de distribuição Gumbel (Figura F.24) mostrou aumento de precipitação em torno de 9% nos últimos 30 anos (1981-1982 a 2010-2011) quando comparado a série completa.

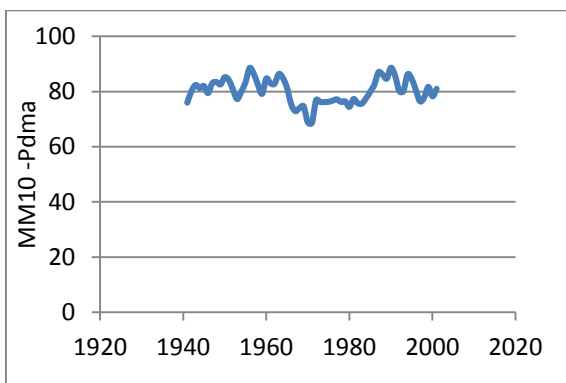


Figura C.55 - Média móvel de 10 anos

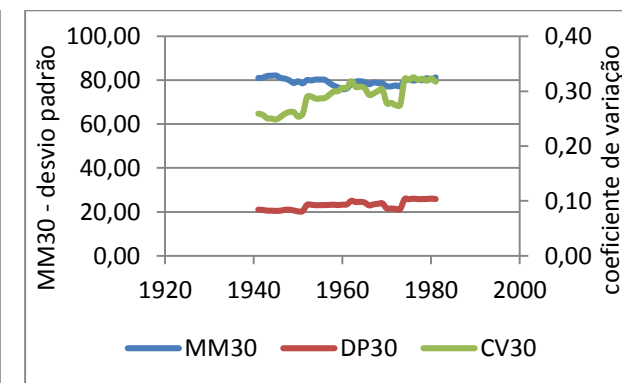


Figura C.56 - Média, desvio padrão, coef.variação móveis de 30 anos, Acaiaca

Usina da Brecha

A estação Usina da Brecha (2043025) apresentou no gráfico de média móvel de 10 anos pequena amplitude de precipitação variando entre 70 e 94 mm, não evidenciando nenhuma tendência relativamente à evolução da média. A análise em relação ao desvio padrão e média móveis de 30 anos observa-se um ligeiro aumento na curva representativa (Figura C.58). Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. No ano hidrológico em que ocorreu o ápice da precipitação encontrava-se na fase fria da ODP. A curva representativa da estimativa de precipitação através de distribuição Gumbel (Figura F.25) mostrou aumento de precipitação em torno de 6% nos últimos 30 anos (1980-1981 a 2009-2010) quando comparado a série completa.

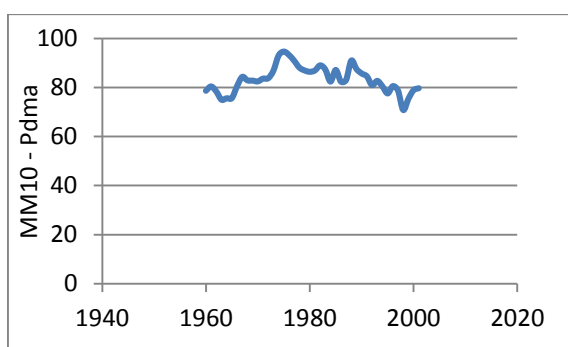


Figura C.57 - Média móvel de 10 anos

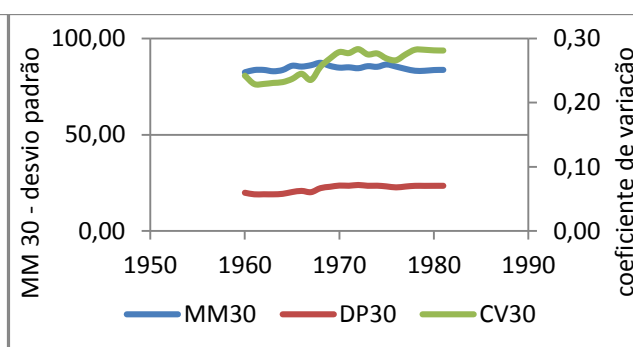


Figura C.58 - Média, desvio padrão, Coef. variação móveis de 30 anos, Usina da Brecha

Desterro de Melo

O gráfico de média móvel de 10 anos (Figura C.59) da estação Desterro de Melo (2143003) apresentou um crescimento ascendente a partir da década de 1940 até atingir o pico no ano hidrológico de 1971-1972 com 113,8 mm, fase fria da ODP. Após esse período, a média móvel de 10 anos de período consecutivo tende a oscilar entre 80 e 100 mm. Em relação à análise das médias móveis da precipitação diária máxima anual em períodos consecutivos de 30 anos (Figura C.60), evidencia tendência crescente da média e do desvio padrão, após a década de 1970 apresenta uma ligeira diminuição. Pelo critério Braga *et al.* (2002, *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A estimativa de precipitação através da distribuição Gumbel (Figura F.31) apresenta uma pequena variação de 4.4% entre o período completo e os últimos 30 anos (1980/81 a 2009/2010).

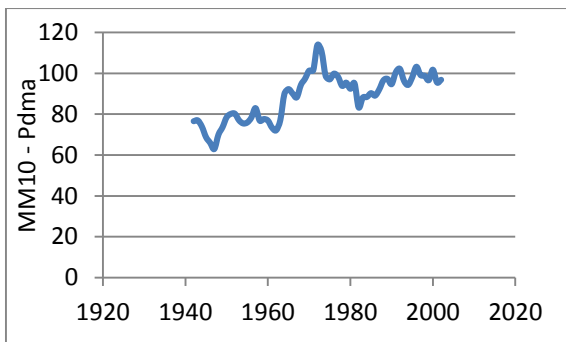


Figura C.59 - Média móvel de 10 anos

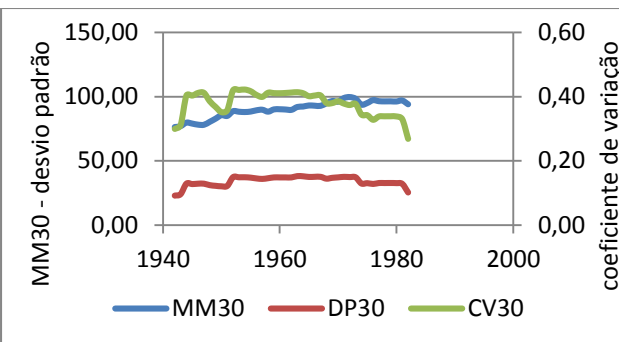


Figura C.60 - Média, desvio padrão, coef.variação móveis de 30 anos, Desterro de Melo

Carmo do Paranaíba

A estação Carmo do Paranaíba (1946022) apresentou no gráfico (Figura C.61) de média móvel de 10 anos, três picos de precipitação, sendo no final da década de 1950 (fase fria), 1980 e final da década de 1990 (fase quente), não evidenciando nenhuma tendência relativamente à evolução da média. Em relação à análise das médias móveis da precipitação diária máxima anual em períodos consecutivos de 30 anos (Figura C.62), evidencia tendência crescente da média e o desvio padrão apresenta um ligeiro decréscimo. Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A análise da estimativa de precipitação através da curva de distribuição Gumbel (Figura F.21) mostrou aumento de precipitação de aproximadamente 9,7% nos últimos 30 anos quando comparado com a série completa.

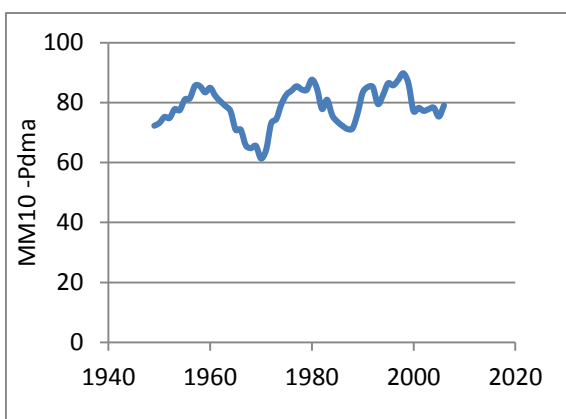


Figura C.61 - Média móvel de 10 anos

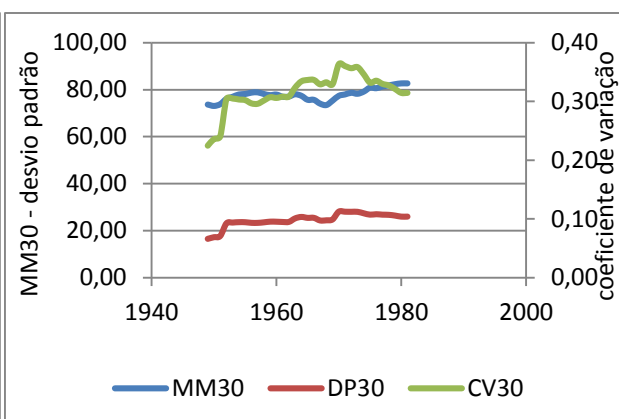


Figura C.62 - Média, desvio padrão, coeficiente de variação móveis de 30 anos, C.do Paranaíba

Conceição do Rio Verde

A análise de média móvel de 10 anos consecutivos de precipitação (Figura C.63) mostrou que o pico hidrológico ocorreu na segunda metade da década de 1950 atingindo 101,6 mm, fase fria da ODP. Observa-se que o menor valor de precipitação aconteceu na década de 1940. Em relação à análise das médias móveis da precipitação diária máxima anual em períodos consecutivos de 30 anos (Figura C.64), evidencia ligeiro aumento da média enquanto o desvio padrão apresenta decrescente no final da década de 1950 e após segunda metade da década seguinte tende a aumentar. Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A estimativa de precipitação através da distribuição Gumbel (Figura F.31) mostrou que nos últimos 30 anos houve decréscimo de 10 % na precipitação quando comparado com a série completa.

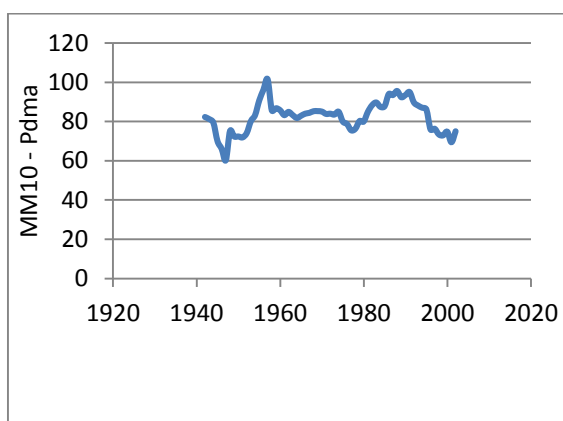


Figura C.63 - Média móvel de 10 anos

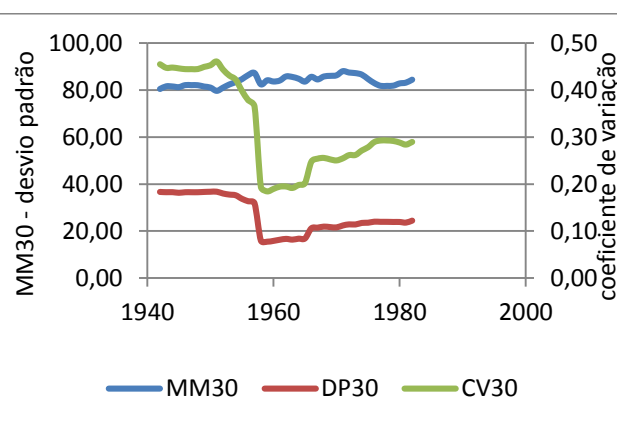


Figura C.64 - Média, desvio padrão, coef.var. móveis de 30 anos, C. Rio Verde

Alagoa

A análise da média móvel de 10 anos (Figura C.65) apresentou na primeira metade da década de 1960 valores muito próximos; com dois picos de precipitação ocorrendo no ano hidrológico de 1969, fase fria da ODP, com 94,0 mm e 1985, fase quente da ODP com 101,04 mm. Em relação à análise das médias móveis da precipitação diária máxima anual em períodos consecutivos de 30 anos (Figura C.66), evidencia ligeiro aumento da média e do desvio padrão. Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A estimativa de precipitação através da distribuição Gumbel (Figura F.33) mostrou que nos últimos 30 anos houve pequeno aumento na precipitação de aproximadamente 4,5% quando comparado com a série completa.

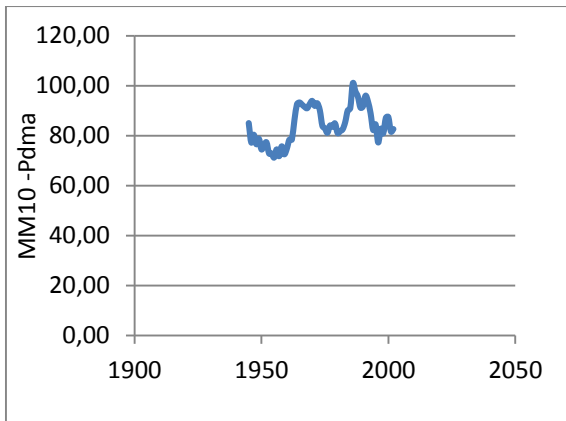


Figura C.65 - Média móvel de 10 anos

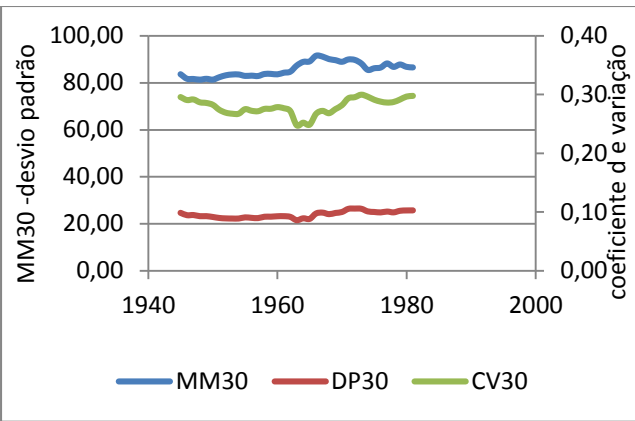


Figura C.66 - Média, desvio padrão, Coef.variação móveis de 30 anos, C.Rio Verde

Cristina

A análise da média móvel de 10 anos (Figura C.67) consecutivos de precipitação mostrou comportamento crescente do ano hidrológico de 1945 até o início da década de 1990. Em relação à análise das médias móveis da precipitação diária máxima anual em períodos consecutivos de 30 anos, (Figura C.68) evidencia aumento da média e do desvio padrão. Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. De 1945 a 1990 houveram vários períodos com fases ora fria ora quente. Não sendo possível estabelecer que o aumento de precipitação ocorreu devido a uma ou outra fase. A estimativa de precipitação através da distribuição Gumbel (Figura F.34) mostrou que nos últimos 30 anos houve aumento na precipitação de aproximadamente 19,3%, quando comparado com a série completa.

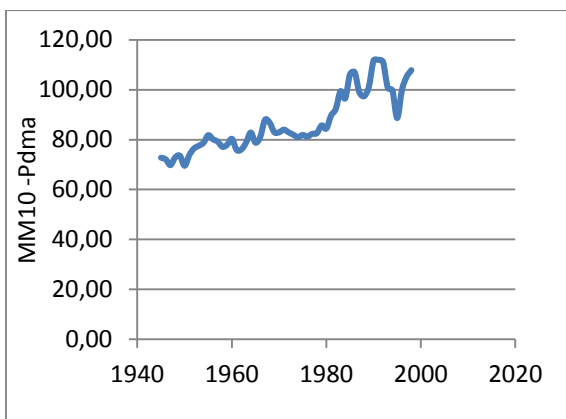


Figura C.67 - Média móvel de 10 anos

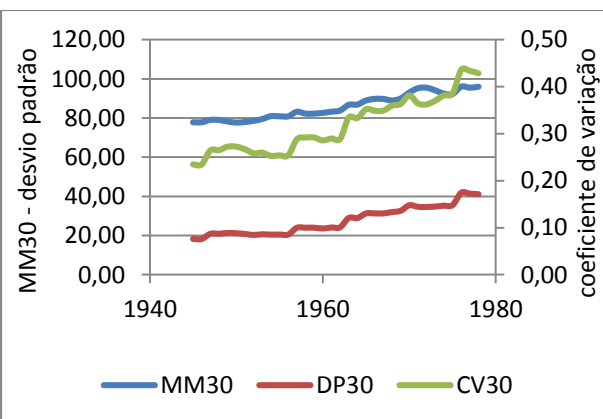


Figura C.68 - Média, desvio padrão, coef. variação móveis de 30 anos, Cristina

São Romão

A análise de média móvel de 10 anos observou que houve dois picos de precipitação, com valores muito próximos no ano hidrológico de 1975-1976, período de transição entre fase fria para quente, com 93,07 mm e 2001-2002, fase fria da ODP com 93,86 mm, conforme pode ser visualizado pela (Figura C.69). Em relação à análise das médias móveis da precipitação diária máxima anual em períodos consecutivos de 30 anos (Figura C.70), evidencia-se aumento da média e do desvio padrão. Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. A estimativa de precipitação através da distribuição Gumbel (Figura F.3) mostrou que nos últimos 30 anos houve aumento na precipitação de aproximadamente 11%, quando comparado com a série completa.

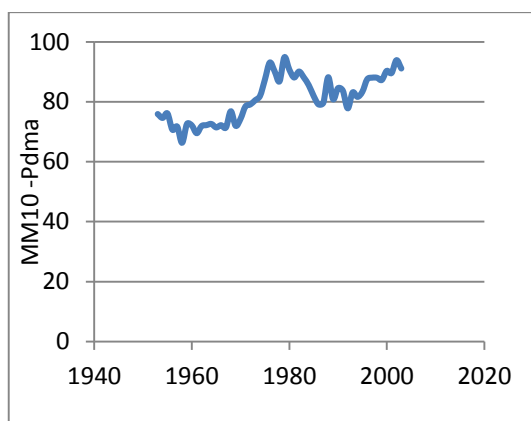


Figura C.69 - Média móvel de 10 anos

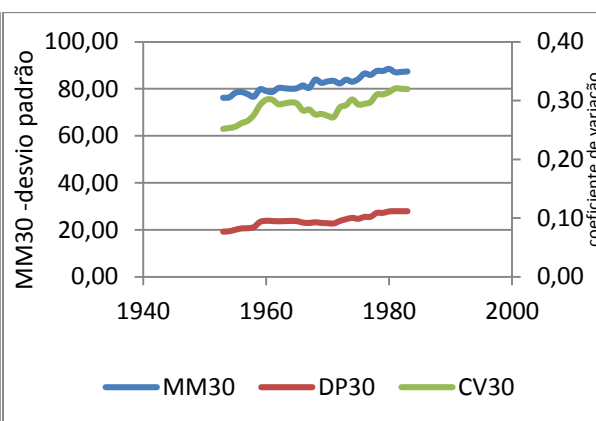


Figura C.70 - Média, desvio padrão, coef. variação móveis de 30 anos, São Romão

São Francisco

No gráfico abaixo (Figura C.71), é possível identificar o pico de precipitação que ocorre com valor de 97,20 mm (1943) e após a segunda metade da década de 1940, fase fria da ODP, os valores oscilam muito pouco em torno de 80 mm. Em relação ao desvio padrão móvel de 30 anos (Figura C.72) verifica-se um comportamento decrescente enquanto a média móvel de 30 anos apresenta comportamento crescente. Pelo critério de Braga *et al.* (2002 *apud* Silva *et al.*, 2012), o posto analisado não possui anomalia positiva ou negativa. O período 1943-1944 apresentou 9,6% superior a estimativa de precipitação quando comparado com período completo pela distribuição Gumbel (Figura F.2).

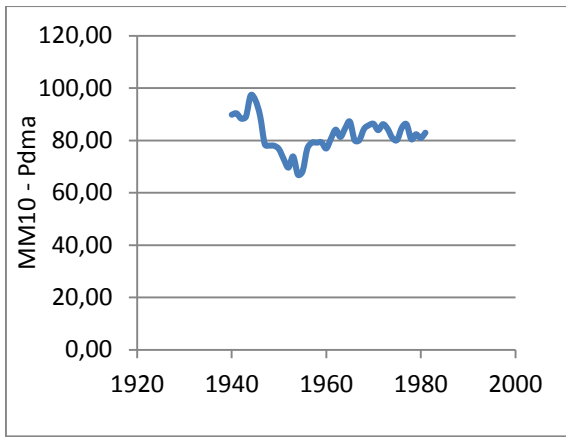


Figura C.71 - Média móvel de 10 anos

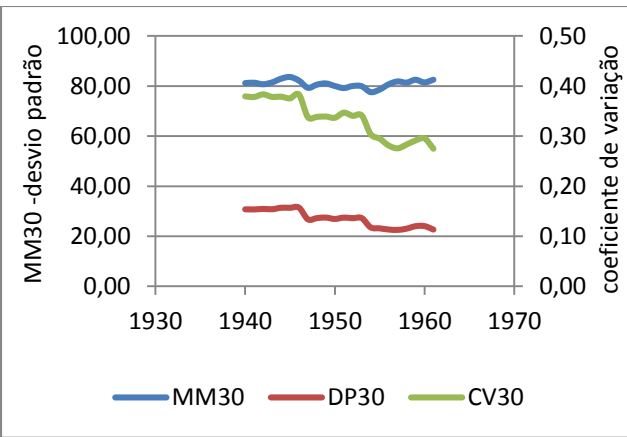


Figura C.72 - Média, desvio padrão, coef.variação móveis de 30 anos, São Francisco

APÊNDICE D
ANÁLISE DE MÉDIAS MÓVEIS DAS PRECIPITAÇÕES
RELACIONADAS A FENÔMENOS CLIMÁTICOS

Análise de média móvel

Tapiraí

Do ano hidrológico de 1949 a 2009, a média das precipitações máximas anuais foi de 82,19 mm com desvio padrão de 17,19 mm. Os picos de precipitação apresentaram no ano hidrológico 1965 e 1975 com presença de El Niño com intensidade de moderado a fraco. Pode se observar movimentos cíclicos para a precipitação (Figura D.1), sendo que na década de 1960 ocorre o ápice para o período analisado. Os dias chuvosos consecutivos com precipitação maior que 1 mm foram oito dias e o número de dias muito chuvosos maior ou igual a 20 mm são vinte e três dias e acima de 30 mm são dez dias. O número de dias secos consecutivos com precipitação menor que 1 mm foram trinta e dois dias.

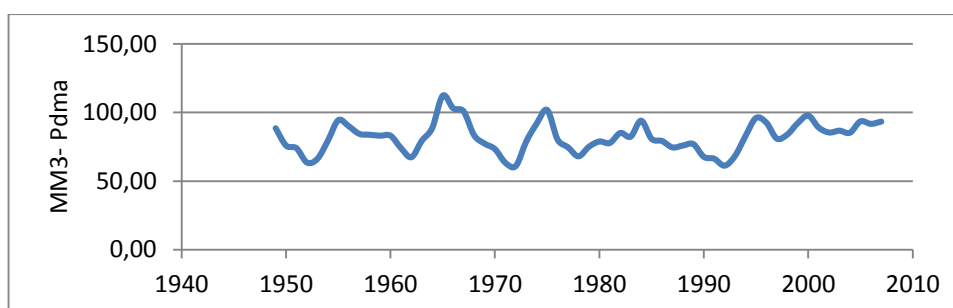


Figura D.1- Média móvel de 3 anos de Tapiraí

Taquaraçu

Observa-se, na Figura D.2, que os picos de precipitação ocorreram nos anos 1946, 1976 e 1995 com El Niño com intensidade variando de moderado a fraco. O ano de 1976 verifica-se a ocorrência de La Niña com intensidade forte. Comparando os períodos em que El Niño teve intensidade moderada verifica-se que o número de dias com precipitação maior ou igual a 10 mm no ano hidrológico de 1946 foram trinta e sete dias e para o ano de 1995 foram trinta e nove dias – portanto, valores muito próximos. O número de dias com precipitação acima de 30 mm foi de dezesseis dias no ano de 1946 e oito dias no ano de 1995. Comparando os períodos em que houve dias secos consecutivos, isto é, precipitação menor que 1 mm observa-se que no ano de 1946 foram quarenta e oito dias e no ano de 1995 foram setenta e nove. Houve acréscimo de 64,5% no número de dias secos em relação ao ano de 1946.

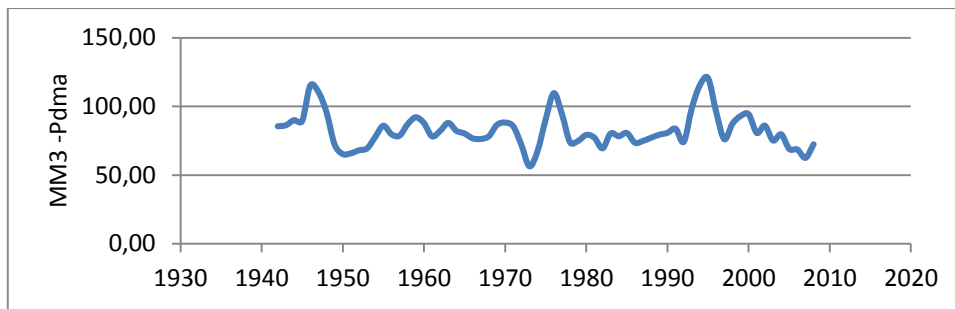


Figura D.2- Média móvel de 3 anos de Taquaraçu

Lagoa Grande

O pico hidrológico ocorreu no ano de 1995 (Figura D.3), período (1994-1995) em que a intensidade do El Niño apresentou intensidade moderado. Para esse ano de 1995 os estudos mostraram que o número de dias secos consecutivos, isto é, precipitação menor que 1 mm foram trinta e seis dias; o número de dias chuvosos consecutivos, isto é, precipitação maior que 1 mm foram oito dias. A análise ainda revelou que o número de dias com precipitação maior ou igual a 10 mm foram cinquenta e sete dias e acima de 30 mm foram dezoito dias.

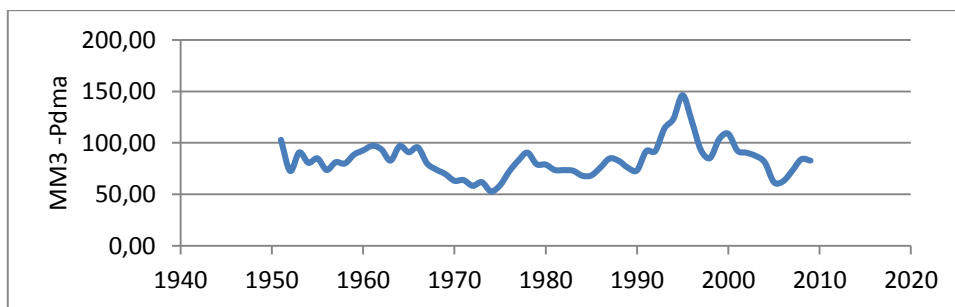


Figura D.3 - Média móvel de 3 anos de Lagoa Grande

Caeté

Observa-se que o pico hidrológico no período analisado (Figura D.4) ocorreu no ano de 1977. Esse ano o El Niño teve intensidade fraca. O estudo mostrou que o número de dias chuvosos, isto é, precipitação maior que 10 mm foram quarenta dias e acima de 20 mm foram dezenove dias e ainda acima de 30 mm foram onze dias. O número de dias chuvosos consecutivos foi treze dias e dias secos consecutivos foram quarenta e cinco dias.

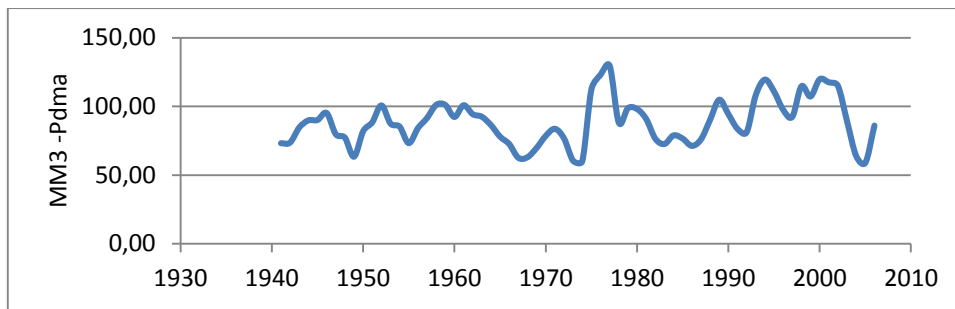


Figura D.4 - Média móvel de 3 anos de Caeté

São Romão

O pico de precipitação (Figura D.5) ocorreu no ano hidrológico de 1983, período em que o El Niño apresentou intensidade forte. Os estudos mostraram que nesse ano, o número de dias secos consecutivos, isto é, precipitação menor que 1 mm foram cem dias e o número de dias chuvosos consecutivos com precipitação maior que 1 mm foram apenas dezoito dias. E ainda que o número de dias chuvosos com precipitação maior ou igual 10 mm foram trinta e quatro e acima de 30 mm apenas três dias.

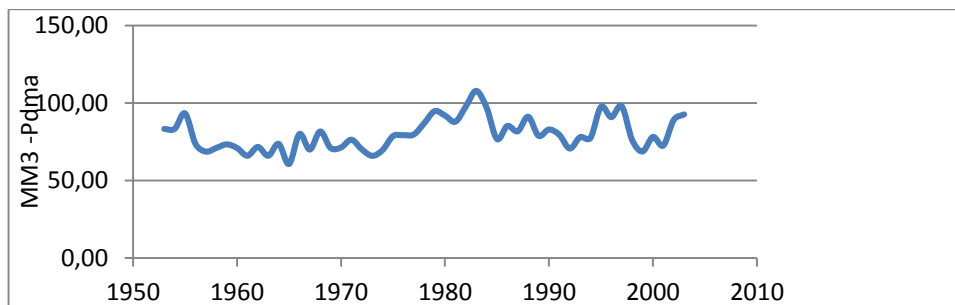


Figura D.5 - Média móvel de 3 anos de São Romão

Bom Jesus do Galho

Da análise gráfica de média móvel de 3 anos (Figura D.6), pode-se observar dois picos mais pronunciados ocorrendo no ano hidrológico de 1987 e 2000. A consulta sobre El Niño e La Niña mostrou que no ano de 1986/88 e 1998/01 foi de intensidade moderado respectivamente em ambos os fenômenos. O número de dias secos consecutivos, isto é, precipitação menor que 1 mm são oitenta e um dias no ano de 1987; e trinta e oito dias no ano 2000; o número de dias chuvosos consecutivos foram apenas seis tanto no ano de 1987 quanto no ano 2000. A análise do número de dias com precipitação maior ou igual a 20 mm resultou em quinze dias no ano 1987 e dez dias no ano 2000. Acima de 30 mm observaram-se apenas onze dias no ano de 1987 e sete dias no ano 2000.

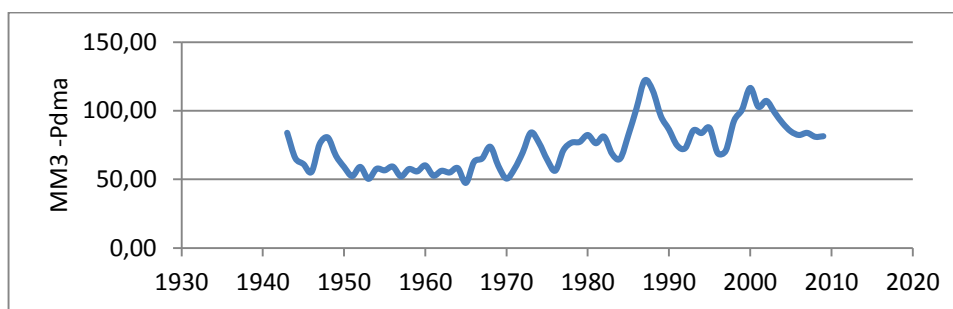


Figura D.6 - Média móvel de 3 anos de Bom Jesus do Galho

Lassance

O diagrama de média móvel de 3 anos (Figura D.7) permitiu visualizar quatro picos de média móvel que ocorreram na década de 1950 e 1980 com valores próximos. Nos anos de 1955 e 1989 foi marcado pela La Niña com intensidade forte e no ano de 1984 com intensidade fraca. O El Niño foi descrito com intensidade forte no ano de 1959. O estudo mostrou que ano de 1984 foi o que obteve o maior número de dias secos consecutivos, cento e vinte e dois, seguido do ano de 1959 com cento e nove dias. O maior número de dias chuvosos consecutivos, isto é, precipitação maior que 1 mm ocorreu no ano de 1955 com dezessete dias seguidos do ano de 1984 com dezesseis dias.

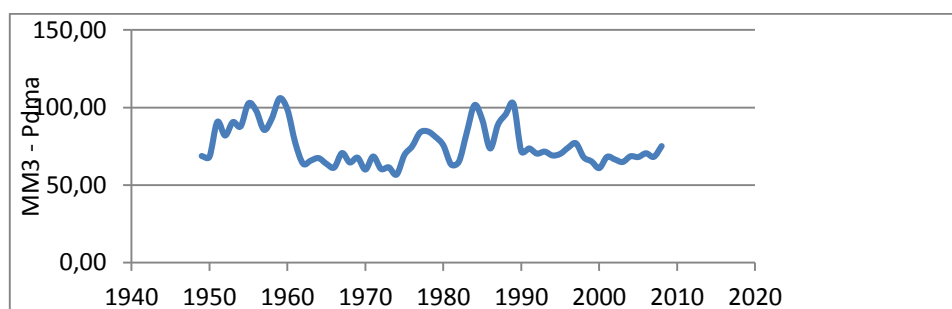


Figura D.7- Média móvel de 3 anos de Lassance

São Francisco

Observa-se que o ápice da precipitação (Figura D.8) ocorreu no ano hidrológico 1944, não sendo observado o fenômeno de El Niño e La Nina. O estudo mostrou que os dias secos consecutivos nesse ano foram cento e vinte um dias e dias chuvosos consecutivos foram treze

dias. Precipitação acima de 30 mm foi verificada que ocorreu em quinze dias e o número de dias chuvosos com precipitação maior ou igual a 10 mm foram cinquenta e seis dias.

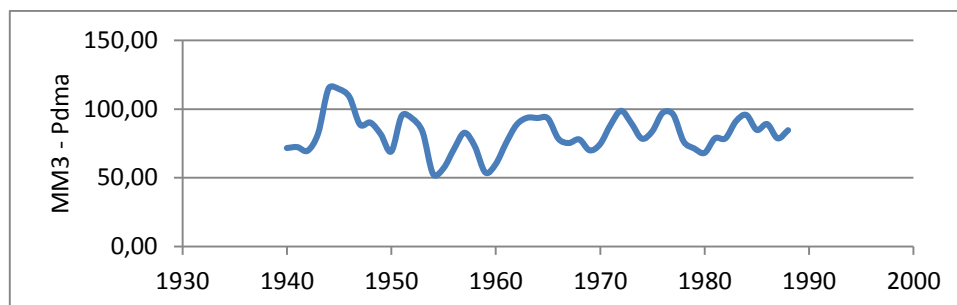


Figura D.8 - Média móvel de 3 anos de São Francisco

Manga

Na análise gráfica (Figura D.9), observaram-se três períodos em que apresentou picos de precipitação, sendo nos anos hidrológicos de 1968, 1988, 2004. A intensidade do fenômeno El Niño foi de moderado a fraco nos anos de 1968 e 2004 respectivamente. A La Niña apresentou-se forte no ano de 1988. Os estudos mostraram que o ano de 1968, o número de dias secos consecutivos com precipitação menor que 1 mm foram de cento e sessenta e sete dias e no ano de 2004 foram cento e treze dias. Também foi verificado que no ano de 1968 houve quarenta dias chuvosos com precipitação maior ou igual a 10 mm.

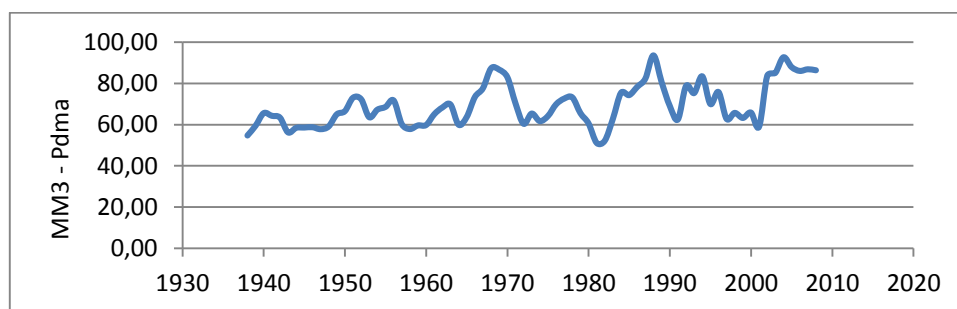


Figura D.9- Média móvel de 3 anos de Manga

Fazenda Ajuda

Com exceção do ano hidrológico de 1981 (Figura D.10) pode-se observar um comportamento cíclico variando dentro de uma amplitude ao longo dos anos. Não foram verificados nesse ano hidrológico os fenômenos de El Niño e La Niña. Os estudos mostraram que no ano de 1981

houve sessenta e cinco dias secos consecutivos e catorze dias chuvosos consecutivos. O número de dias com precipitação acima de 30 mm foram vinte e três.

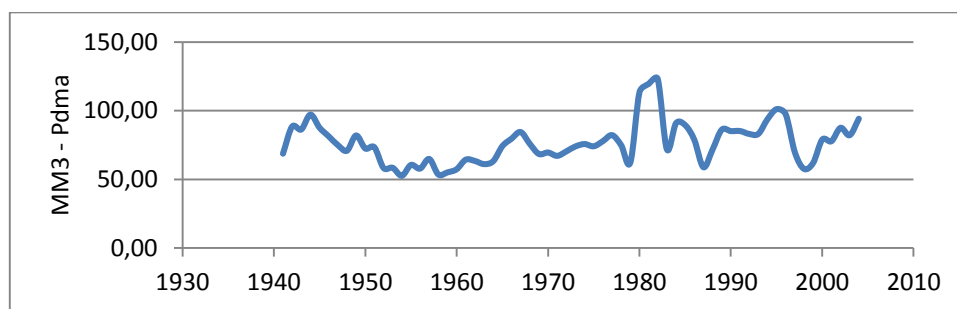


Figura D.10- Média móvel de 3 anos de Fazenda Ajuda

Lamounier

Vários picos de precipitação em períodos distintos pode-se observar na Figura D.11. Porém, o mais pronunciado ocorre no final da década de 1940, seguido do ano de 2007. No ano de 1949 e 2007 a La Niña manifestou com intensidade forte. Os estudos mostraram que em 2007 houve cento e catorze dias secos consecutivos e vinte e dois dias com precipitação maior ou igual a 20 mm.

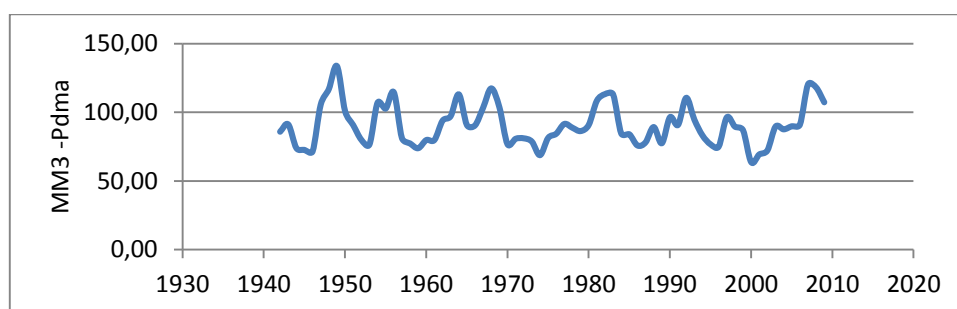


Figura D.11- Média móvel de 3 anos de Lamounier

Cristina

Observa-se que, a partir do ano hidrológico de 1990 (Figura D.12), a média móvel de precipitação mostrou alteração na faixa de oscilação, indo de 80 mm a próximo de 140 mm. Nesse ano a ocorrência de El Niño registrou intensidade forte. Caracterizaram-se com dias extremamente úmidos, com precipitação anual total de 1933,2 mm no ano de 1992 e dias chuvosos consecutivos foram apenas cinco dias.

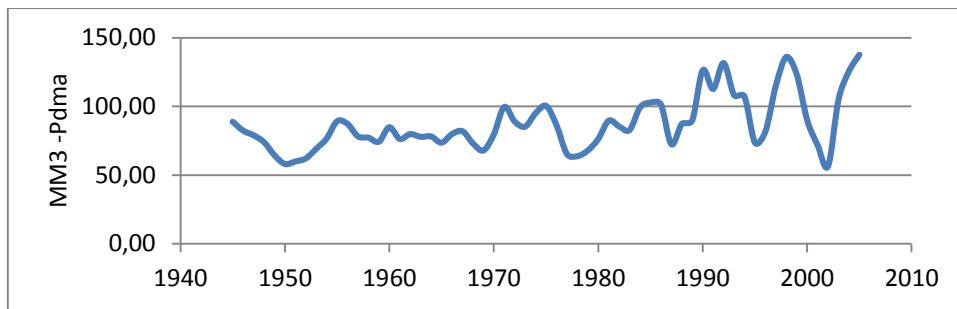


Figura D.12- Média móvel de 3 anos de Cristina

Alagoa

A média móvel de precipitação (Figura D.13) variou entre 60 e 100 mm ao longo dos anos, atingindo o ápice com 10% a mais nos anos de 1971/ 91/ 93. O ano de 1993, El Niño teve ocorrência forte. A La Niña manifestou com intensidade moderada no ano de 1971. A análise mostrou que no ano de El Niño com intensidade forte houve setenta dias secos consecutivos e apenas oito dias chuvosos consecutivos naquele ano. Dos três picos de precipitação analisados, o ano com maior precipitação total anual foi verificado no ano de 1991 com 1824 mm.

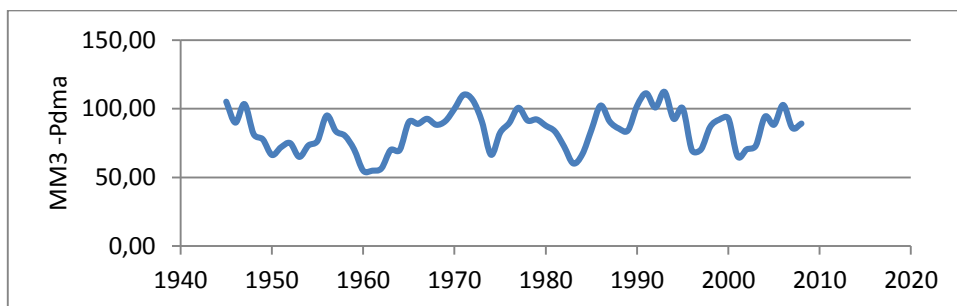


Figura D.13 - Média móvel de 3 anos de Alagoa

Conceição Rio Verde

A década de 1950 registrou o pico hidrológico como pode ser visto pela Figura D.14, sendo que em 1957 ocorreu El Niño com intensidade forte. Nesse ano a precipitação total anual foi de 1542,6 mm, com vinte e quatro dias secos consecutivos, sessenta dias chuvosos com precipitação maior ou igual a 10 mm e doze dias com precipitação acima de 30 mm.

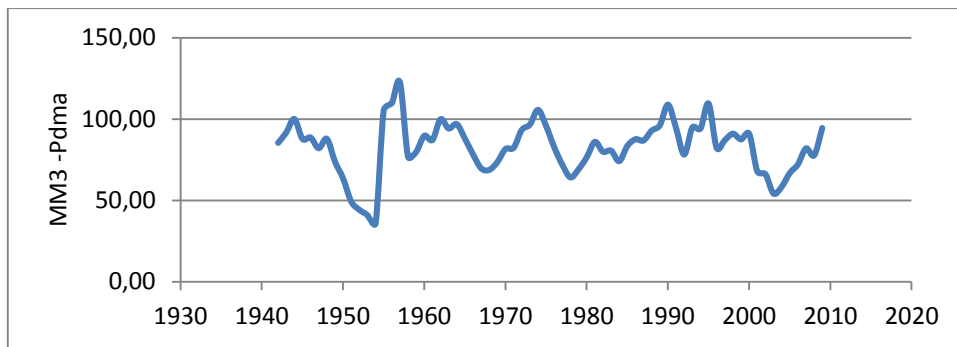


Figura D.14 - Média móvel de 3 anos de Conceição Rio Verde

BambuÍ

Na média móvel de três anos é proeminente a década de 1980 (Figura D.15), como marca do cume de precipitação. Para o ano de 1981, não se observa a influência dos fenômenos de El Niño e La Niña que justificasse aumento das chuvas. Observa-se que para esse ano hidrológico que a precipitação total anual foi de 2022,8 mm, vinte e dois dias chuvosos consecutivos e quarenta e um dias secos consecutivos.

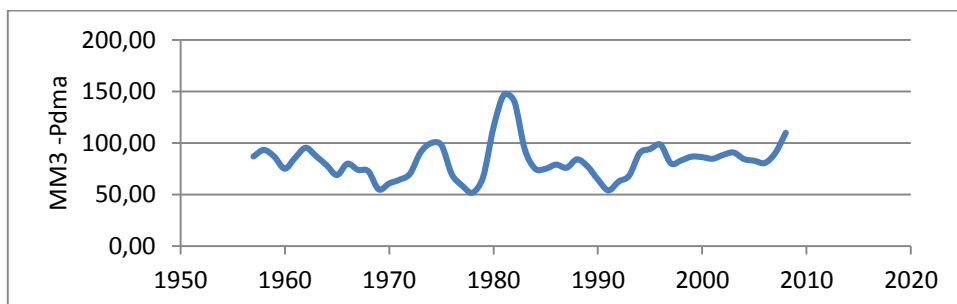


Figura D.15- Média móvel de 3 anos de Bambuí

Jaguaruna

A média das precipitações máximas anuais foi de 75,94 mm com desvio padrão de 18,57 mm. Como pode ser visualizado na Figura D.16, a média móvel de 3 anos atingiu o ápice na década de 1980, tendo sido observado que no ano de 1988 a ocorrência de La Niña com intensidade forte e El Niño moderado. Nesse ano, o número de dias secos consecutivos com precipitação menor que 1 mm foi oitenta e sete dias. O número de dias chuvosos com precipitação maior ou igual que 20 mm foram vinte e três e acima de 30 mm foi catorze dias.

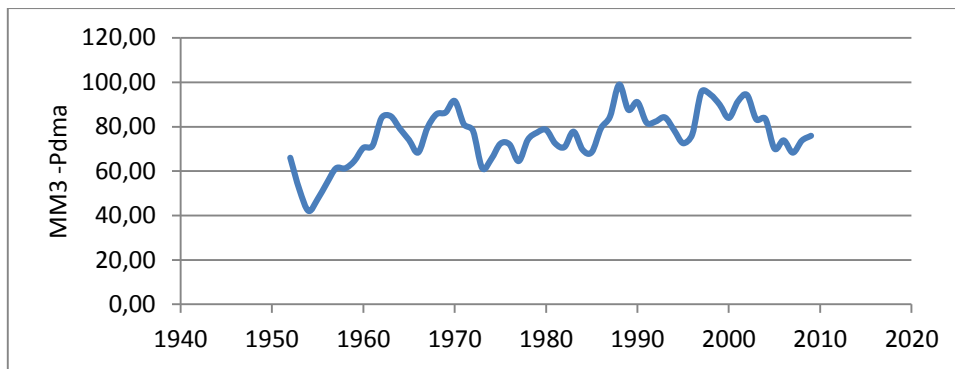


Figura D.16 - Média móvel de 3 anos de Jaguaruna

Desterro de Melo

A média das precipitações máximas anuais foi de 89,3 mm com desvio padrão de 31,79 mm. Pode-se observar dois picos mais proeminentes ambos ocorrendo na década de 1970 (Figura D.17). Em 1971 o fenômeno da La Niña teve intensidade moderado e em 1979 a influência do El Niño é fraca. O ano de 1971 é marcado com cinquenta e seis dias com precipitação maior ou igual 10 mm e quarenta e seis dias secos consecutivos e oito dias chuvosos consecutivos. Nesse ano a precipitação anual foi de 1667,4 mm. No ano de 1979 observam-se cinquenta e seis dias secos consecutivos e precipitação total anual foi de 1545,2 mm e dezesseis dias chuvosos consecutivos.

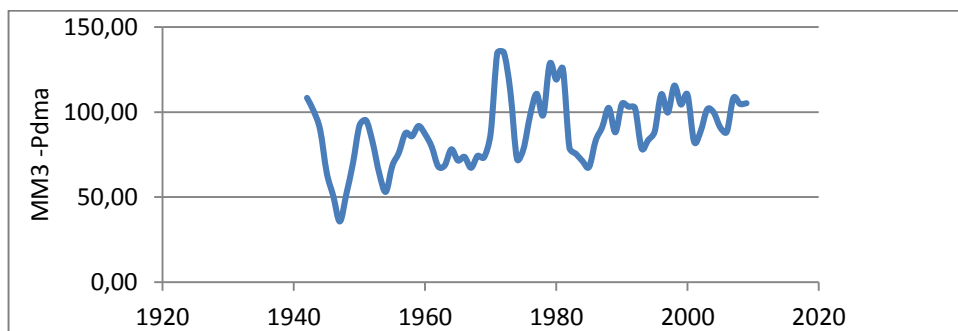


Figura D.17- Média móvel de 3 anos de Desterro de Melo

Usina Paraúna

Na análise gráfica (Figura D.18), nota-se que na década de 1970 houve aumento brusco do pico hidrológico. Não se observa no ano de 1978 a presença de fenômenos como El Niño e La Niña para que justifique tal variação. O ano hidrológico de 1978 a precipitação total anual foi de 1896,8 mm com quinze dias chuvosos consecutivos, isto é, precipitação maior que 1 mm sendo cinquenta e cinco dias com precipitação maior ou igual a 10 mm e dezenove dias com precipitação acima de 30 mm.

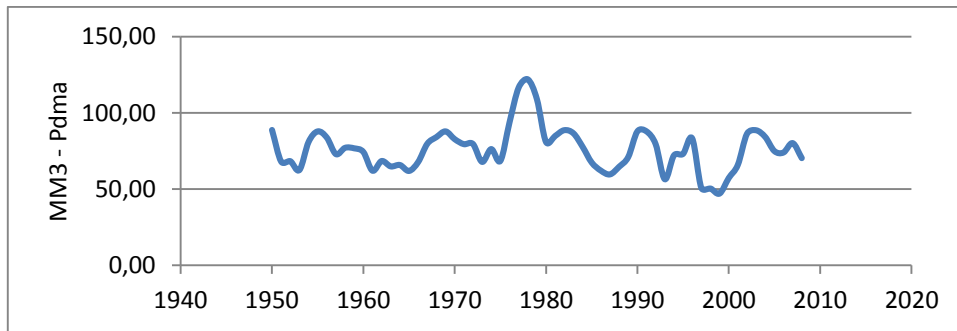


Figura D.18 - Média móvel de 3 anos da Usina Paraúna

Leal Patos

A média das precipitações máximas anuais foi de 77,6 mm com desvio padrão de 24,5 mm. Observam-se quatro pontos de picos hidrológicos (Figura D.19), sendo dois na década de 1960 e outros dois no final do ano 1970 e início dos anos 1980. O ano hidrológico de 1978 apresentou presença de El Niño com intensidade fraca e o ano de 1982 com intensidade forte, não sendo observada nos outros anos a presença do fenômeno capaz de causar alteração. O ano de 1961 apresentou cento e vinte um dias secos consecutivos e apenas onze dias chuvosos consecutivos. No ano hidrológico 1981/82 foi observado sessenta e quatro dias secos consecutivos e apenas onze dias chuvosos consecutivos.

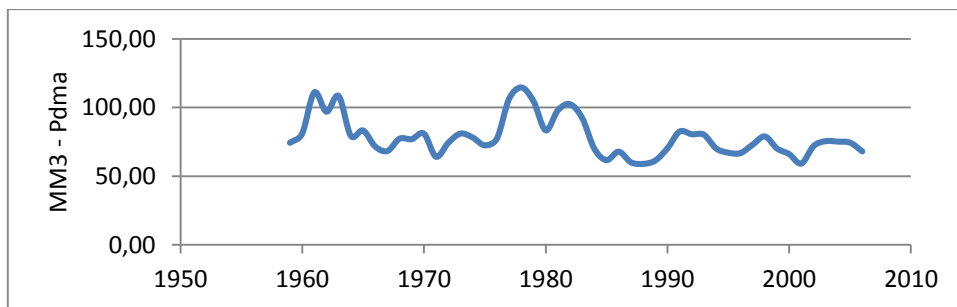


Figura D.19 - Média móvel de 3 anos de Leal Patos

Raul Soares

Pela Figura D.20, notam-se dois picos hidrológicos no período analisado, ocorrendo no ano de 1966 e outro em 2002. Observa-se o fenômeno El Niño com intensidade moderado nesses anos coincidindo com os picos hidrológicos. No ano de 1966, o número de dias muito chuvosos com precipitação maior que 20 mm foram 18 dias e o número de dias acima de 30 mm foram 11 dias. Para o ano de 2002, o número de dias muito chuvosos com precipitação maior que 20 mm foram vinte e dois dias e acima de 30 mm foram dezesseis dias.

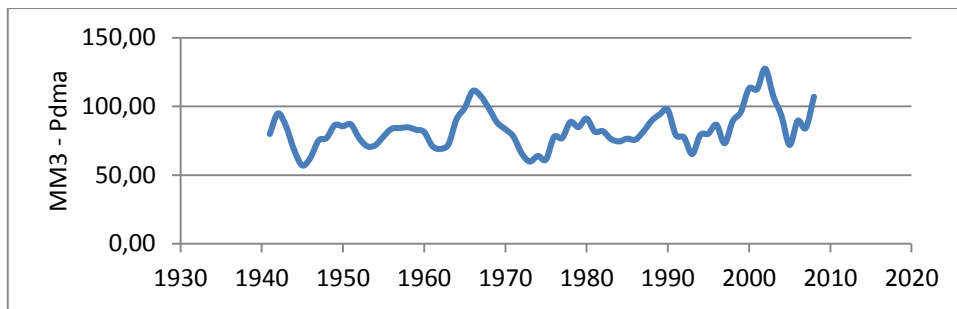


Figura D.20 - Média móvel de Raul Soares

Jaboticatubas

A média das precipitações máximas anuais foi de 78,60 mm. Com valores acima da média em mais de 25% ou igual, observam-se, na Figura D.21, quatro picos de precipitação. Os anos hidrológicos em que acontecem são 1977, 1984, 1995 e 2002. A análise verificou a presença do fenômeno El Nino com intensidade moderada nos anos de 1995 e 2002. Verificou-se também, que o número de dias secos consecutivos no ano de 1995 foi vinte e seis dias, isto é, menor que 1mm, e o número de dias chuvosos consecutivos foram cinco. Para o ano de 2002 foram encontrados oitenta e oito dias secos consecutivos e onze dias chuvosos consecutivos.

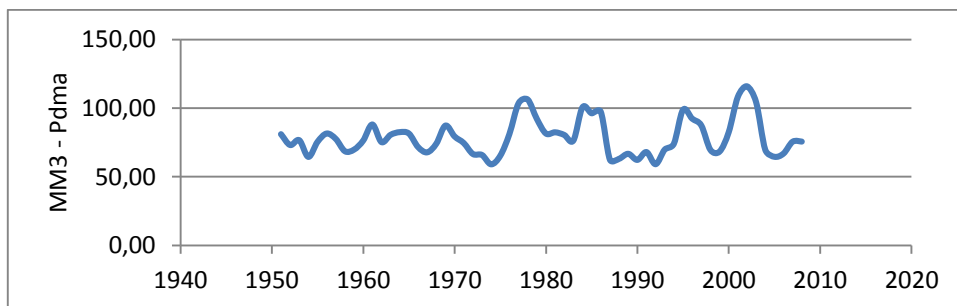


Figura D.21 - Média móvel de 3 anos de Jaboticatuba

Vespasiano

A análise da Figura D.22 mostra apenas um pico diferenciado de precipitação ocorrido no ano hidrológico de 1977, sendo que o fenômeno El Nino teve uma intensidade fraca. Nesse ano o número de dias chuvosos com precipitação maior que 20 mm foram 17 dias e acima de 30 mm foram nove dias. Outra conclusão é que número máximo dias secos consecutivos foram quarenta e cinco dias e número máximo de dias chuvosos consecutivos foram treze.

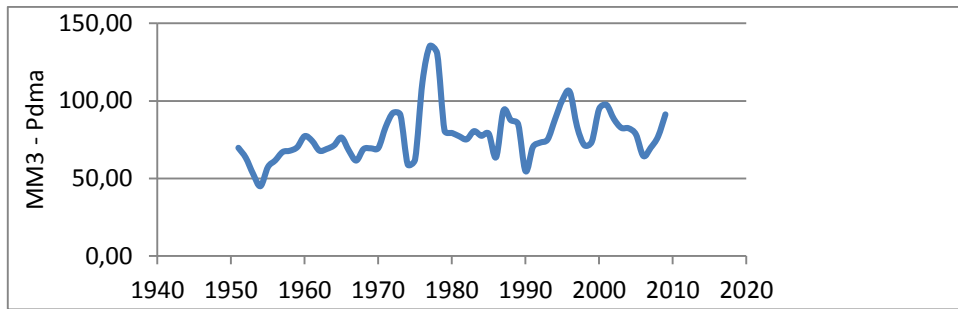


Figura D.22 - Média móvel de 3 anos de Vespasiano

Morro do Pilar

A análise da Figura D.23 abaixo mostra apenas um pico de precipitação ocorrendo no ano hidrológico de 1975 em que os fenômenos de El Niño e La Niña não se manifestaram. Nesse ano, foram registrados quarenta e cinco dias com precipitação maior que 10 mm e 14 dias com chuvas acima de 30 mm. O número máximo de dias chuvosos consecutivos foram oito.

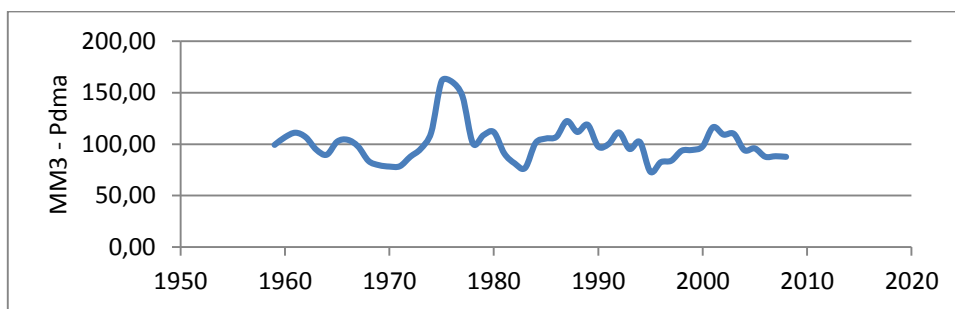


Figura D.23 - Média móvel de 3 anos de Morro do Pilar

Usina Peti

Os picos hidrológicos acontecem nos anos de 1995 e 2001 (Figura D.24) coincidindo com os fenômenos El Niño e La Niña com intensidade moderados respectivamente. Nesses anos o número de dias chuvosos com precipitação maior ou igual a 10 mm foram quarenta e cinquenta e sete dias respectivamente. Dias muito chuvosos com precipitação maior ou igual a 20 mm foram vinte e três e vinte e cinco dias respectivamente e precipitação acima de 30 mm foram doze e dezessete dias. Foram considerados dias secos quando a precipitação foi menor que 1mm. Observou-se nesses anos que dias secos consecutivos foram setenta e nove no ano hidrológico de 1995 e quarenta e sete no ano de 2001.

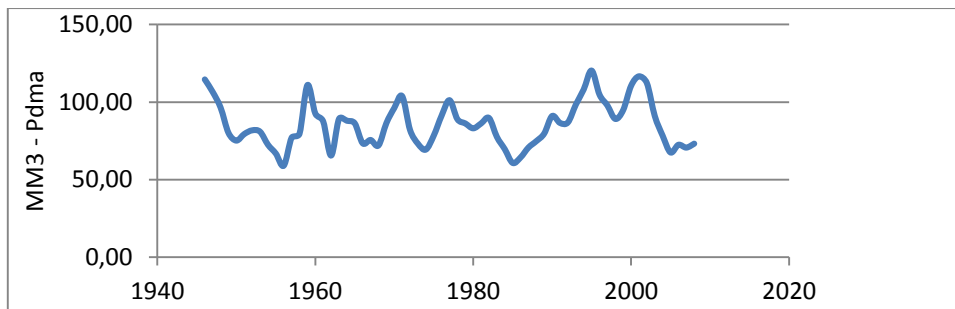


Figura D.24 - Média móvel de 3 anos de Usina Petti

Ponte Nova do Paraopeba

Observa-se que, no ano hidrológico de 1985 (Figura D.25), ocorreu o maior pico hidrológico; época marcada por fraca intensidade da La Niña. Em 1962 apesar da elevação da precipitação não se observa presença dos fenômenos climáticos de El Niño e La Niña. A análise do número de dias muito chuvosos, isto é, precipitação maior ou igual a 20 mm foram em 1962, vinte dias, no ano de 1985, vinte e um dias. A precipitação acima de 30 mm ficou igual nos dois períodos com catorze dias. Ao analisar o número de dias secos consecutivos, observou se que no ano de 1962 foram cento e trinta e seis dias com precipitação menor que 1 mm e no ano de 1985 foram cinquenta e um dias. O número de dias chuvosos consecutivos, isto é, precipitação maior que 1 mm foram onze e doze dias para os anos hidrológico de 1962 e 1985.

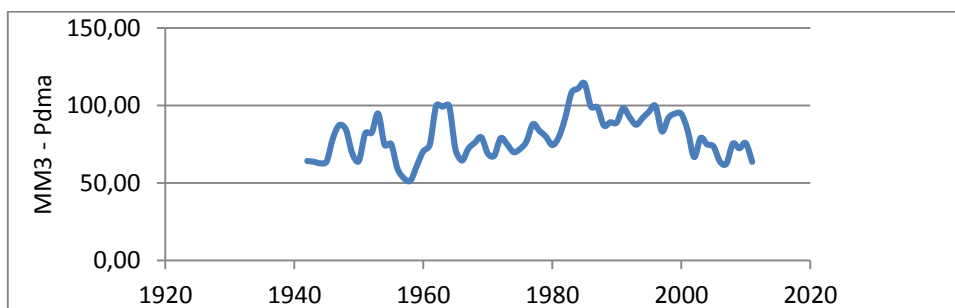


Figura D.25 - Média móvel de 3 anos de Ponte Nova do Paraopeba

Fazenda Escola Florestal

A análise do gráfico abaixo (Figura D.26) mostra a ocorrência do pico de precipitação ocorrendo no ano de 1980 com El Niño com intensidade fraca. Observou-se que nesse ano de 1980, o número de dias chuvosos com precipitação maior ou igual a 10 mm foram trinta e seis e acima de 30 mm foram doze dias. O número de dias secos consecutivos, isto é, precipitação menor que 1 mm foi sessenta dias.

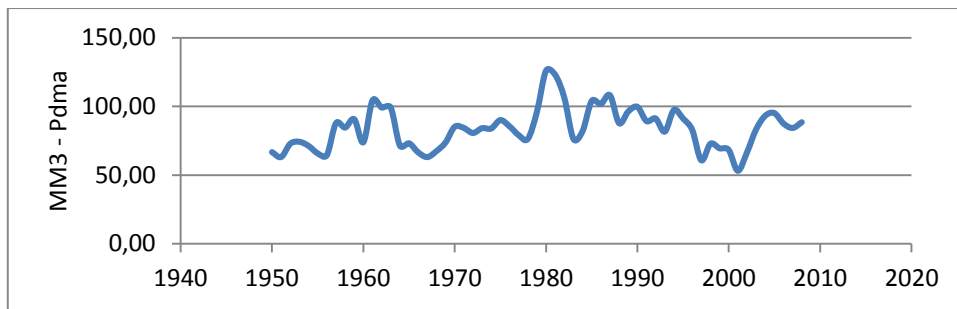


Figura D.26 - Média móvel de 3 anos de Fazenda Escola Florestal

Pedro Leopoldo

Pela análise da Figura D.27, o posto pluviométrico apresentou dois picos de precipitação ocorrendo no ano de 1948 e 1969. Nesses anos não se observa a presença de fenômenos climáticos de El Niño e La Niña. Não foi possível inferir o número de dias chuvosos e secos consecutivos, pois o programa RClimdex identificou dados faltantes.

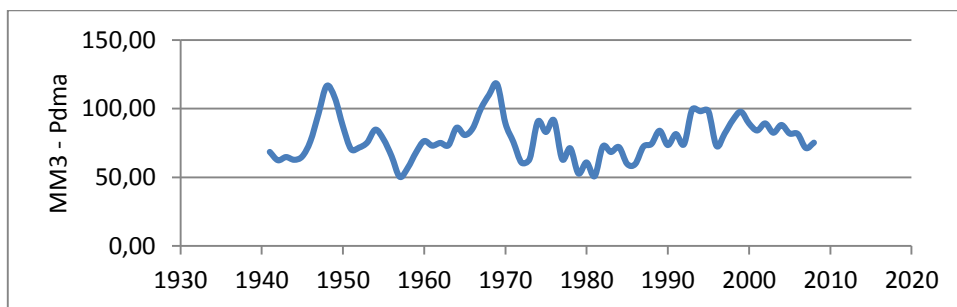


Figura D.27- Média móvel de 3 anos de Pedro Leopoldo

Horto Florestal

Um único pico pluviométrico é visualizado na média móvel de 3 anos (Figura D.28), porém com grande amplitude, ocorrendo no ano de 1976. Nesse ano, a presença de El Niño com intensidade fraca e também La Niña com intensidade forte apresentam. O número de dias consecutivos secos nesse ano foram sessenta, isto é, precipitação menor que 1mm. O número de dias chuvosos consecutivos, isto é, precipitação maior que 1 mm foi quinze dias. Para esse ano, observou-se que o número de dias com precipitação maior ou igual que 10 mm foram quarenta e três dias e maior ou igual a 20 mm foram vinte e quatro dias e ainda acima de 30 mm foram catorze dias.

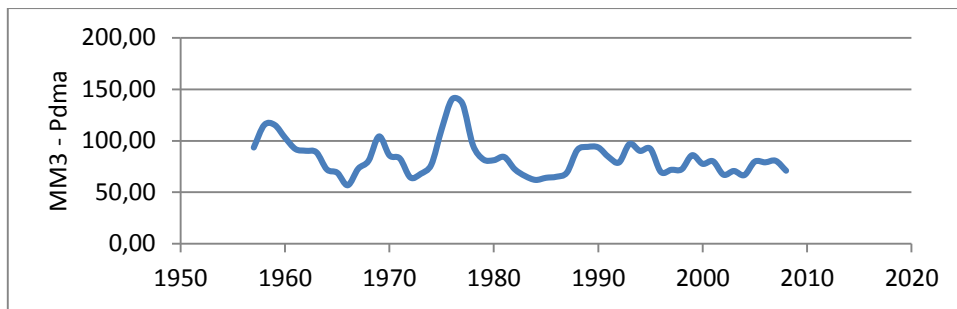


Figura D.28 - Média móvel de 3 anos do Horto Florestal

Velho do Taipa

A média das precipitações máximas anuais do período de 1959 a 2011 foi de 82,24mm com desvio padrão de 23,50 mm. O gráfico de média móvel de 3 anos (Figura D.29) mostra a ocorrência de três picos de precipitação com valores acima de 100 mm no período de 1972, 1997 e 2007. Os anos de 1972 e 1997 ocorreram o fenômeno El Niño com intensidade forte e no ano de 2007 foi marcado pela La Niña com intensidade forte. O número de dias secos consecutivos, isto é, precipitação menor que 1 mm foi quarenta e oito dias no ano de 1972, quarenta e cinco dias no ano hidrológico de 1997, sessenta e nove dias no ano hidrológico de 2007. Dias chuvosos consecutivos com precipitação maior que 1 mm, observa-se que no ano de 1972 e 2007 foram sete dias em cada ano e no ano hidrológico de 1997 foram seis dias.

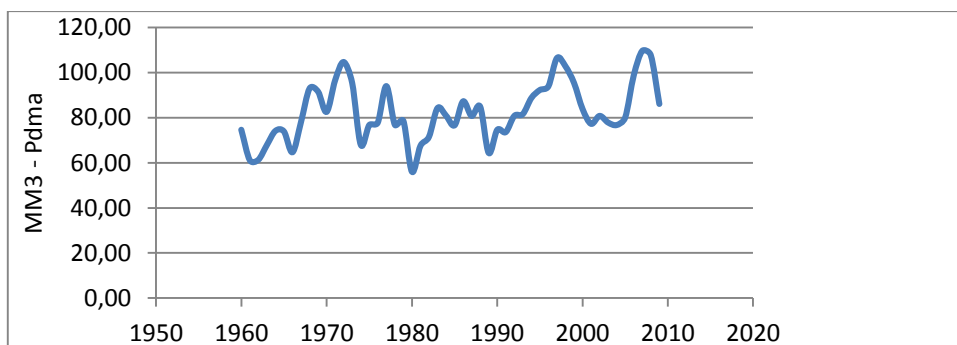


Figura D.29 - Média móvel de 3 anos de Velho do Taipa

Fazenda Vargem Bonita

Observam-se, pelo gráfico de média móvel de precipitação (Figura D.30), três picos ocorrendo nos anos hidrológicos de 1977, 1990 e 1996. Apenas no ano de 1990, o El Niño manifestou com intensidade forte. Nos outros anos, a intensidade foi fraca para El Niño e La Niña respectivamente. Para o ano de 1990, o número de dias chuvosos com precipitação maior ou

igual a 20 mm foram trinta e um dias; no ano de 1977 foram dezoito dias; no ano de 1996, foram vinte e nove dias. Precipitação acima de 30 mm no ano de 1990 em que a intensidade foi forte para o El Niño foram dezoito dias. 121 dias secos consecutivos foram observados no ano de 1990 e onze dias foram o máximo de dias chuvosos consecutivos para o mesmo ano.

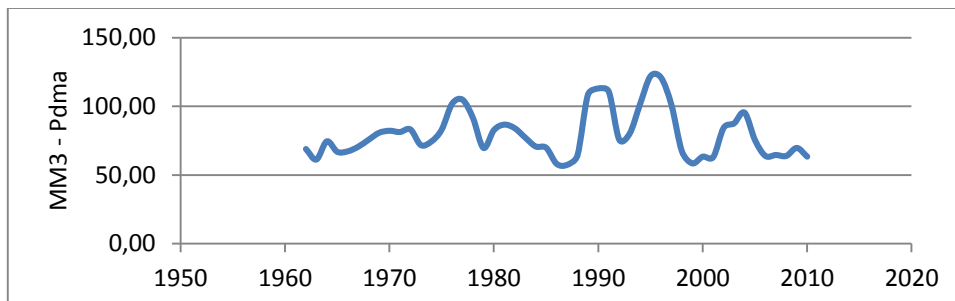


Figura D.30 - Média móvel de 3 anos da Fazenda Vargem Bonita

Carmo do Paranaíba

Embora se observe pelo gráfico (Figura D.31) picos de precipitação ocorrendo no ano hidrológico de 1980 e 1998, apenas no último ano que o El Niño manifestou com intensidade forte. Nesse ano, o número de dias secos consecutivos foi sessenta e nove e o número de dias chuvosos consecutivos foram nove. Para esse mesmo ano, o número de dias chuvosos com precipitação maior ou igual a 20 mm foram vinte e dois e acima de 30 mm foram onze dias.

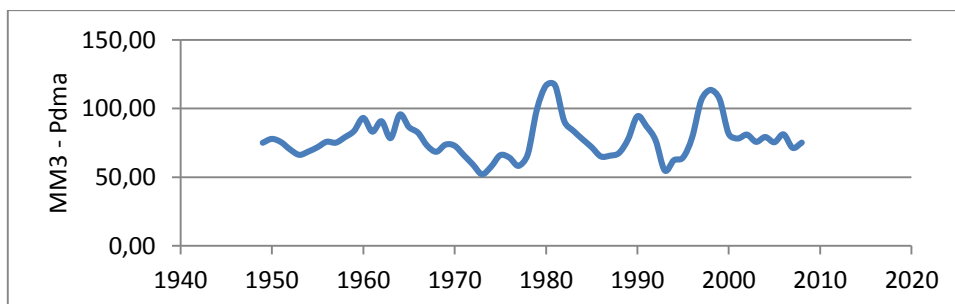


Figura D.31 - Média móvel de 3 anos de Carmo do Paranaíba

Acaiaca

O gráfico de média móvel de 3 anos (Figura D.32) apresenta com movimentos bruscos de variação de precipitação ao longo do período analisado. Porém, observa-se a presença de El Niño com intensidade fraca no ano de 1963 e 2002, com intensidade moderada. Mesmo com intensidade fraca o El Niño, o ano de 1963 obteve dezessete dias com precipitação acima de 30

mm e no ano de 2002 possui catorze dias com precipitação acima de 30 mm. O número de dias secos consecutivos no ano de 2002 foram sessenta e seis.

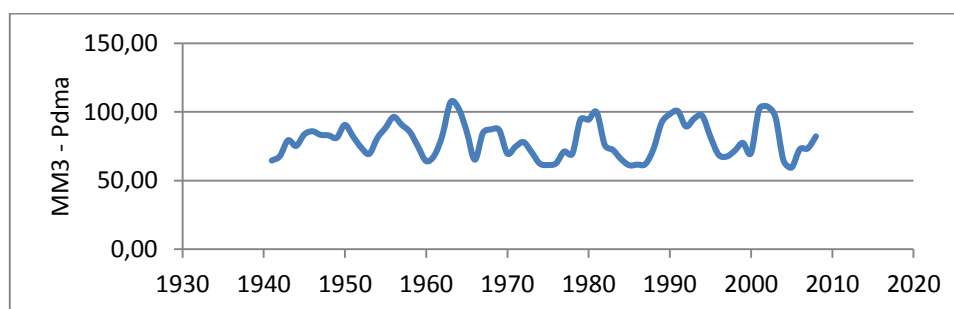


Figura D.32 - Média móvel de 3 anos de Acaiaca

Usina da Brecha

Pode-se visualizar (Figura D.33), um único pico pluviométrico acima de 100 mm, ocorrendo no ano de 1983. Ao longo dos anos, verifica-se que os valores oscilam em torno da média do máximo anual pluviométrico, 82.4 mm. Nesse ano, El Nino manifesta-se com intensidade forte. Para esse ano de 1983, observa-se que o número de dias secos consecutivos foram oitenta e cinco, e que o número de dias chuvosos consecutivos com precipitação maior que 1 mm foi treze.

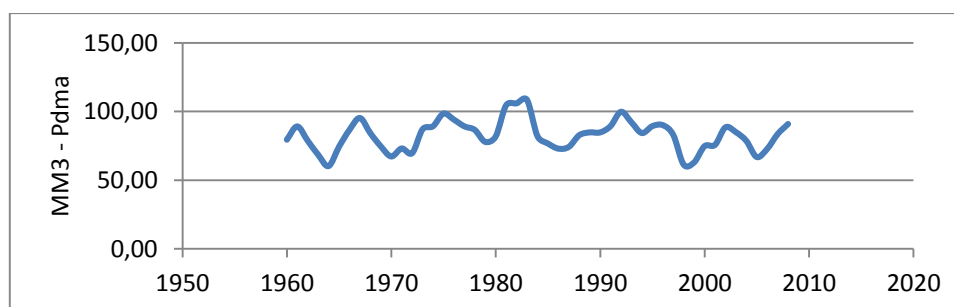


Figura D.33 - Média móvel de 3 anos de Usina da Brecha

Divinópolis

Os anos de 1997, 2002 e 2007 apresentam no gráfico de média móvel de 3 anos (Figura D.34) com anos com picos pluviométricos acima de 100 mm. Sendo que nos anos de 1997 e 2002 o El Niño apresentou intensidade forte e moderada respectivamente e, no ano de 2007, La Niña com intensidade forte. Observou-se que o número de dias secos consecutivos no ano de 2002 foram quarenta e nove e para o ano de 2007 foram sessenta e três dias. Para o número de dias consecutivos chuvosos no ano de 2002 foram oito dias e em 2007 foram sete dias.

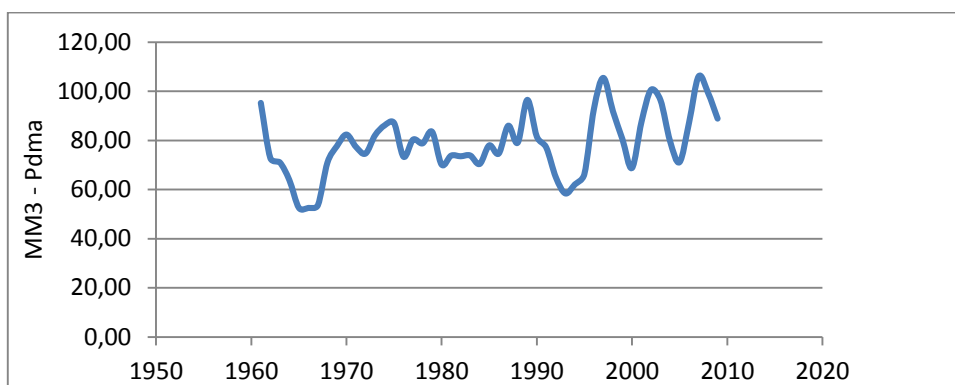


Figura D.34 - Média móvel de 3 anos de Divinópolis

Melo Franco

A precipitação média anual do período analisado foi de 75,0 mm, com a média móvel de 3 anos variando ao longo dos anos em torno de 15% desse valor (Figura D.35). Destaca-se o ano de 2008 com precipitação móvel de 91,83 mm em que a intensidade da La Niña foi forte. Os anos de 1970 e 1995 em que o El Niño teve intensidade moderado influenciaram pouco a média móvel com valores de 89 mm e 88,20 mm. O número de dias secos consecutivos em que a precipitação foi inferior a 1 mm no ano de 1995 foi setenta e nove dias e, para o ano de 2008, foi quarenta e dois dias. Os números de dias chuvosos consecutivos no ano hidrológico de 1995 foram seis dias, para o ano de 2008 foram oito dias.

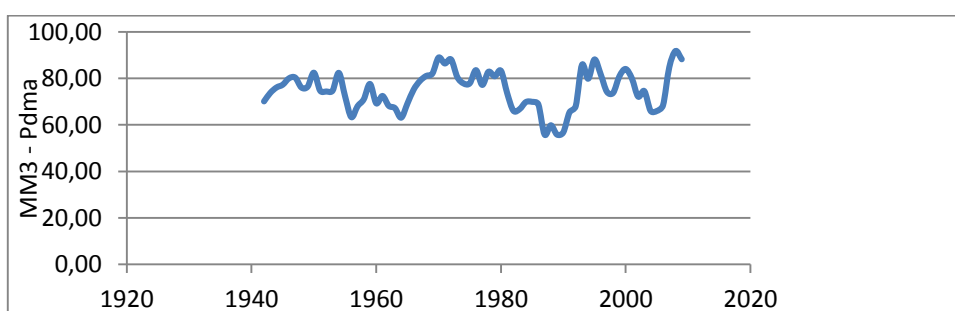


Figura D.35 - Média móvel de 3 anos de Melo Franco

Ibirité

Picos de precipitação acentuados (Figura D.36) são observados na média móvel de 3 anos no ano de 1994, seguido do ano de 2002. Esse período coincide com El Niño com intensidade moderado. Os estudos mostraram que, no ano de 2002, a precipitação total anual foi de 1925,9 mm e ocorreram cem dias secos consecutivos e cinquenta e sete dias com precipitação maior

ou igual 10 mm, e dezenove dias acima de 30 mm. O ano de 1994 foi marcado com oitenta e três dias secos consecutivos e vinte e dois dias com precipitação acima de 30 mm.

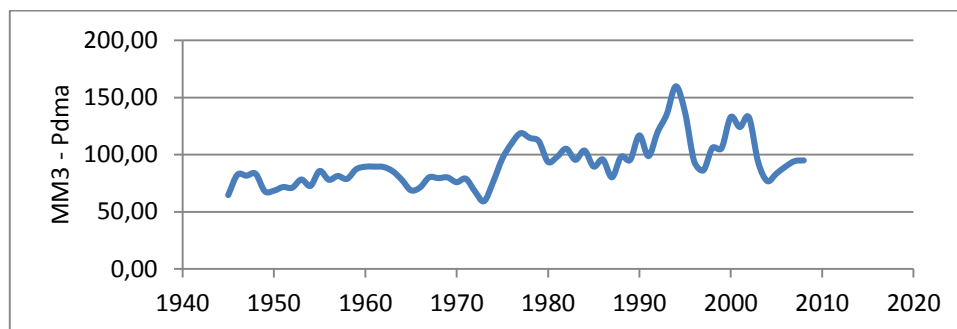


Figura D.36 - Média móvel de 3 anos de Ibirité

APÊNDICE E
RESULTADO DOS TESTES ESTATÍSTICOS DO TREND

Tabela E.1 - Resultado do TREND para estação Tapiraí

		a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado
Mann-Kendall	0,348	1,645	1,96	2,576	NS
Spearman's Rho	0,489	1,645	1,96	2,576	NS
Linear regression	0,461	1,672	2,001	2,662	NS
Cusum	6	9,529	10,622	12,731	NS
Cumulative deviation	0,807	1,147	1,274	1,527	NS
Worsley likelihood	1,901	2,87	3,16	3,79	NS
Rank Sum	-0,036	1,645	1,96	2,576	NS
Student's t	0,091	1,671	2	2,66	NS
Median Crossing	0,775	1,645	1,96	2,576	NS
Turning Point	0,206	1,645	1,96	2,576	NS
Rank Difference	-1,6	1,645	1,96	2,576	NS
Auto Correlation	1,106	1,645	1,96	2,576	NS

Tabela E.2 - Resultado do TREND para estação Raul Soares

		a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado
Mann-Kendall	1,531	1,645	1,96	2,576	NS
Spearman's Rho	1,516	1,645	1,96	2,576	NS
Linear regression	2,132	1,669	1,997	2,654	S (0.05)
Cusum	6	10,207	11,379	13,638	NS
Cumulative deviation	1,126	1,152	1,278	1,532	NS
Worsley likelihood	3,195	2,87	3,16	3,79	S (0.05)
Rank Sum	-0,857	1,645	1,96	2,576	NS
Student's t	-1,36	1,669	1,997	2,654	NS
Median Crossing	0,843	1,645	1,96	2,576	NS
Turning Point	-1,245	1,645	1,96	2,576	NS
Rank Difference	-0,835	1,645	1,96	2,576	NS
Auto Correlation	0,385	1,645	1,96	2,576	NS

Tabela E.3 - Resultado do TREND para a estação Carmo do Paranaíba

		a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado
Mann-Kendall	0,31	1,645	1,96	2,576	NS
Spearman's Rho	0,495	1,645	1,96	2,576	NS
Linear regression	0,757	1,671	2	2,66	NS
Cusum	9	9,606	10,709	12,835	NS
Cumulative deviation	0,922	1,147	1,275	1,527	NS
Worsley likelihood	1,865	2,87	3,16	3,79	NS
Rank Sum	-1,549	1,645	1,96	2,576	NS
Student's t	-1,849	1,671	2	2,659	S (0.1)
Median Crossing	0,896	1,645	1,96	2,576	NS
Turning Point	0	1,645	1,96	2,576	NS
Rank Difference	-1,392	1,645	1,96	2,576	NS
Auto Correlation	1,508	1,645	1,96	2,576	NS

Tabela E.4 - Resultado do TREND para a estação Lagoa Grande

		a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado
Mann-Kendall	0,33	1,645	1,96	2,576	NS
Spearman's Rho	0,383	1,645	1,96	2,576	NS
Linear regression	0,311	1,672	2,001	2,662	NS
Cusum	7	9,529	10,622	12,731	NS
Cumulative deviation	0,989	1,147	1,274	1,527	NS
Worsley likelihood	2,575	2,87	3,16	3,79	NS
Rank Sum	-0,858	1,645	1,96	2,576	NS
Student's t	-0,844	1,671	2	2,66	NS
Median Crossing	0,258	1,645	1,96	2,576	NS
Turning Point	-0,411	1,645	1,96	2,576	NS
Rank Difference	-1,151	1,645	1,96	2,576	NS
Auto Correlation	1,616	1,645	1,96	2,576	NS

Tabela E.5 - Resultado do TREND para a estação Desterro de Melo

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado
Mann-Kendall	2,373	1,645	1,96	2,576 S (0.05)
Spearman's Rho	2,339	1,645	1,96	2,576 S (0.05)
Linear regression	2,254	1,669	1,997	2,654 S (0.05)
Cusum	8	10,207	11,379	13,638 NS
Cumulative deviation	1,474	1,152	1,278	1,532 S (0.05)
Worsley likelihood	3,142	2,87	3,16	3,79 S (0.1)
Rank Sum	-2,514	1,645	1,96	2,576 S (0.05)
Student's t	-2,198	1,669	1,997	2,654 S (0.05)
Median Crossing	1,565	1,645	1,96	2,576 NS
Turning Point	-3,255	1,645	1,96	2,576 S (0.01)
Rank Difference	-1,967	1,645	1,96	2,576 S (0.05)
Auto Correlation	1,22	1,645	1,96	2,576 NS

Tabela E.6 - Resultado do TREND para estação Leal Patos

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado
Mann-Kendall	-0,836	1,645	1,96	2,576 NS
Spearman's Rho	-0,758	1,645	1,96	2,576 NS
Linear regression	-1,36	1,681	2,012	2,685 NS
Cusum	4	8,627	9,617	11,526 NS
Cumulative deviation	1,139	1,14	1,27	1,52 NS
Worsley likelihood	2,36	2,87	3,16	3,79 NS
Rank Sum	1,688	1,645	1,96	2,576 S (0.1)
Student's t	2,203	1,68	2,011	2,682 S (0.05)
Median Crossing	0,143	1,645	1,96	2,576 NS
Turning Point	0,342	1,645	1,96	2,576 NS
Rank Difference	0,041	1,645	1,96	2,576 NS
Auto Correlation	0,203	1,645	1,96	2,576 NS

Tabela E.7 - Resultado do TREND para a estação Usina Paraúna

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado
Mann-Kendall	-0,722	1,645	1,96	2,576 NS
Spearman's Rho	-0,806	1,645	1,96	2,576 NS
Linear regression	-0,69	1,672	2,001	2,662 NS
Cusum	7	9,529	10,622	12,731 NS
Cumulative deviation	0,855	1,147	1,274	1,527 NS
Worsley likelihood	1,744	2,87	3,16	3,79 NS
Rank Sum	0,916	1,645	1,96	2,576 NS
Student's t	1,155	1,671	2	2,66 NS
Median Crossing	0,775	1,645	1,96	2,576 NS
Turning Point	0,206	1,645	1,96	2,576 NS
Rank Difference	-0,387	1,645	1,96	2,576 NS
Auto Correlation	0,826	1,645	1,96	2,576 NS

Tabela E.8 - Resultado do TREND para a estação Bom J. do Galho

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado
Mann-Kendall	3,719	1,645	1,96	2,576 S (0.01)
Spearman's Rho	3,865	1,645	1,96	2,576 S (0.01)
Linear regression	4,009	1,669	1,998	2,655 S (0.01)
Cusum	18	10,134	11,297	13,54 S (0.01)
Cumulative deviation	2,144	1,151	1,278	1,531 S (0.01)
Worsley likelihood	5,071	2,87	3,16	3,79 S (0.01)
Rank Sum	-4,015	1,645	1,96	2,576 S (0.01)
Student's t	-3,869	1,669	1,997	2,654 S (0.01)
Median Crossing	1,94	1,645	1,96	2,576 S (0.1)
Turning Point	0,964	1,645	1,96	2,576 NS
Rank Difference	-2,007	1,645	1,96	2,576 S (0.05)
Auto Correlation	2,152	1,645	1,96	2,576 S (0.05)

Tabela E.9 - Resultado do TREND para Estação Usina Petti

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall,	0.17	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho,	0.282	1.645	1.96	2.576	NS
Linear regression,	0.16	1.67	1.999	2.658	NS
Cusum	7	9.836	10.965	13.141	NS
Cumulative deviation,	0.684	1.149	1.276	1.529,0	NS
Worsley likelihood,	2.282	2.87	3.16	3.79	NS
Rank Sum,	-0.754,	1.645	1.96	2.576	NS
Student's t	,-0.49,	1.67	1.999	2.657	NS
Median Crossing	0.75	1.645	1.96	2.576	NS
Turning Point	-0.597	1.645	1.96	2.576	NS
Rank Difference	-1.776	1.645	1.96	2.576	S (0.1)
Auto Correlation	1.095	1.645	1.96	2.576	NS

Tabela E.10 - Resultado do TREND para Estação Faz.Esc.Florestal

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	1,257	1,645	1,96	2,576	NS
Spearman's Rho	1,271	1,645	1,96	2,576	NS
Linear regression	0,995	1,672	2,001	2,662	NS
Cusum	6	9,529	10,622	12,731	NS
Cumulative deviation	0,858	1,147	1,274	1,527	NS
Worsley likelihood	1,965	2,87	3,16	3,79	NS
Rank Sum	-1,421	1,645	1,96	2,576	NS
Student's t	-1,651	1,671	2	2,66	NS
Median Crossing	0,516	1,645	1,96	2,576	NS
Turning Point	-1,028	1,645	1,96	2,576	NS
Rank Difference	-0,346	1,645	1,96	2,576	NS
Auto Correlation	0,003	1,645	1,96	2,576	NS

Tabela E.11 - Resultado do TREND para Est.Ponte N. do Paraopeba

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	2,165	1,645	1,96	2,576	S (0.05)
Spearman's Rho	2,073	1,645	1,96	2,576	S (0.05)
Linear regression	1,732	1,669	1,997	2,654	S (0.1)
Cusum	13	10,207	11,379	13,638	S (0.05)
Cumulative deviation	1,271	1,152	1,278	1,532	S (0.1)
Worsley likelihood	2,63	2,87	3,16	3,79	NS
Rank Sum	-2,995	1,645	1,96	2,576	S (0.01)
Student's t	-2,523	1,669	1,997	2,654	S (0.05)
Median Crossing	0,602	1,645	1,96	2,576	NS
Turning Point	0,766	1,645	1,96	2,576	NS
Rank Difference	-0,372	1,645	1,96	2,576	NS
Auto Correlation	0,964	1,645	1,96	2,576	NS

Tabela E.12 - Resultado do TREND para Estação Pedro Leopoldo

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	1,1	1,645	1,96	2,576	NS
Spearman's Rho	1,074	1,645	1,96	2,576	NS
Linear regression	0,728	1,669	1,997	2,654	NS
Cusum	6	10,207	11,379	13,638	NS
Cumulative deviation	0,729	1,152	1,278	1,532	NS
Worsley likelihood	1,678	2,87	3,16	3,79	NS
Rank Sum	-0,258	1,645	1,96	2,576	NS
Student's t	-0,082	1,669	1,997	2,654	NS
Median Crossing	0,843	1,645	1,96	2,576	NS
Turning Point	1,053	1,645	1,96	2,576	NS
Rank Difference	-0,421	1,645	1,96	2,576	NS
Auto Correlation	0,81	1,645	1,96	2,576	NS

Tabela E.13 - Resultado do TREND para estação Ibirité

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado
Mann-Kendall	3,132	1,645	1,96	2,576 S (0.01)
Spearman's Rho	3,07	1,645	1,96	2,576 S (0.01)
Linear regression	3,315	1,67	1,999	2,657 S (0.01)
Cusum	13	9,911	11,049	13,242 S (0.05)
Cumulative deviation	1,888	1,15	1,276	1,53 S (0.01)
Worsley likelihood	4,209	2,87	3,16	3,79 S (0.01)
Rank Sum	-3,437	1,645	1,96	2,576 S (0.01)
Student's t	-3,407	1,67	1,998	2,656 S (0.01)
Median Crossing	0,372	1,645	1,96	2,576 NS
Turning Point	-0,197	1,645	1,96	2,576 NS
Rank Difference	-0,657	1,645	1,96	2,576 NS
Auto Correlation	0,912	1,645	1,96	2,576 NS

Tabela E.14 - Resultado do TREND para Estação Lamounier

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado
Mann-Kendall	-0,056	1,645	1,96	2,576 NS
Spearman's Rho	-0,135	1,645	1,96	2,576 NS
Linear regression	-0,172	1,669	1,997	2,654 NS
Cusum	5	10,207	11,379	13,638 NS
Cumulative deviation	0,424	1,152	1,278	1,532 NS
Worsley likelihood	1,339	2,87	3,16	3,79 NS
Rank Sum	-0,188	1,645	1,96	2,576 NS
Student's t	0,058	1,669	1,997	2,654 NS
Median Crossing	1,324	1,645	1,96	2,576 NS
Turning Point	1,34	1,645	1,96	2,576 NS
Rank Difference	1,537	1,645	1,96	2,576 NS
Auto Correlation	-0,88	1,645	1,96	2,576 NS

Tabela E.15 - Resultado do TREND para Estação Bambuí

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado
Mann-Kendall	1,887	1,645	1,96	2,576 S (0.1)
Spearman's Rho	1,884	1,645	1,96	2,576 S (0.1)
Linear regression	1,105	1,678	2,008	2,676 NS
Cusum	11	8,965	9,994	11,978 S (0.05)
Cumulative deviation	0,872	1,142	1,272	1,522 NS
Worsley likelihood	2,251	2,87	3,16	3,79 NS
Rank Sum	-1,073	1,645	1,96	2,576 NS
Student's t	0,013	1,677	2,007	2,674 NS
Median Crossing	1,511	1,645	1,96	2,576 NS
Turning Point	-2,189	1,645	1,96	2,576 S (0.05)
Rank Difference	-2,119	1,645	1,96	2,576 S (0.05)
Auto Correlation	2,066	1,645	1,96	2,576 S (0.05)

Tabela E.16 - Resultado Do TREND para Estação Faz. Ajuda

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado
Mann-Kendall	1,229	1,645	1,96	2,576 NS
Spearman's Rho	1,377	1,645	1,96	2,576 NS
Linear regression	1,519	1,67	1,999	2,657 NS
Cusum	5	9,911	11,049	13,242 NS
Cumulative deviation	1,156	1,15	1,276	1,53 S (0.1)
Worsley likelihood	2,456	2,87	3,16	3,79 NS
Rank Sum	-1,795	1,645	1,96	2,576 S (0.1)
Student's t	-2,069	1,67	1,998	2,656 S (0.05)
Median Crossing	1,116	1,645	1,96	2,576 NS
Turning Point	0,691	1,645	1,96	2,576 NS
Rank Difference	0,735	1,645	1,96	2,576 NS
Auto Correlation	-0,086	1,645	1,96	2,576 NS

Tabela E.17 - Resultado do TREND para Estação Acaiaca

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	-0,299	1,645	1,96	2,576	NS
Spearman's Rho	-0,338	1,645	1,96	2,576	NS
Linear regression	0,181	1,669	1,997	2,654	NS
Cusum	5	10,207	11,379	13,638	NS
Cumulative deviation	0,485	1,152	1,278	1,532	NS
Worsley likelihood	1,34	2,87	3,16	3,79	NS
Rank Sum	0,564	1,645	1,96	2,576	NS
Student's t	0,115	1,669	1,997	2,654	NS
Median Crossing	1,806	1,645	1,96	2,576	S (0.1)
Turning Point	-2,681	1,645	1,96	2,576	S (0.01)
Rank Difference	-1,471	1,645	1,96	2,576	NS
Auto Correlation	0,537	1,645	1,96	2,576	NS

Tabela E.18 - Resultado Do TREND para Estação Divinópolis

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	1,681	1,645	1,96	2,576	S (0.1)
Spearman's Rho	1,546	1,645	1,96	2,576	NS
Linear regression	1,178	1,68	2,011	2,682	NS
Cusum	6	8,713	9,712	11,641	NS
Cumulative deviation	0,895	1,141	1,27	1,521	NS
Worsley likelihood	3,285	2,87	3,16	3,79	S (0.05)
Rank Sum	-1,159	1,645	1,96	2,576	NS
Student's t	-1,027	1,68	2,01	2,68	NS
Median Crossing	1,98	1,645	1,96	2,576	S (0.05)
Turning Point	0,113	1,645	1,96	2,576	NS
Rank Difference	-0,451	1,645	1,96	2,576	NS
Auto Correlation	0,161	1,645	1,96	2,576	NS

Tabela E.19 - Resultado do TREND Estação Usina da Brecha

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	0,138	1,645	1,96	2,576	NS
Spearman's Rho	0,012	1,645	1,96	2,576	NS
Linear regression	0,238	1,68	2,011	2,682	NS
Cusum	6	8,713	9,712	11,641	NS
Cumulative deviation	0,667	1,141	1,27	1,521	NS
Worsley likelihood	1,495	2,87	3,16	3,79	NS
Rank Sum	0,424	1,645	1,96	2,576	NS
Student's t	0,301	1,68	2,01	2,68	NS
Median Crossing	0,566	1,645	1,96	2,576	NS
Turning Point	0,789	1,645	1,96	2,576	NS
Rank Difference	-0,37	1,645	1,96	2,576	NS
Auto Correlation	-0,164	1,645	1,96	2,576	NS

Tabela E.20 - Resultado do TREND para Estação Melo Franco

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	0,137	1,645	1,96	2,576	NS
Spearman's Rho	0,211	1,645	1,96	2,576	NS
Linear regression	0,253	1,669	1,997	2,654	NS
Cusum	8	10,207	11,379	13,638	NS
Cumulative deviation	0,686	1,152	1,278	1,532	NS
Worsley likelihood	1,681	2,87	3,16	3,79	NS
Rank Sum	0,317	1,645	1,96	2,576	NS
Student's t	0,39	1,669	1,997	2,654	NS
Median Crossing	0,12	1,645	1,96	2,576	NS
Turning Point	-0,096	1,645	1,96	2,576	NS
Rank Difference	0,248	1,645	1,96	2,576	NS
Auto Correlation	0,002	1,645	1,96	2,576	NS

Tabela E.21 - Resultado do TREND para Estação Horto Florestal

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	-1,201	1,645	1,96	2,576	NS
Spearman's Rho	-1,152	1,645	1,96	2,576	NS
Linear regression	-1,398	1,678	2,008	2,676	NS
Cusum	4	8,965	9,994	11,978	NS
Cumulative deviation	0,897	1,142	1,272	1,522	NS
Worsley likelihood	1,84	2,87	3,16	3,79	NS
Rank Sum	1,28	1,645	1,96	2,576	NS
Student's t	1,556	1,677	2,007	2,674	NS
Median Crossing	0,962	1,645	1,96	2,576	NS
Turning Point	-0,219	1,645	1,96	2,576	NS
Rank Difference	0,323	1,645	1,96	2,576	NS
Auto Correlation	1,202	1,645	1,96	2,576	NS

Tabela E.22 - Resultado do TREND para Estação Velho da Taipa

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	2.075	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
Spearman's Rho	2.054	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
Linear regression	1.512	1.68	2.01	2.68	NS
Cusum	10	8.798	9.807	11.754	S (0.05)
Cumulative deviation	0.865	1.141	1.271	1.521	NS
Worsley likelihood	1.899	2.87	3.16	3.79	NS
Rank Sum	-1.711	1.645	1.96	2.576	S (0.1)
Student's t	-1.135	1.679	2.009	2.678	NS
Median Crossing	0.42	1.645	1.96	2.576	NS
Turning Point	0.223	1.645	1.96	2.576	NS
Rank Difference	-0.091	1.645	1.96	2.576	NS
Auto Correlation	-0.205	1.645	1.96	2.576	NS

Tabela E.23 - Resultado do TREND para Estação Jaguaruna

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	2,494	1,645	1,96	2,576	S (0.05)
Spearman's Rho	2,511	1,645	1,96	2,576	S (0.05)
Linear regression	2,604	1,673	2,002	2,664	S (0.05)
Cusum	10	9,45	10,535	12,626	S (0.1)
Cumulative deviation	1,36	1,146	1,274	1,526	S (0.05)
Worsley likelihood	3,461	2,87	3,16	3,79	S (0.05)
Rank Sum	-2,195	1,645	1,96	2,576	S (0.05)
Student's t	-2,127	1,672	2,001	2,662	S (0.05)
Median Crossing	0,13	1,645	1,96	2,576	NS
Turning Point	-0,518	1,645	1,96	2,576	NS
Rank Difference	-0,55	1,645	1,96	2,576	NS
Auto Correlation	0,857	1,645	1,96	2,576	NS

Tabela E.24 - Resultado do TREND para Estação Faz. V. Bonita

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	-0.292	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho	-0.358	1.645	1.96	2.576	NS
Linear regression	0.115	1.68	2.011	2.682	NS
Cusum	4	8.713	9.712	11.641	NS
Cumulative deviation	0.638	1.141	1.27	1.521	NS
Worsley likelihood	1.423	2.87	3.16	3.79	NS
Rank Sum	0.499	1.645	1.96	2.576	NS
Student's t	-0.31	1.68	2.01	2.68	NS
Median Crossing	1.131	1.645	1.96	2.576	NS
Turning Point	-0.225	1.645	1.96	2.576	NS
Rank Difference	0.406	1.645	1.96	2.576	NS
Auto Correlation	0.617	1.645	1.96	2.576	NS

Tabela E.25 - Resultado do TREND para Estação Jaboticatuba

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	0,293	1,645	1,96	2,576	NS
Spearman's Rho	0,196	1,645	1,96	2,576	NS
Linear regression	0,521	1,673	2,002	2,664	NS
Cusum	4	9,45	10,535	12,626	NS
Cumulative deviation	0,641	1,146	1,274	1,526	NS
Worsley likelihood	1,291	2,87	3,16	3,79	NS
Rank Sum	0,259	1,645	1,96	2,576	NS
Student's t	-0,278	1,672	2,001	2,662	NS
Median Crossing	0,391	1,645	1,96	2,576	NS
Turning Point	0,415	1,645	1,96	2,576	NS
Rank Difference	0,641	1,645	1,96	2,576	NS
Auto Correlation	0,056	1,645	1,96	2,576	NS

Tabela E.26 - Resultado do TREND para Estação Caeté

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	1.217	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho	1.179	1.645	1.96	2.576	NS
Linear regression	1.534	1.67	1.998	2.656	NS
Cusum	10	10.06	11.215	13.441	NS
Cumulative deviation	1.125	1.151	1.277	1.531	NS
Worsley likelihood	2.308	2.87	3.16	3.79	NS
Rank Sum	-1.355	1.645	1.96	2.576	NS
Student's t	-1.834	1.669	1.998	2.655	S (0.1)
Median Crossing	2.077	1.645	1.96	2.576	S (0.05)
Turning Point	-0.875	1.645	1.96	2.576	NS
Rank Difference	-1.529	1.645	1.96	2.576	NS
Auto Correlation	0.747	1.645	1.96	2.576	NS

Tabela E.27 - Resultado do TREND para Estação Vespasiano

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	2,116	1,645	1,96	2,576	S (0.05)
Spearman's Rho	2,101	1,645	1,96	2,576	S (0.05)
Linear regression	1,726	1,672	2,001	2,662	S (0.1)
Cusum	7	9,529	10,622	12,731	NS
Cumulative deviation	1,173	1,147	1,274	1,527	S (0.1)
Worsley likelihood	2,46	2,87	3,16	3,79	NS
Rank Sum	-1,176	1,645	1,96	2,576	NS
Student's t	-0,803	1,671	2	2,66	NS
Median Crossing	0,258	1,645	1,96	2,576	NS
Turning Point	-1,644	1,645	1,96	2,576	NS
Rank Difference	-0,204	1,645	1,96	2,576	NS
Auto Correlation	0,896	1,645	1,96	2,576	NS

Tabela E.28 - Resultado do TREND para Estação Morro do Pilar

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	-0.568	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho	-0.525	1.645	1.96	2.576	NS
Linear regression	-0.543	1.68	2.01	2.68	NS
Cusum	5	8.798	9.807	11.754	NS
Cumulative deviation	0.61	1.141	1.271	1.521	NS
Worsley likelihood	1.317	2.87	3.16	3.79	NS
Rank Sum	0.119	1.645	1.96	2.576	NS
Student's t	0.425	1.679	2.009	2.678	NS
Median Crossing	0.42	1.645	1.96	2.576	NS
Turning Point	-0.781	1.645	1.96	2.576	NS
Rank Difference	0.13	1.645	1.96	2.576	NS
Auto Correlation	0.084	1.645	1.96	2.576	NS

Tabela E.29 - Resultado do TREND para Estação Manga

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado
Mann-Kendall,	2.376	1.645	1.96	2.576 S (0.05)
Spearman's Rho,	2.317	1.645	1.96	2.576 S (0.05)
Linear regression,	3.109	1.669	1.996	2.652 S (0.01)
Cusum,	10	10.424	11.62	13.927 NS
Cumulative deviation,	1.391	1.154	1.279	1.534 S (0.05)
Worsley likelihood	3.884	2.87	3.16	3.79 S (0.01)
Rank Sum	-1.484	1.645	1.96	2.576 NS
Student's t,	-1.859	1.668	1.996	2.651 S (0.1)
Median Crossing	0.236	1.645	1.96	2.576 NS
Turning Point	-0,656	1.645	1.96	2.576 NS
Rank Difference	0.039	1.645	1.96	2.576 NS
Auto Correlation,	-0.103	1.645	1.96	2.576 NS

Tabela E.30 - Resultado do TREND para Estação São Romão

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado
Mann-Kendall	1.429	1.645	1.96	2.576 NS
Spearman's Rho,	1.325	1.645	1.96	2.576 NS
Linear regression,	1.776	1.673	2.002	2.664 S (0.1)
Cusum,	7	9.45	10.535	12.626 NS
Cumulative deviation,	1.122	1.146	1.274	1.526 NS
Worsley likelihood	2.327	2.87	3.16	3.79 NS
Rank Sum,	-1.264	1.645	1.96	2.576 NS
Student's t,	-1.812	1.672	2.001	2.662 S (0.1)
Median Crossing	1.172	1.645	1.96	2.576 NS
Turning Point,	-0,207	1.645	1.96	2.576 NS
Rank Difference,	1.947	1.645	1.96	2.576 S (0.1)
Auto Correlation	-2.504	1.645	1.96	2.576 S (0.05)

Tabela E.31 - Resultado do TREND para Lassance

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado
Mann-Kendall	-0,48	1.645	1.96	2.576 NS
Spearman's Rho,	-0,375	1.645	1.96	2.576 NS
Linear regression,	-1.076	1.671	0,2	2.66 NS
Cusum	6	9.606	10.709	12.835 NS
Cumulative deviation,	1.004	1.147	1.275	1.527 NS
Worsley likelihood	2.556	2.87	3.16	3.79 NS
Rank Sum	-0,169	1.645	1.96	2.576 NS
Student's t,	0,14	1.671	2	2.659 NS
Median Crossing	0,896	1.645	1.96	2.576 NS
Turning Point	-1.223	1.645	1.96	2.576 NS
Rank Difference,	-0.656	1.645	1.96	2.576 NS
Auto Correlation	0.683	1.645	1.96	2.576 NS

Tabela E.32 - Resultado do TREND para Estação Taquaraçu

	a=0.1	a=0.05	a=0.01,	Resultado
Mann-Kendall,	-0,098	1.645	1.96	2.576 NS
Spearman's Rho,	-0,169	1.645	1.96	2.576 NS
Linear regression,	-0,123	1.669	1.998	2.655 NS
Cusum	4	10.134	11.297	13.54 NS
Cumulative deviation,	0.457	1.151	1.278	1.531 NS
Worsley likelihood,	1.516	2.87	3.16	3.79 NS
Rank Sum,	-0,342	1.645	1.96	2.576 NS
Student's t,	-0,584	1.669	1.997	2.654 NS
Median Crossing,	0,728	1.645	1.96	2.576 NS
Turning Point,	-0,772	1.645	1.96	2.576 NS
Rank Difference	0.062	1.645	1.96	2.576 NS
Auto Correlation	0,703	1.645	1.96	2.576 NS

Tabela E.33 - Resultado do TREND para Estação Conc. Rio Verde

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	0.497	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho,	0.483	1.645	1.96	2.576	NS
Linear regression	0.297	1.669	1.997	2.654	NS
Cusum,	5	10.207	11.379	13.638	NS
Cumulative deviation	0.824	1.152	1.278	1.532	NS
Worsley likelihood,	2.04	2.87	3.16	3.79	NS
Rank Sum,	-0.035,	1.645	1.96	2.576	NS
Student's t	0.049	1.669	1.997	2.654	NS
Median Crossing,	0.12	1.645	1.96	2.576	NS
Turning Point,	0.191	1.645	1.96	2.576	NS
Rank Difference	-1.215	1.645	1.96	2.576	NS
Auto Correlation	-0.672	1.645	1.96	2.576	NS

Tabela E.34 - Resultado do TREND para Estação Cristina

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	1,601	1,645	1,96	2,576	NS
Spearman's Rho	1,627	1,645	1,96	2,576	NS
Linear regression	2,578	1,671	2	2,659	S (0.05)
Cusum	7	9,683	10,795	12,938	NS
Cumulative deviation	1,346	1,148	1,275	1,528	S (0.05)
Worsley likelihood	2,941	2,87	3,16	3,79	S (0.1)
Rank Sum	-1,368	1,645	1,96	2,576	NS
Student's t	-2,142	1,671	1,999	2,659	S (0.05)
Median Crossing	0,508	1,645	1,96	2,576	NS
Turning Point	-0,505	1,645	1,96	2,576	NS
Rank Difference	-0,705	1,645	1,96	2,576	NS
Auto Correlation	0,803	1,645	1,96	2,576	NS

Tabela E.35 - Resultado do TREND para Estação São Francisco

	a=0.1	a=0.05	a=0.01	Resultado	
Mann-Kendall	0.56	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho,	0.544	1.645	1.96	2.576	NS
Linear regression,	-0.039	1.68	2.011	2.682	NS
Cusum,	6	8.713	9.712	11.641	NS
Cumulative deviation,	0,593	1.141	1.27	1.521	NS
Worsley likelihood,	1.326	2.87	3.16	3.79	NS
Rank Sum,	-1.102	1.645	1.96	2.576	NS
Student's t,	-0.544	1.68	2.01	2.68	NS
Median Crossing,	0,283	1.645	1.96	2.576	NS
Turning Point,	-1.578	1.645	1.96	2.576	NS
Rank Difference,	0.085	1.645	1.96	2.576	NS
Auto Correlation	0.002	1.645	1.96	2.576	NS

Tabela E.36 - Resultado do TREND para Estação Alagoa

	a=0.1	a=0.05,	a=0.01,	Resultado	
Mann-Kendall,	0,371	1.645	1.96	2.576	NS
Spearman's Rho,	0,274	1.645	1.96	2.576	NS
Linear regression,	0,475	1.67	1.999	2.657	NS
Cusum,	8	9.911	11.049	13.242	NS
Cumulative deviation,	0,666	1.15	1.276	1.53	NS
Worsley likelihood	1.546	2.87	3.16	3.79	NS
Rank Sum	-0,372	1.645	1.96	2.576	NS
Student's t	-0,439	1.67	1.998	2.656	NS
Median Crossing	0,124	1.645	1.96	2.576	NS
Turning Point	-0,197	1.645	1.96	2.576	NS
Rank Difference	0,392	1.645	1.96	2.576	NS
Auto Correlation,	-1.124	1.645	1.96	2.576	NS

APÊNDICE F
GRÁFICOS DA DISTRIBUIÇÃO GUMBEL

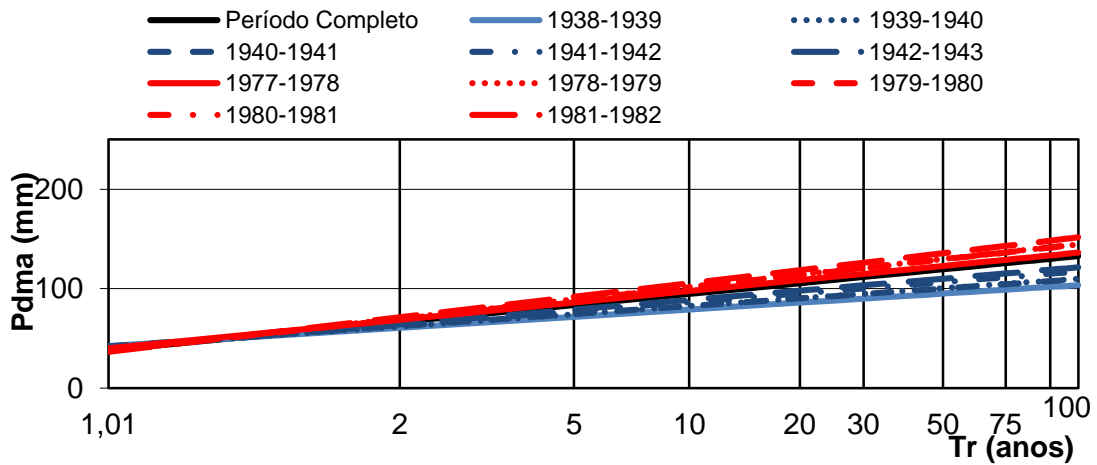


Figura F.1 - Distribuição Gumbel de Manga

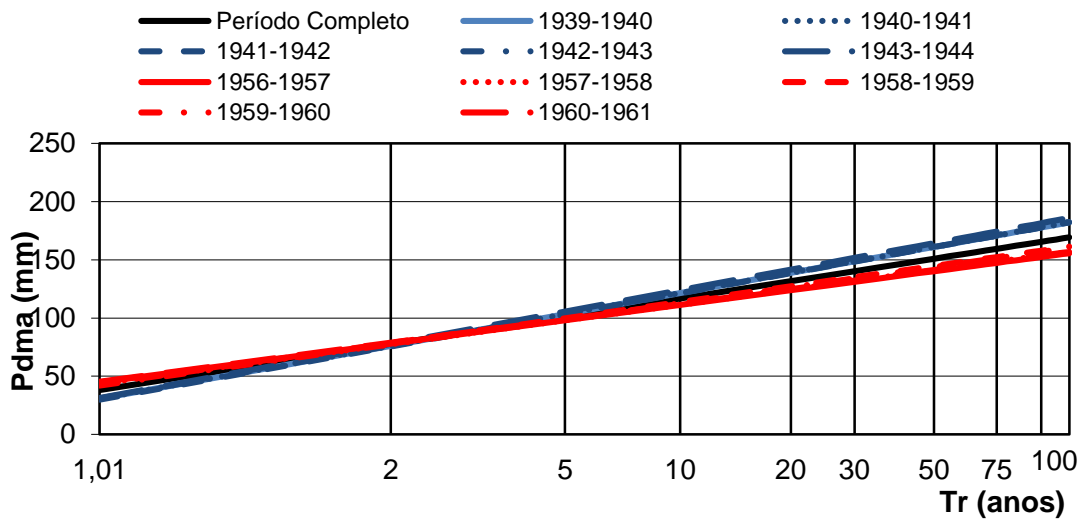


Figura F.2 - Distribuição Gumbel de São Francisco

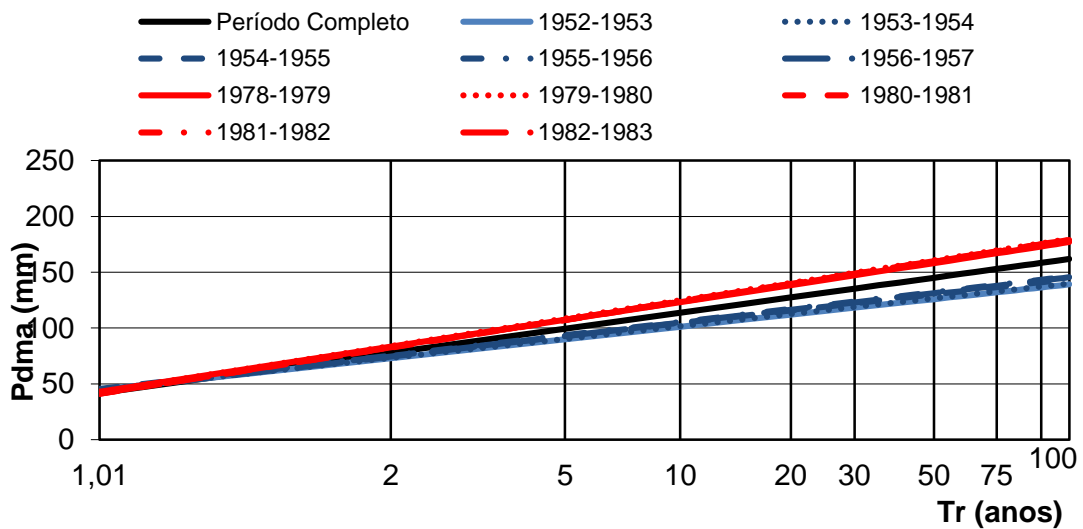


Figura F.3 - Distribuição Gumbel de São Romão

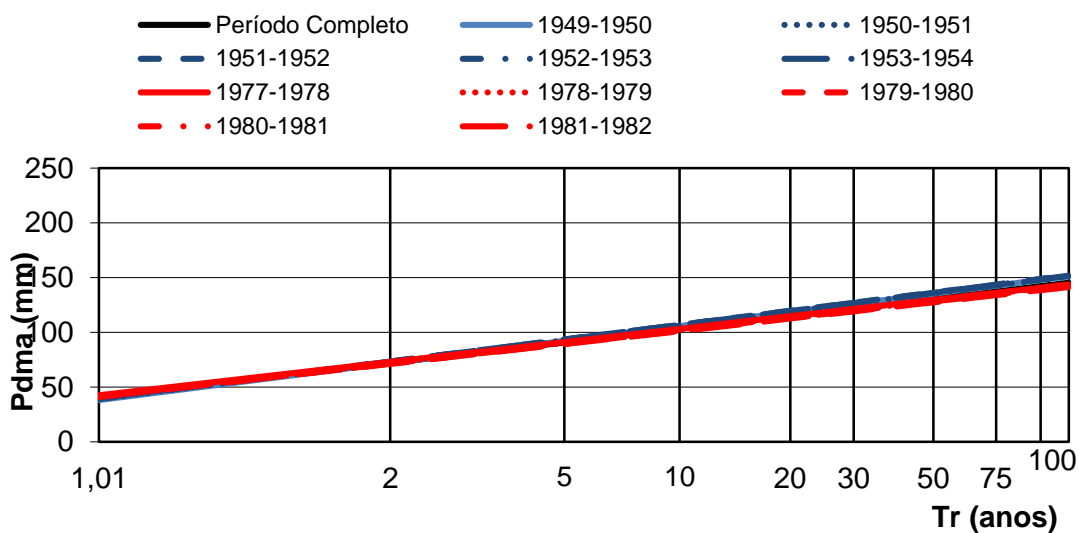


Figura F.4 - Distribuição Gumbel de Lassance

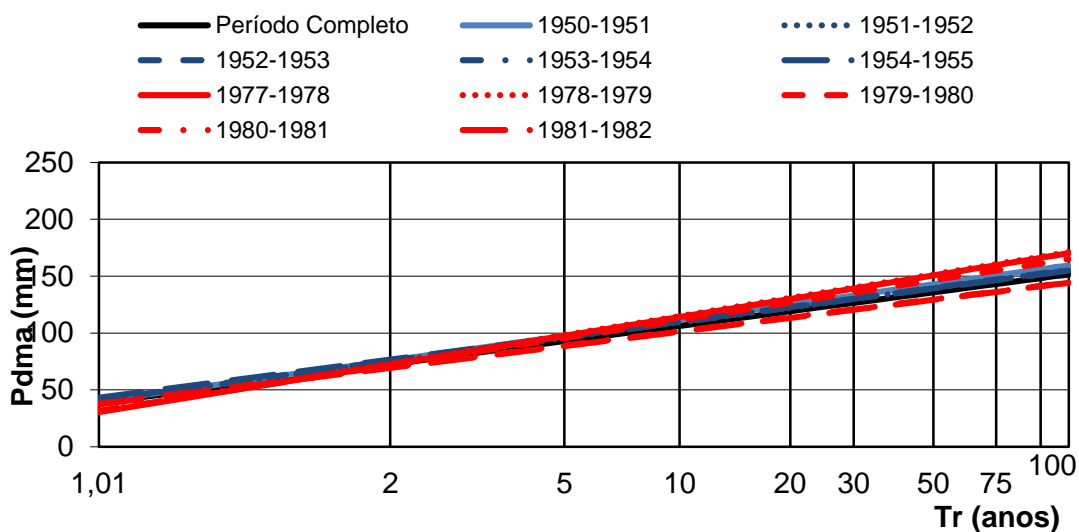


Figura F.5 - Distribuição Gumbel de Usina Paraúna

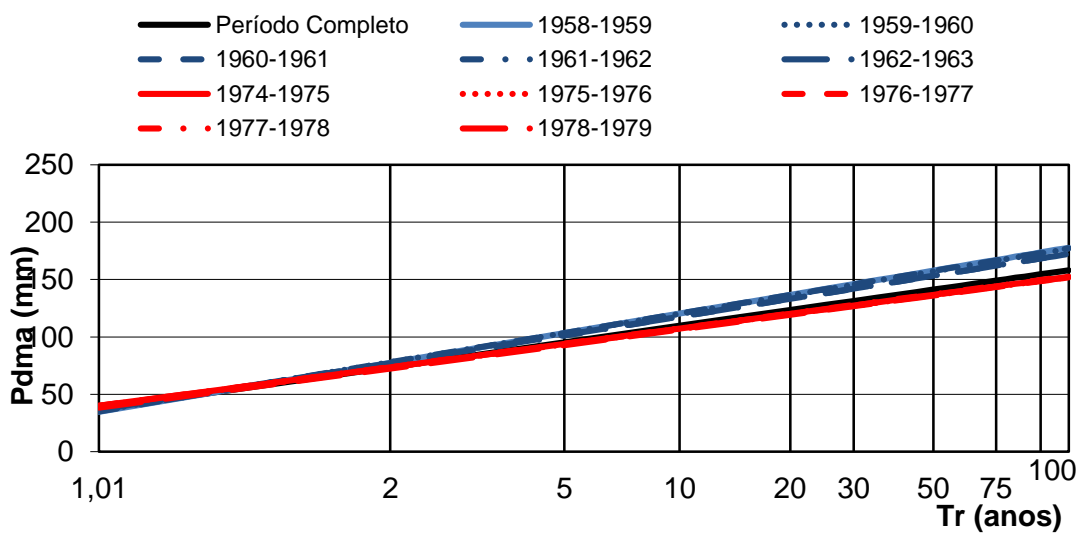


Figura F.6 - Distribuição Gumbel de Leal Patos

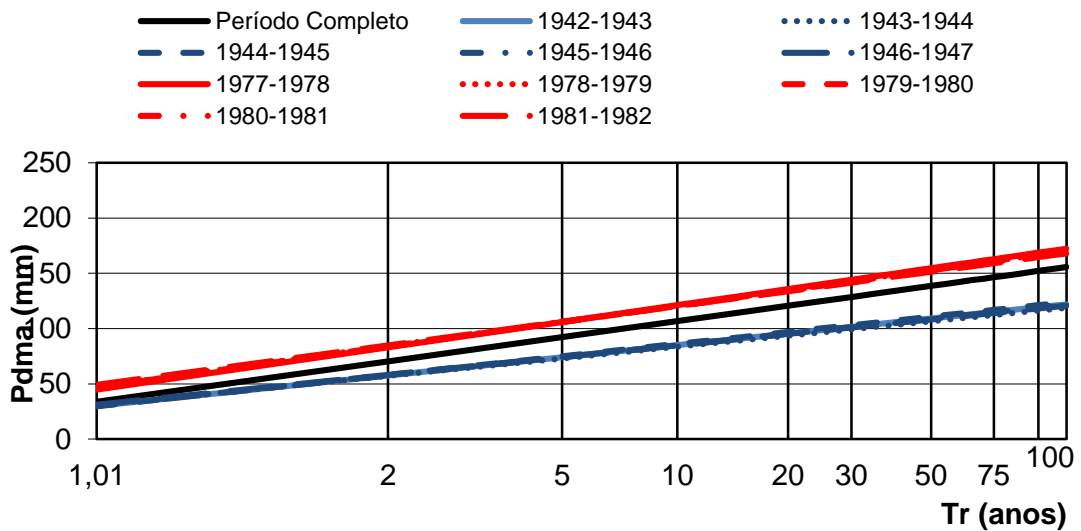


Figura F.7 - Distribuição Gumbel de Bom Jesus do Galho

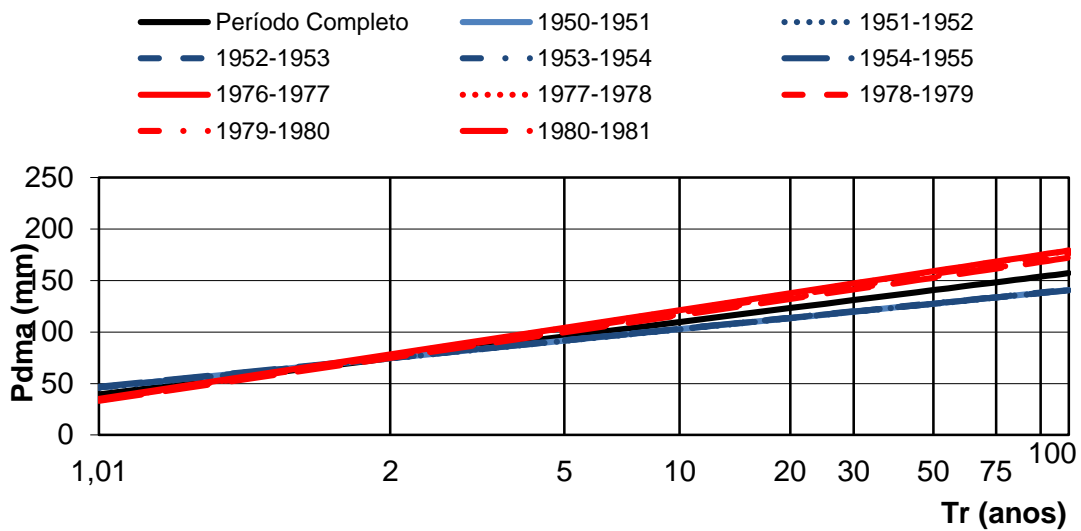


Figura F.8 - Distribuição Gumbel de Jaboticatuba

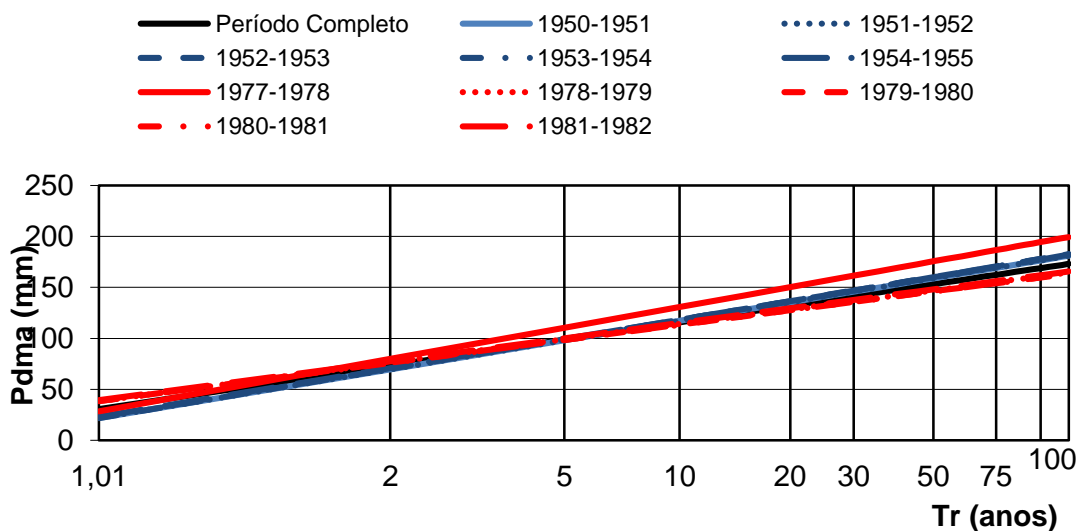


Figura F.9 - Distribuição Gumbel de Vespasiano

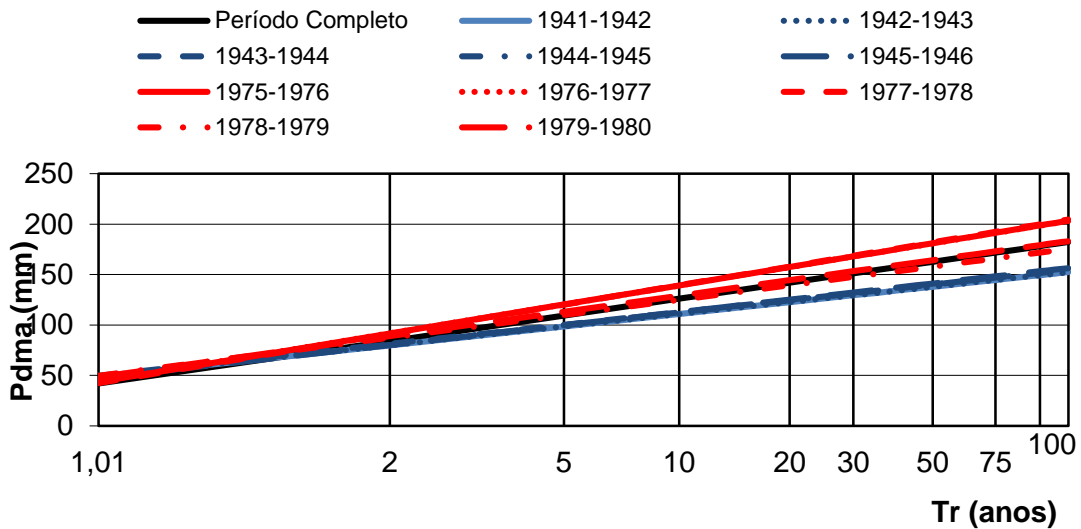


Figura F.10 - Distribuição Gumbel de Caeté

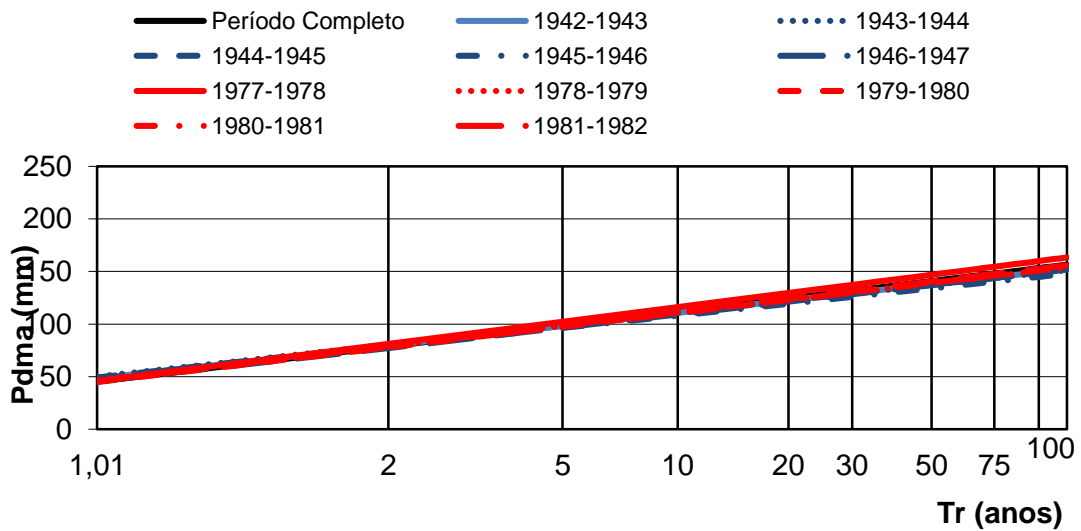


Figura F.11 - Distribuição Gumbel de Taquaraçu

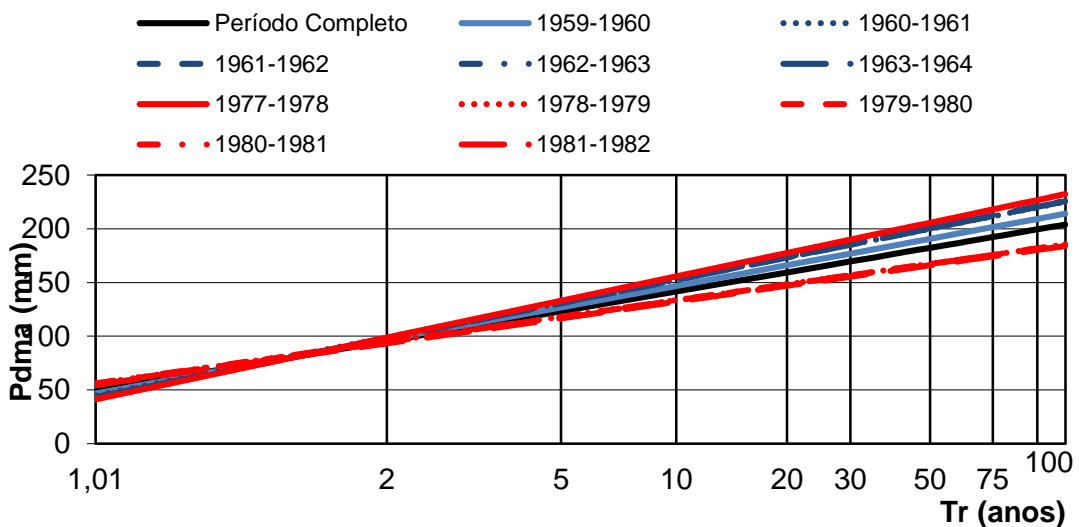


Figura F.12 - Distribuição Gumbel de Morro do Pilar

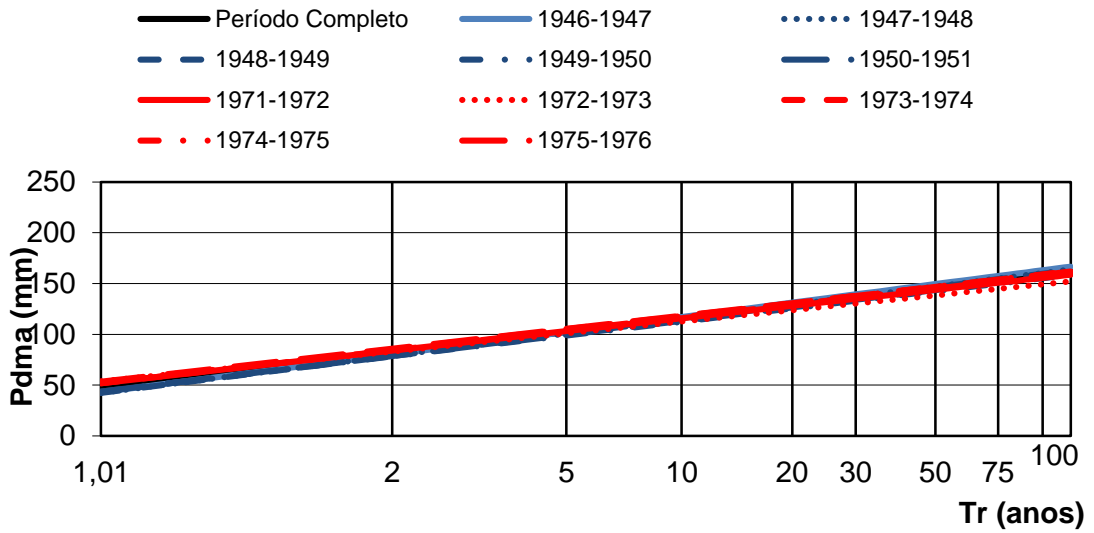


Figura F.13 - Distribuição Gumbel da Usina Petti

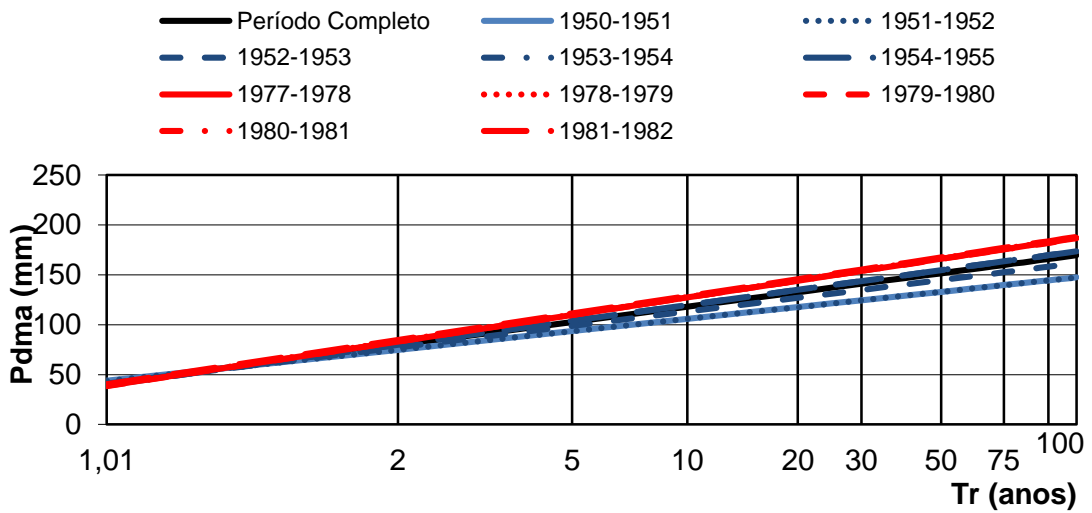


Figura F.14 - Distribuição Gumbel da Faz. Esc. Florestal

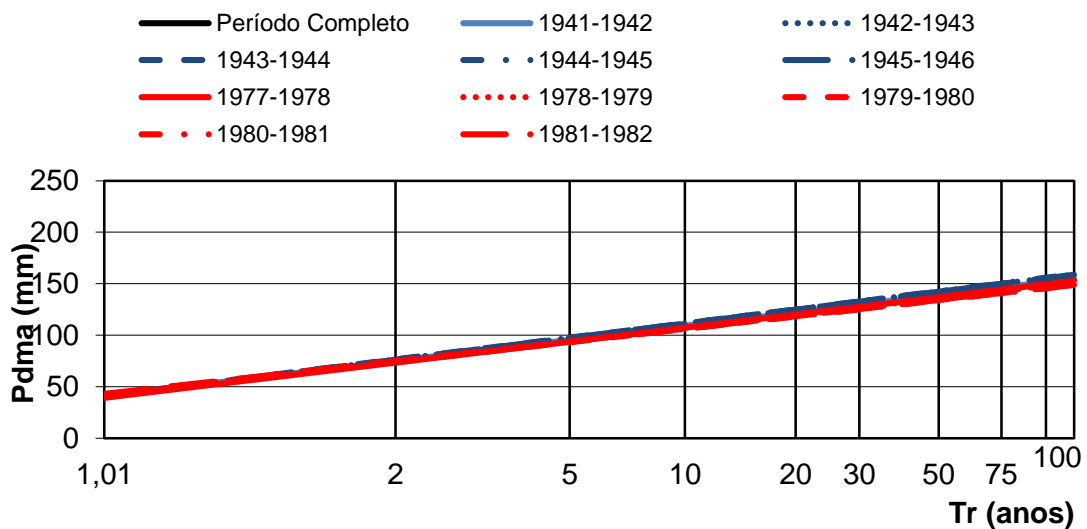


Figura F.15 - Distribuição Gumbel de Pedro Leopoldo

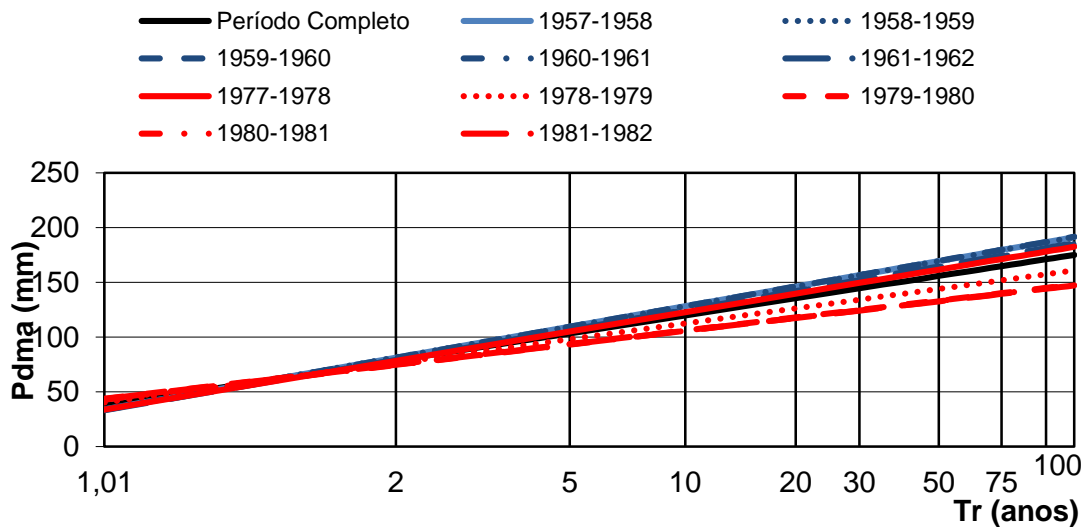


Figura F.16 - Distribuição Gumbel do Horto Florestal

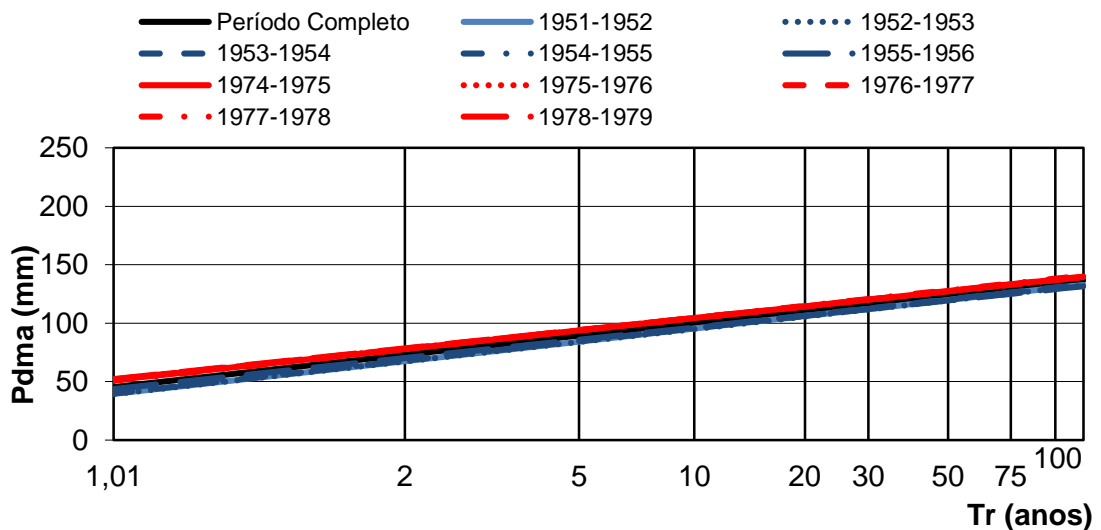


Figura F.17 - Distribuição Gumbel de Jaguaruna

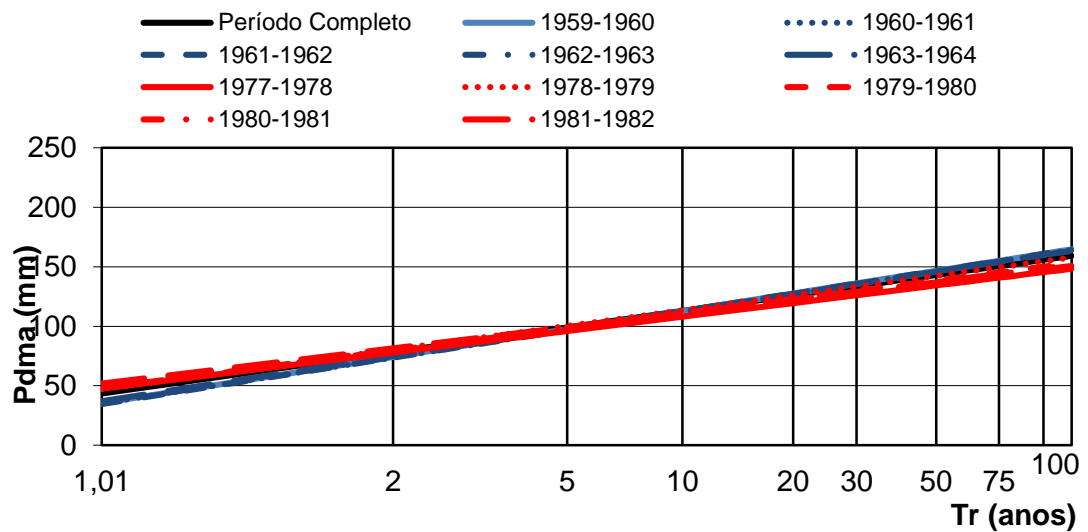


Figura F.18 - Distribuição Gumbel de Velho do Taipa

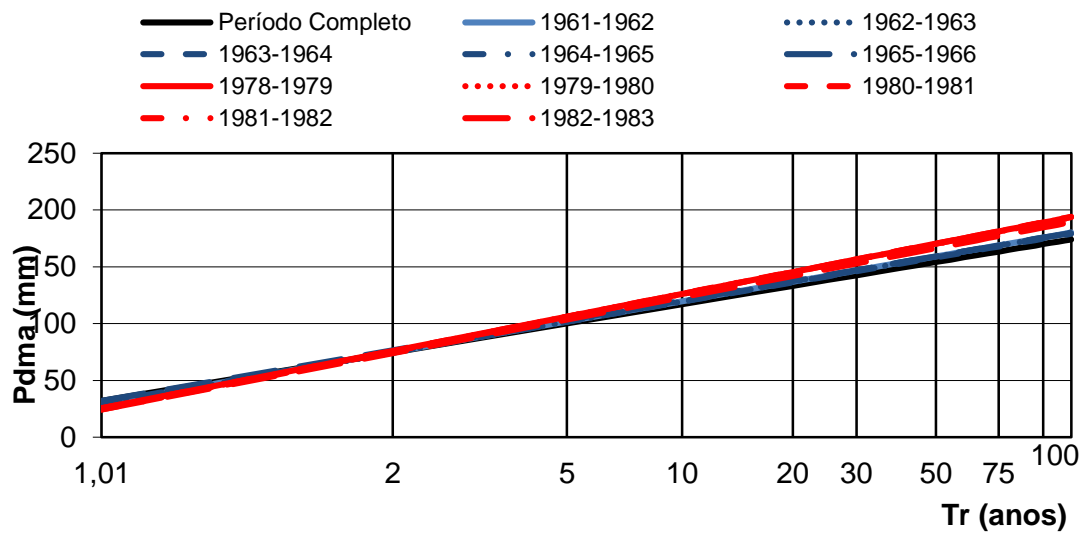


Figura F.19 - Distribuição Gumbel Faz. Vargem Bonita

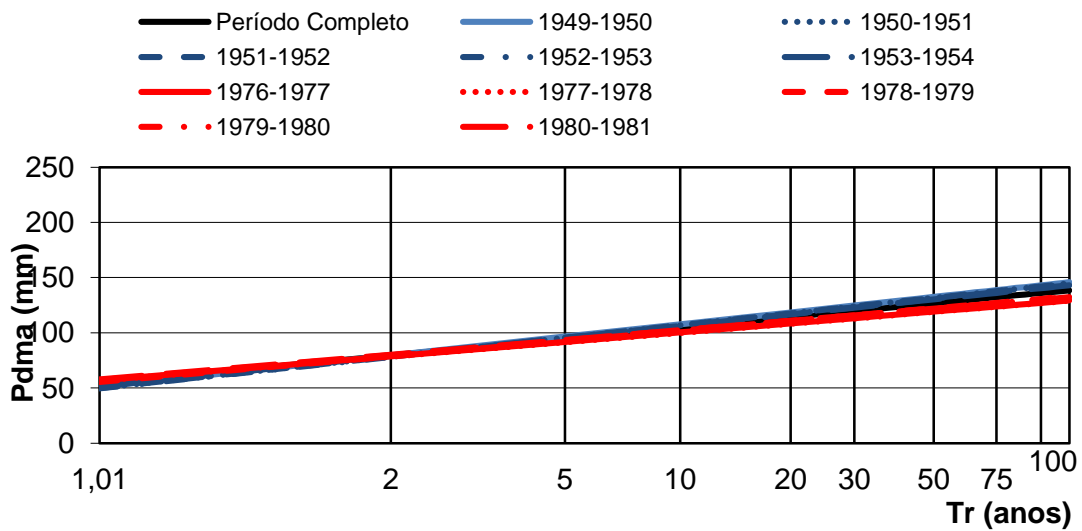


Figura F.20 - Distribuição Gumbel de Tapiraí

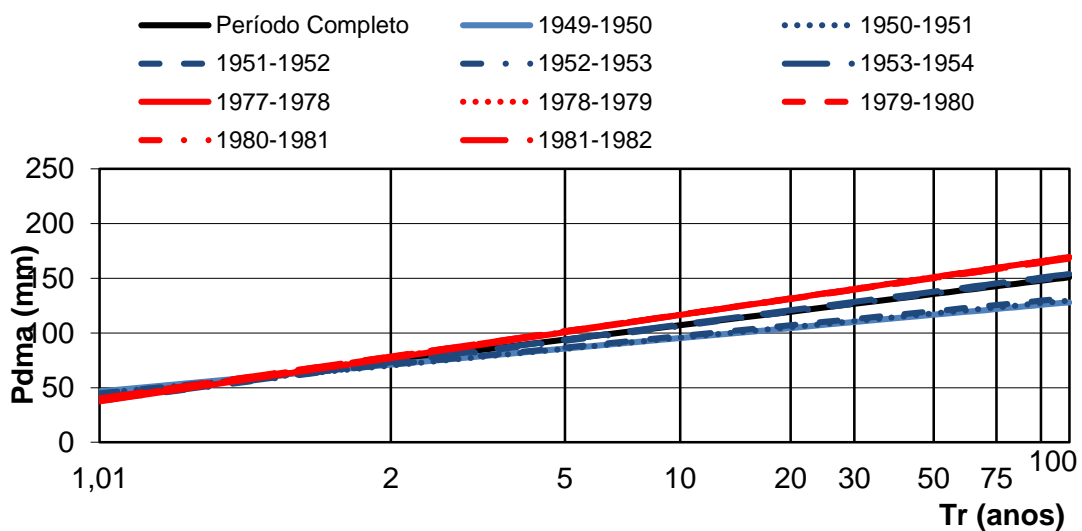


Figura F.21 - Distribuição Gumbel de Carmo do Paranaíba

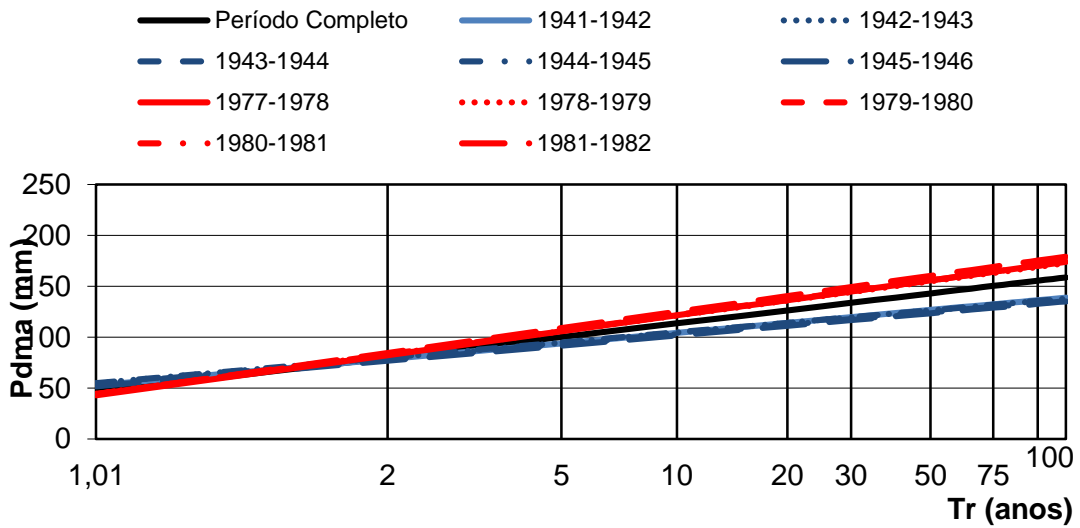


Figura F.22 - Distribuição Gumbel de Raul Soares

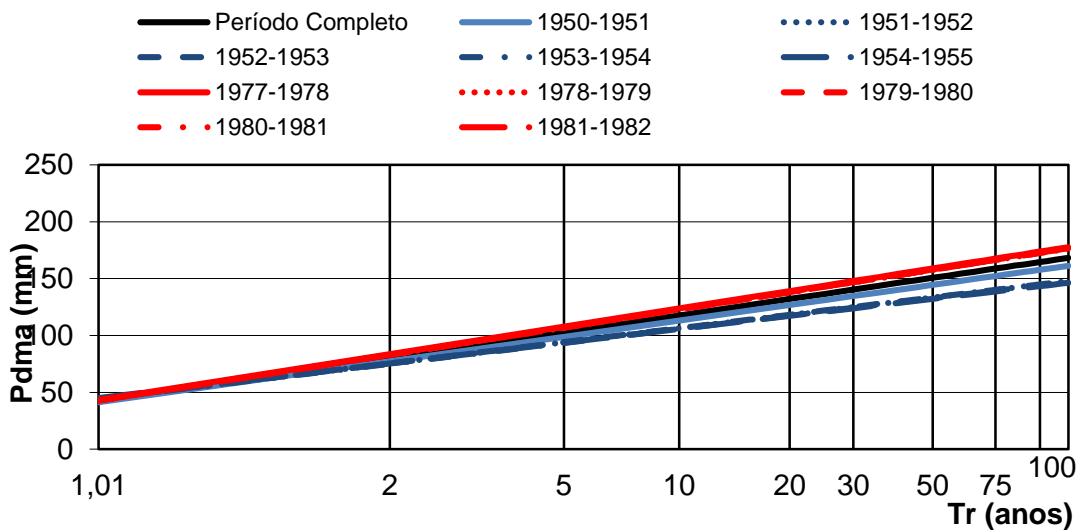


Figura F.23 - Distribuição Gumbel de Lagoa Grande

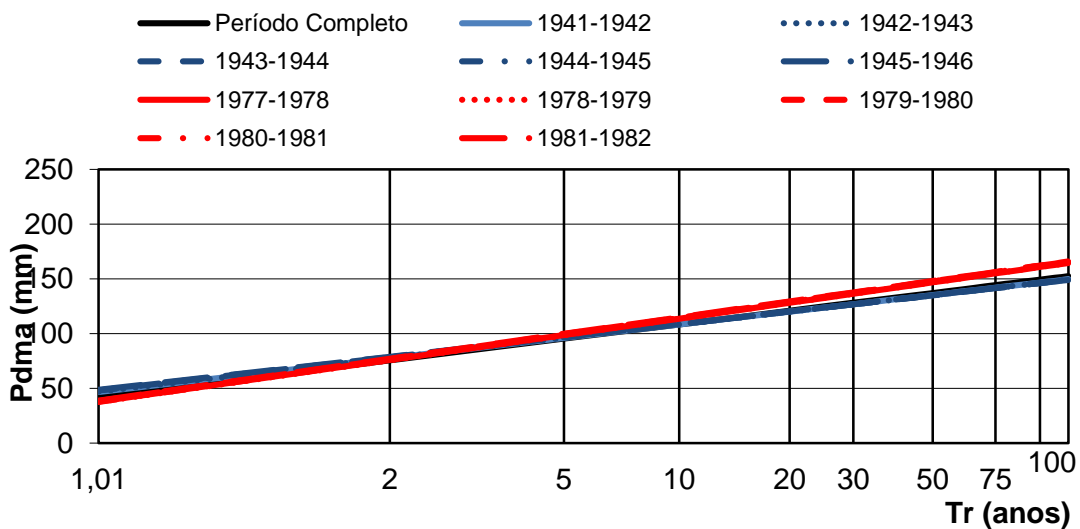


Figura F.24 - Distribuição Gumbel de Acaiaca

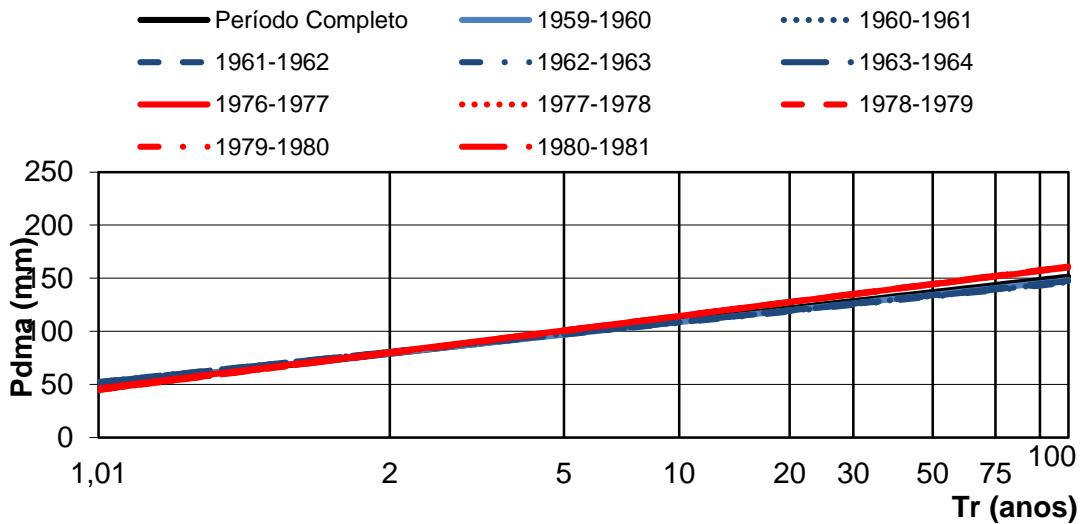


Figura F.25 - Distribuição Gumbel de Usina da Brecha

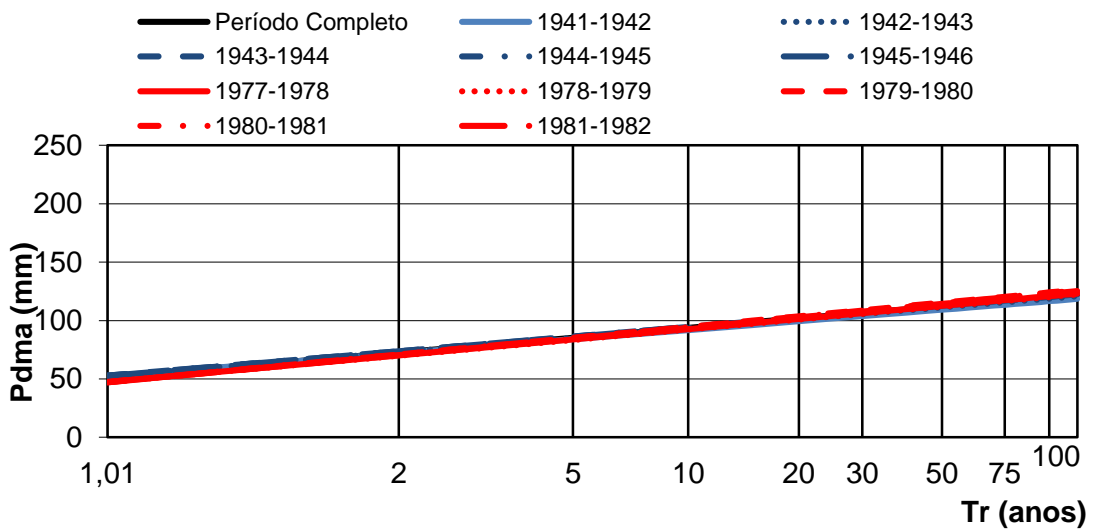


Figura F.26 - Distribuição Gumbel de Melo Franco

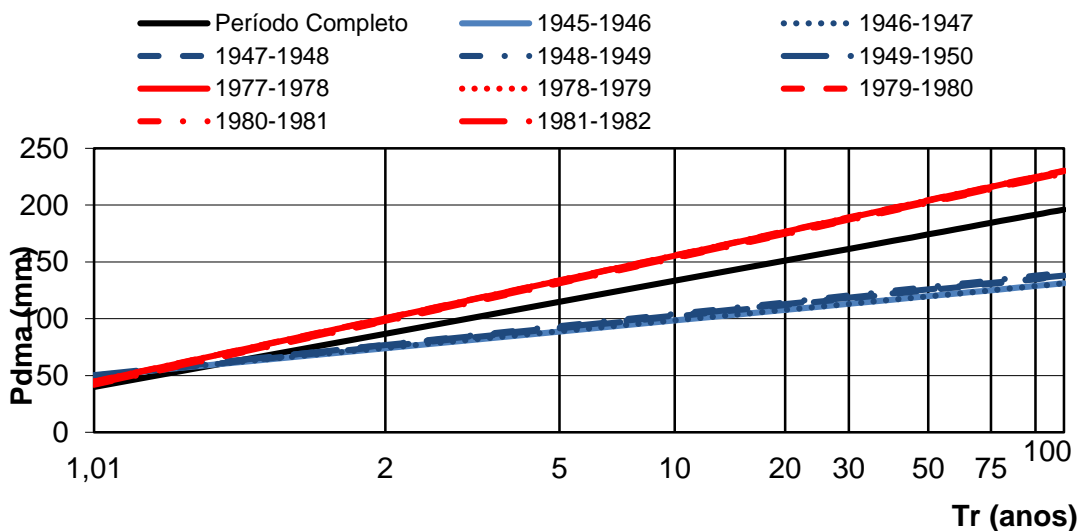


Figura F.27 - Distribuição Gumbel de Ibirité

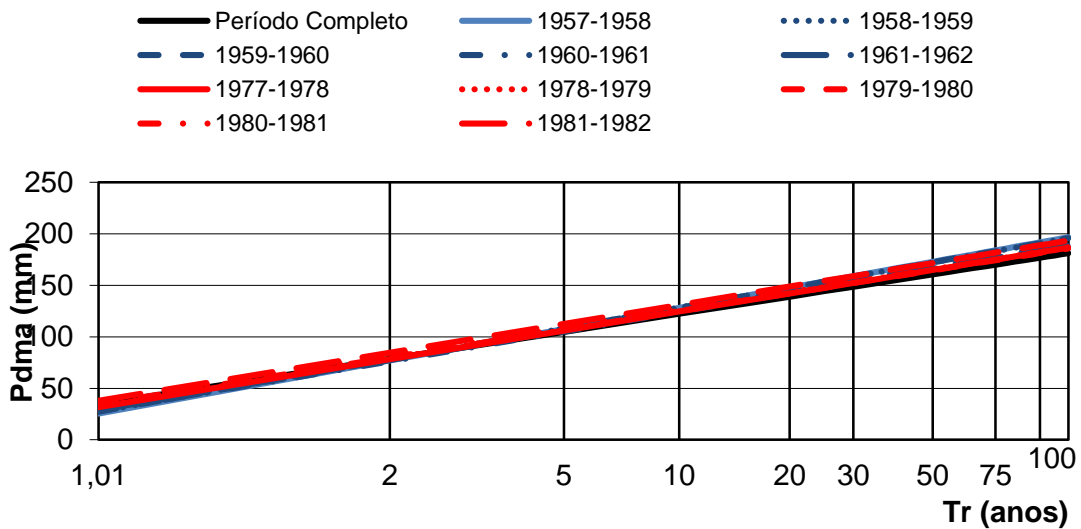


Figura F.28 - Distribuição Gumbel de Bambuí

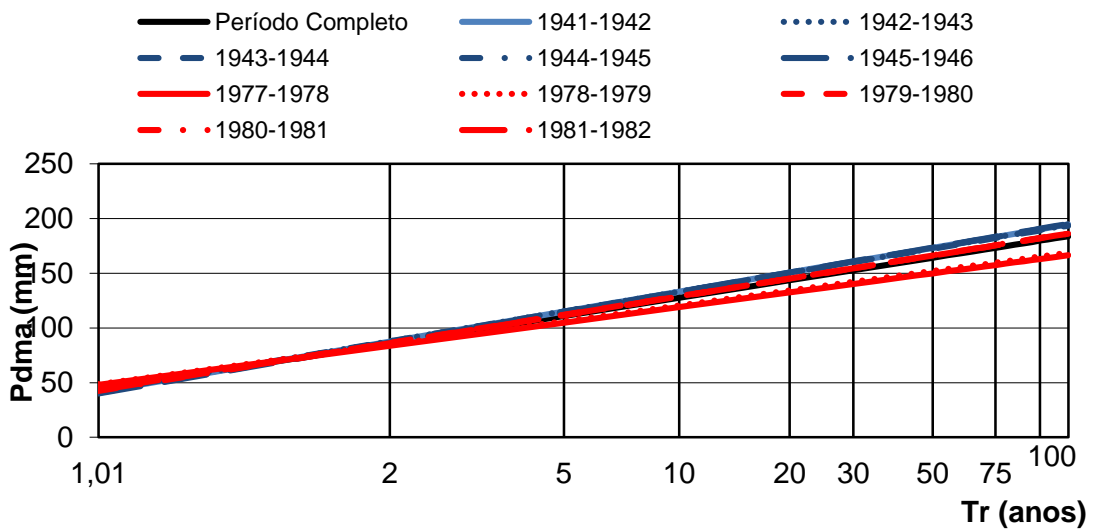


Figura F.29 - Distribuição Gumbel de Lamounier

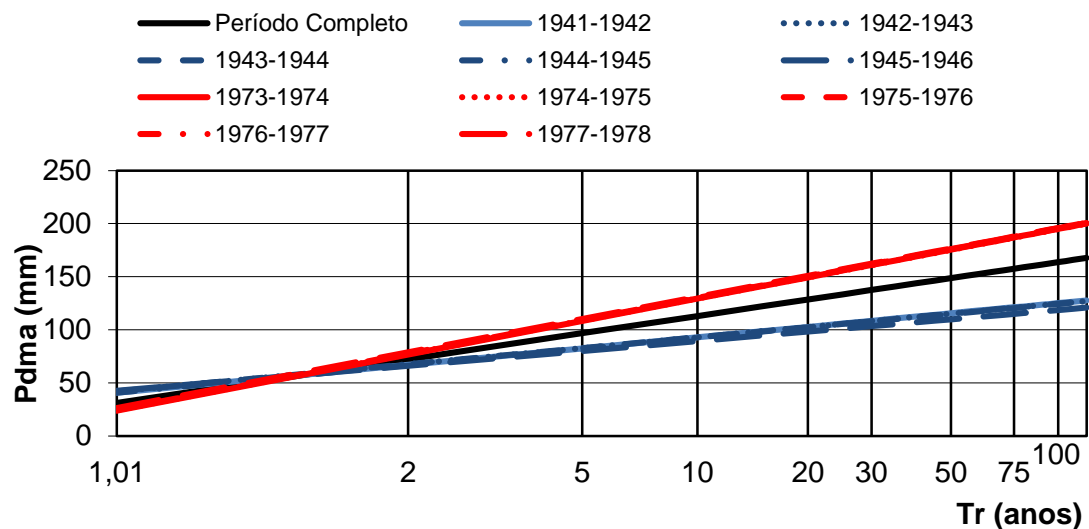


Figura F.30 - Distribuição Gumbel da Fazenda Ajuda

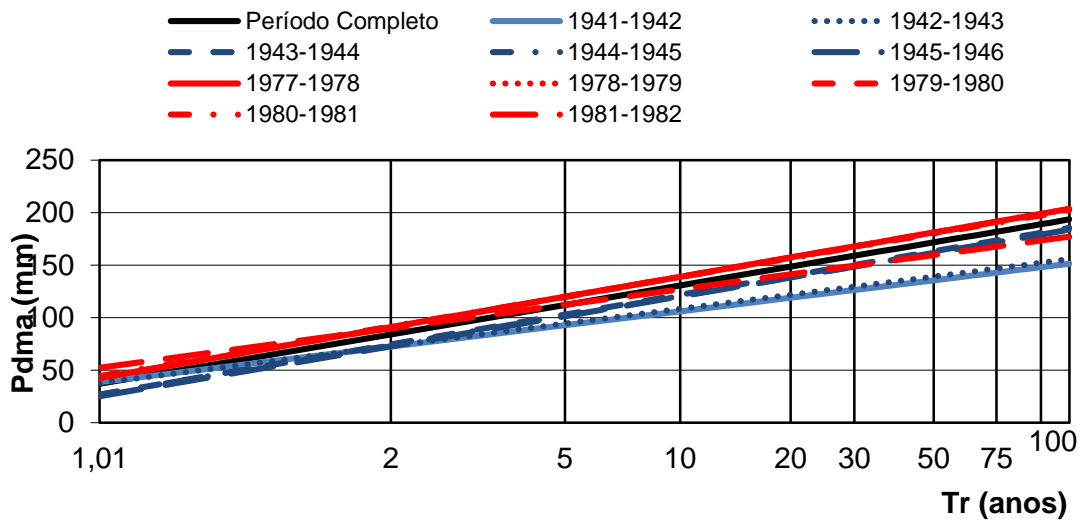


Figura F.31 - Distribuição Gumbel Desterro de Melo

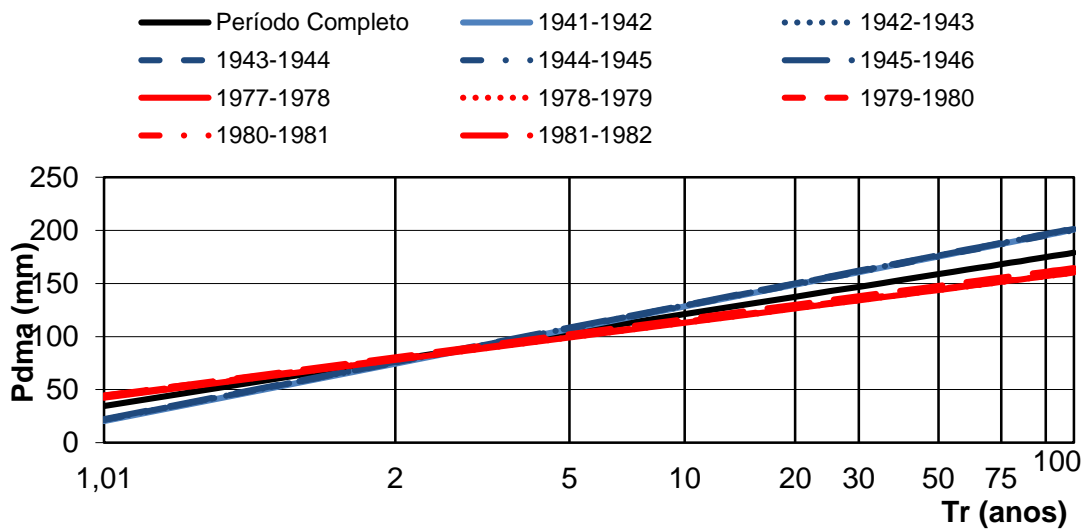


Figura F.32 - Distribuição Gumbel de Conceição do Rio Verde

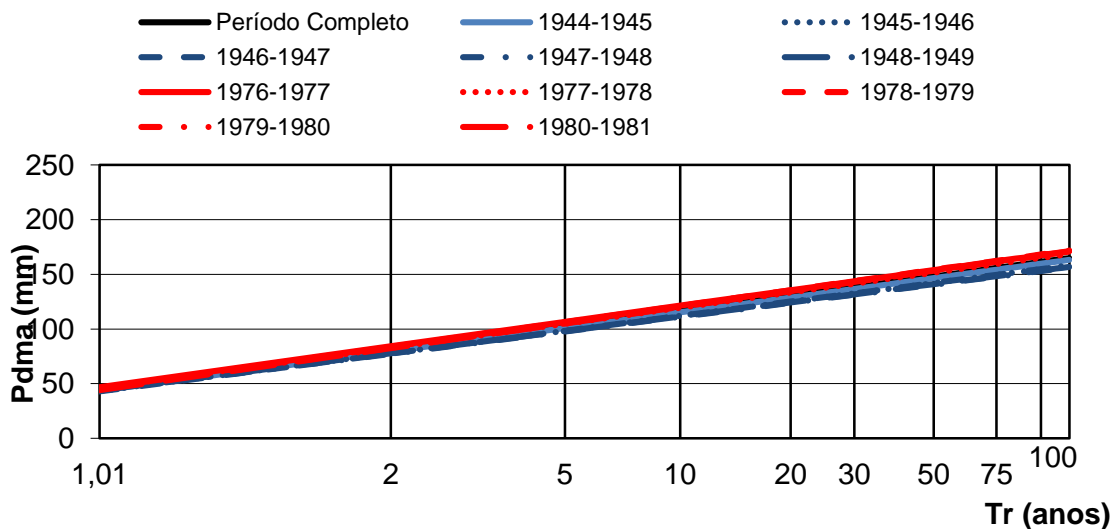


Figura F.33 - Distribuição Gumbel de Alagoa

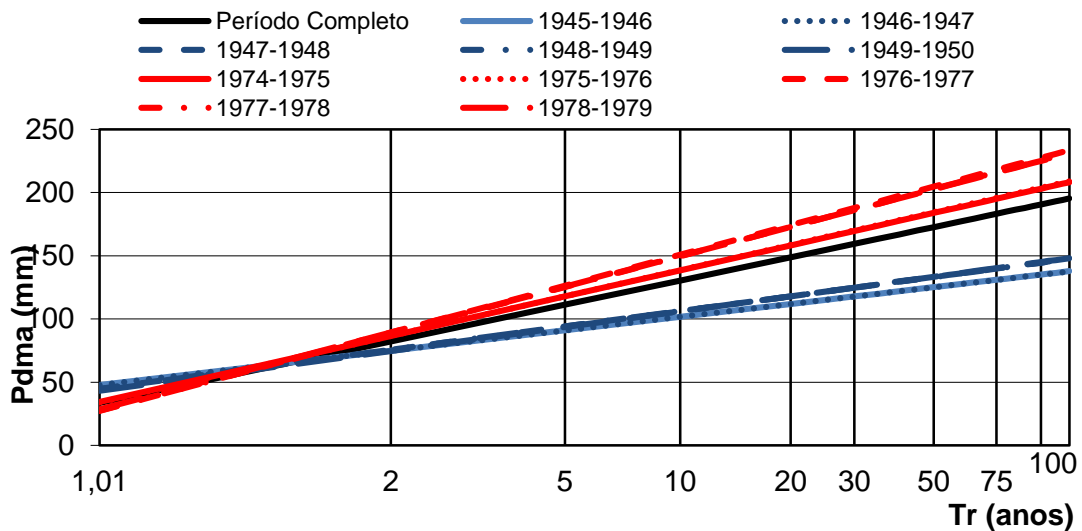


Figura F.34 - Distribuição Gumbel de Cristina

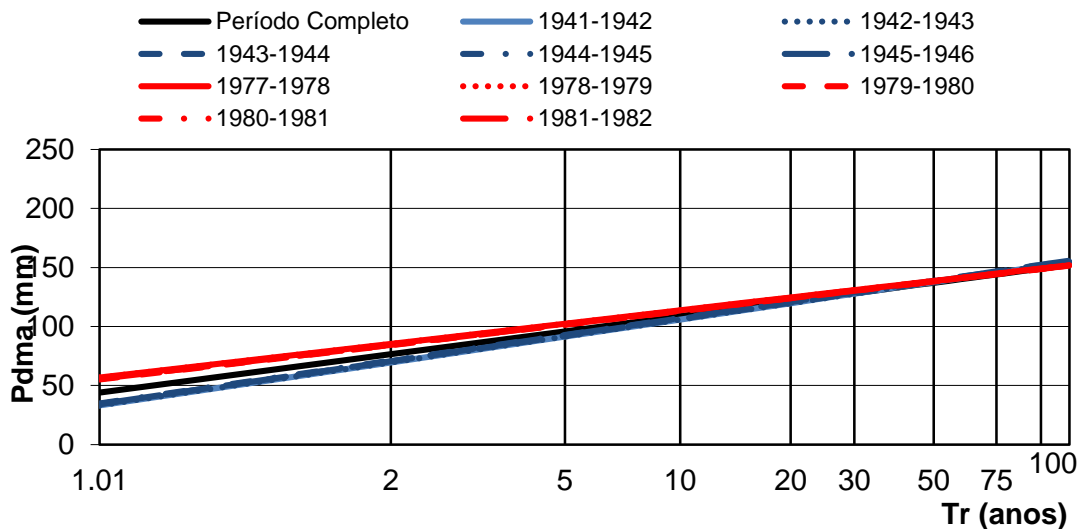


Figura F.35 - Distribuição Gumbel de Ponte Nova do Paraopeba

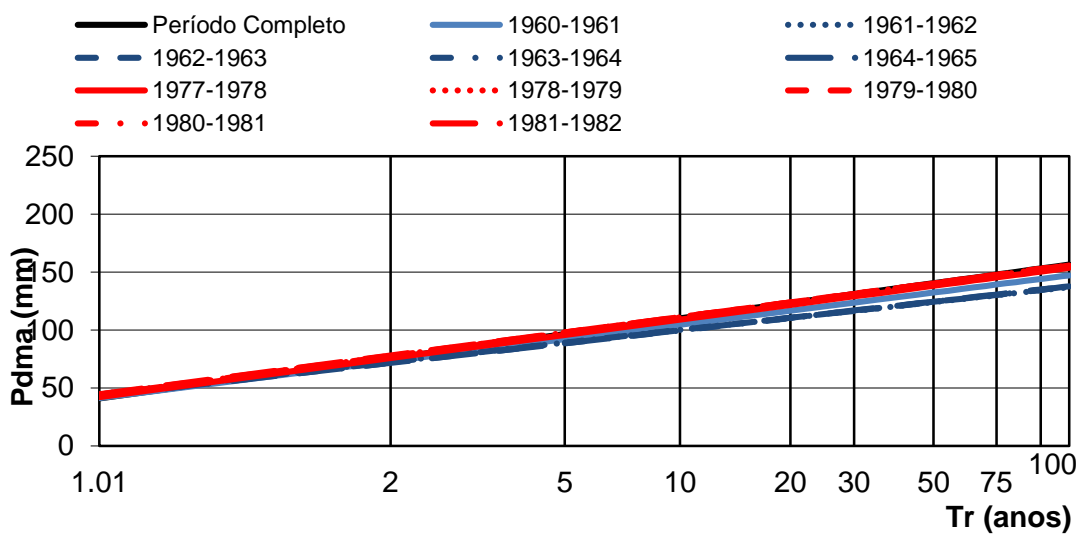


Figura F.36 - Distribuição Gumbel de Divinópolis

APENDICE G
ÍNDICES DA OSCILAÇÃO SUL
ÍNDICES DA OSCILAÇÃO DECADAL DO PACÍFICO
GRÁFICOS BOXPLOT – PERÍODO COMPLETO, OS E ODP

Tabela G.1 - Índices de Oscilação Decadal do Pacífico⁹

(Continua)

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1950	-1.4	-1.3	-1.2	-1.2	-1.1	-0.9	-0.6	-0.5	-0.4	-0.5	-0.6	-0.7
1951	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0.0	0.4	0.6	1.0	1.1	1.2	1.1	0.9
1952	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.1	-0.1	0.0	0.2	0.2	0.2	0.3
1953	0.5	0.6	0.6	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.8
1954	0.7	0.5	0.1	-0.4	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7
1955	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8	-0.7	-1.1	-1.4	-1.7	-1.6
1956	-1.1	-0.8	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
1957	-0.3	0.1	0.4	0.7	0.9	1.0	1.1	1.2	1.2	1.3	1.5	1.8
1958	1.8	1.6	1.2	0.9	0.7	0.6	0.5	0.3	0.3	0.4	0.5	0.6
1959	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	-0.1	-0.2	-0.3	-0.1	0.0	0.1	0.0
1960	-0.1	-0.2	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1
1961	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.4	0.2	-0.1	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
1962	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.2	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.4	-0.5
1963	-0.4	-0.2	0.1	0.3	0.3	0.5	0.8	1.1	1.2	1.3	1.4	1.3
1964	1.1	0.6	0.1	-0.4	-0.6	-0.6	-0.6	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	-0.8
1965	-0.6	-0.3	0.0	0.2	0.5	0.8	1.2	1.5	1.7	1.9	1.9	1.7
1966	1.4	1.1	0.9	0.6	0.4	0.3	0.3	0.1	0.0	-0.1	-0.1	-0.2
1967	-0.3	-0.4	-0.5	-0.4	-0.2	0.1	0.1	-0.1	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4
1968	-0.6	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.1	0.4	0.5	0.5	0.6	0.8	1.0
1969	1.1	1.1	1.0	0.9	0.8	0.6	0.5	0.5	0.8	0.9	0.9	0.8
1970	0.6	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.2	-0.5	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-1.0
1971	-1.2	-1.3	-1.1	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.7	-0.8	-0.9	-0.8
1972	-0.6	-0.3	0.1	0.4	0.6	0.8	1.1	1.4	1.6	1.9	2.1	2.1
1973	1.8	1.2	0.6	-0.1	-0.5	-0.8	-1.0	-1.2	-1.3	-1.6	-1.9	-2.0
1974	-1.9	-1.6	-1.2	-1.0	-0.8	-0.7	-0.5	-0.4	-0.4	-0.6	-0.8	-0.7
1975	-0.5	-0.5	-0.6	-0.7	-0.8	-1.0	-1.1	-1.2	-1.4	-1.5	-1.6	-1.7
1976	-1.5	-1.1	-0.7	-0.5	-0.3	-0.1	0.2	0.4	0.6	0.7	0.8	0.8
1977	0.6	0.6	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	0.8	0.8
1978	0.7	0.5	0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.1	-0.1
1979	-0.1	0.1	0.2	0.3	0.2	0.0	0.0	0.2	0.3	0.5	0.5	0.6
1980	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.1	-0.1	0.0	0.0	-0.1
1981	-0.4	-0.6	-0.5	-0.4	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.1
1982	-0.1	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	1.0	1.5	1.9	2.1	2.2
1983	2.2	1.9	1.5	1.2	0.9	0.6	0.2	-0.2	-0.5	-0.8	-0.9	-0.8
1984	-0.5	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5	-0.5	-0.3	-0.2	-0.3	-0.6	-0.9	-1.1
1985	-1.0	-0.9	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.4
1986	-0.5	-0.4	-0.2	-0.2	-0.1	0.0	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.2
1987	1.2	1.3	1.2	1.1	1.0	1.2	1.4	1.6	1.6	1.5	1.3	1.1
1988	0.8	0.5	0.1	-0.2	-0.8	-1.2	-1.3	-1.2	-1.3	-1.6	-1.9	-1.9
1989	-1.7	-1.5	-1.1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.2	-0.1
1990	0.1	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4

⁹ Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>
Acesso em: 07 nov. 2013.

Tabela G.1 - Índices de Oscilação Decadal do Pacífico¹⁰

(Conclusão)

Year	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1991	0.3	0.2	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7	0.8	1.2	1.4
1992	1.6	1.5	1.4	1.2	1.0	0.7	0.3	0.0	-0.2	-0.3	-0.2	0.0
1993	0.2	0.3	0.5	0.6	0.6	0.5	0.3	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
1994	0.1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.7	1.0	1.2
1995	1.0	0.8	0.6	0.3	0.2	0.0	-0.2	-0.4	-0.7	-0.8	-0.9	-0.9
1996	-0.9	-0.8	-0.6	-0.4	-0.3	-0.2	-0.2	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.5
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.2	0.7	1.2	1.5	1.8	2.1	2.3	2.4	2.3
1998	2.2	1.8	1.4	0.9	0.4	-0.2	-0.7	-1.0	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5
1999	-1.5	-1.3	-1.0	-0.9	-0.9	-1.0	-1.0	-1.1	-1.1	-1.3	-1.5	-1.7
2000	-1.7	-1.5	-1.2	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.5	-0.6	-0.6	-0.8	-0.8
2001	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4	-0.2	-0.1	0.0	0.0	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3
2002	-0.2	0.0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.8	0.8	0.9	1.2	1.3	1.3
2003	1.1	0.8	0.4	0.0	-0.2	-0.1	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3
2004	0.3	0.2	0.1	0.1	0.2	0.3	0.5	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7
2005	0.6	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.1	0.0	-0.2	-0.5	-0.8
2006	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	0.0	0.1	0.2	0.3	0.5	0.8	1.0	1.0
2007	0.7	0.3	-0.1	-0.2	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	-0.8	-1.1	-1.2	-1.4
2008	-1.5	-1.5	-1.2	-0.9	-0.7	-0.5	-0.3	-0.2	-0.1	-0.2	-0.5	-0.7
2009	-0.8	-0.7	-0.5	-0.2	0.2	0.4	0.5	0.6	0.8	1.1	1.4	1.6
2010	1.6	1.3	1.0	0.6	0.1	-0.4	-0.9	-1.2	-1.4	-1.5	-1.5	-1.5
2011	-1.4	-1.2	-0.9	-0.6	-0.3	-0.2	-0.2	-0.4	-0.6	-0.8	-1.0	-1.0
2012	-0.9	-0.6	-0.5	-0.3	-0.2	0.0	0.1	0.4	0.5	0.6	0.2	-0.3
2013	-0.6	-0.6	-0.4	-0.2	-0.2	-0.3	-0.4					

¹⁰ Disponível em: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>
Acesso em: 07 nov. 2013.

Tabela G.2 - Índices de Oscilação Decadal do Pacífico mensal¹¹

(Continua)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1900	0.04	1.32	0.49	0.35	0.77	0.65	0.95	0.14	-0.24	0.23	-0.44	1.19
1901	0.79	-0.12	0.35	0.61	-0.42	-0.05	-0.60	-1.20	-0.33	0.16	-0.60	-0.14
1902	0.82	1.58	0.48	1.37	1.09	0.52	1.58	1.57	0.44	0.70	0.16	-1.10
1903	0.86	-0.24	-0.22	-0.50	0.43	0.23	0.40	1.01	-0.24	0.18	0.08	-0.03
1904	0.63	-0.91	-0.71	-0.07	-0.22	-1.53	-1.58	-0.64	0.06	0.43	1.45	0.06
1905	0.73	0.91	1.31	1.59	-0.07	0.69	0.85	1.26	0.03	-0.15	1.11	-0.50
1906	0.92	1.18	0.83	0.74	0.44	1.24	0.09	-0.53	-0.31	0.08	1.69	-0.54
1907	-0.30	-0.32	-0.19	-0.16	0.16	0.57	0.63	-0.96	-0.23	0.84	0.66	0.72
1908	1.36	1.02	0.67	0.23	0.23	0.41	0.60	-1.04	-0.16	-0.41	0.47	1.16
1909	0.23	1.01	0.54	0.24	-0.39	-0.64	-0.39	-0.68	-0.89	-0.02	-0.40	-0.01
1910	-0.25	-0.70	0.18	-0.37	-0.06	-0.28	0.03	-0.06	0.40	-0.66	0.02	0.84
1911	-1.11	0.00	-0.78	-0.73	0.17	0.02	0.48	0.43	0.29	0.20	-0.86	0.01
1912	-1.72	-0.23	-0.04	-0.38	-0.02	0.77	1.07	-0.84	0.94	0.56	0.74	0.98
1913	-0.03	0.34	0.06	-0.92	0.66	1.43	1.06	1.29	0.73	0.62	0.75	0.90
1914	0.34	-0.29	0.08	1.20	0.11	0.11	-0.21	0.11	-0.34	-0.11	0.03	0.89
1915	-0.41	0.14	-1.22	1.40	0.32	0.99	1.07	0.27	-0.05	-0.43	-0.12	0.17
1916	-0.64	-0.19	-0.11	0.35	0.42	-0.82	-0.78	-0.73	-0.77	-0.22	-0.68	-1.94
1917	-0.79	-0.84	-0.71	-0.34	0.82	-0.03	0.10	-0.22	-0.40	-1.75	-0.34	-0.60
1918	-1.13	-0.66	-1.15	-0.32	-0.33	0.07	0.98	-0.31	-0.59	0.61	0.34	0.86
1919	-1.07	1.31	-0.50	0.08	0.17	-0.71	-0.47	0.38	0.06	-0.42	-0.80	0.76
1920	-1.18	0.06	-0.78	-1.29	-0.97	-1.30	-0.90	-2.21	-1.28	-1.06	-0.26	0.29
1921	-0.66	-0.61	-0.01	-0.93	-0.42	0.40	-0.58	-0.69	-0.78	-0.23	1.92	1.42
1922	1.05	-0.85	0.08	0.43	-0.19	-1.04	-0.82	-0.93	-0.81	0.84	-0.60	0.48
1923	0.75	-0.04	0.49	0.99	-0.20	0.68	1.16	0.84	-0.24	1.10	0.62	-0.36
1924	1.29	0.73	1.13	-0.02	0.36	0.75	-0.55	-0.67	-0.48	-1.25	0.24	0.11
1925	-0.05	-0.14	0.20	0.86	0.79	-1.08	-0.06	-0.86	0.52	0.04	0.88	1.19
1926	0.30	0.98	-0.50	2.10	1.43	2.03	1.05	1.64	1.18	1.65	1.00	1.06
1927	1.07	1.73	0.15	-0.18	0.30	0.69	-0.31	-0.73	-0.41	-0.62	-0.07	0.07
1928	0.96	0.79	0.52	0.81	0.66	0.15	0.30	-0.72	-1.41	-1.31	0.14	0.98
1929	0.97	0.52	0.50	0.55	1.07	0.50	-0.06	-0.69	0.45	-0.21	1.24	-0.03
1930	0.97	-1.06	-0.43	-0.70	0.06	0.58	-0.45	-0.53	-0.20	-0.38	-0.31	1.20
1931	0.08	1.56	1.13	1.28	1.66	0.39	1.49	0.02	-0.01	-0.17	0.34	1.09
1932	-0.26	-0.58	0.51	1.15	0.64	0.10	-0.12	-0.14	-0.40	-0.29	-0.88	0.02
1933	0.29	0.02	0.15	-0.05	-0.50	-0.68	-1.81	-1.56	-2.28	-1.19	0.55	-1.10
1934	0.17	0.68	1.34	1.63	1.23	0.51	0.44	1.54	1.25	2.10	1.63	1.67
1935	1.01	0.79	-0.11	1.10	0.99	1.39	0.68	0.63	0.98	0.21	0.13	1.78
1936	1.79	1.75	1.36	1.32	1.83	2.37	2.57	1.71	0.04	2.10	2.65	1.28
1937	0.00	-0.49	0.38	0.20	0.53	1.75	0.11	-0.35	0.63	0.76	-0.18	0.55
1938	0.50	0.02	0.24	0.27	-0.25	-0.20	-0.21	-0.45	-0.01	0.07	0.48	1.40
1939	1.36	0.07	-0.39	0.45	0.98	1.04	-0.21	-0.74	-1.10	-1.31	-0.88	1.51
1940	2.03	1.74	1.89	2.37	2.32	2.43	2.12	1.40	1.10	1.19	0.68	1.96
1941	2.14	2.07	2.41	1.89	2.25	3.01	2.33	3.31	1.99	1.22	0.40	0.91
1942	1.01	0.79	0.29	0.79	0.84	1.19	0.12	0.44	0.68	0.54	-0.10	-1.00
1943	-0.18	0.02	0.26	1.08	0.43	0.68	-0.36	-0.90	-0.49	-0.04	0.29	0.58
1944	0.18	0.17	0.08	0.72	-0.35	-0.98	-0.40	-0.51	-0.56	-0.40	0.33	0.20
1945	-1.02	0.72	-0.42	-0.40	-0.07	0.56	1.02	0.18	-0.27	0.10	-1.94	-0.74
1946	-0.91	-0.32	-0.41	-0.78	0.50	-0.86	-0.84	-0.36	-0.22	-0.36	-1.48	-0.96
1947	-0.73	-0.29	1.17	0.70	0.37	1.36	0.16	0.30	0.58	0.85	-0.14	1.67
1948	-0.11	-0.74	-0.03	-1.33	-0.23	0.08	-0.92	-1.56	-1.74	-1.32	-0.89	-1.70
1949	-2.01	-3.60	-1.00	-0.53	-1.07	-0.70	-0.56	-1.30	-0.93	-1.41	-0.83	-0.80
1950	-2.13	-2.91	-1.13	-1.20	-2.23	-1.77	-2.93	-0.70	-2.14	-1.36	-2.46	-0.76
1951	-1.54	-1.06	-1.90	-0.36	-0.25	-1.09	0.70	-1.37	-0.08	-0.32	-0.28	-1.68
1952	-2.01	-0.46	-0.63	-1.05	-1.00	-1.43	-1.25	-0.60	-0.89	-0.35	-0.76	0.04
1953	-0.57	-0.07	-1.12	0.05	0.43	0.29	0.74	0.05	-0.63	-1.09	-0.03	0.07
1954	-1.32	-1.61	-0.52	-1.33	0.01	0.97	0.43	0.08	-0.94	0.52	0.72	-0.50
1955	0.20	-1.52	-1.26	-1.97	-1.21	-2.44	-2.35	-2.25	-1.95	-2.80	-3.08	-2.75
1956	-2.48	-2.74	-2.56	-2.17	-1.41	-1.70	-1.03	-1.16	-0.71	-2.30	-2.11	-1.28
1957	-1.82	-0.68	0.03	-0.58	0.57	1.76	0.72	0.51	1.59	1.50	-0.32	-0.55
1958	0.25	0.62	0.25	1.06	1.28	1.33	0.89	1.06	0.29	0.01	-0.18	0.86
1959	0.69	-0.43	-0.95	-0.02	0.23	0.44	-0.50	-0.62	-0.85	0.52	1.11	0.06
1960	0.30	0.52	-0.21	0.09	0.91	0.64	-0.27	-0.38	-0.94	0.09	-0.23	0.17

¹¹ Disponível em: < http://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos_wgsp/Timeseries/Data/pdo.dat>. Acesso em: 07 nov. 2013.

Tabela G.2 - Índices de Oscilação Decadal do Pacífico mensal¹²

(Conclusão)

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1961	1.8	0.43	0.09	0.34	-0.06	-0.61	-1.22	-1.13	-2.01	-2.28	-1.85	-2.69
1962	-1.29	-1.15	-1.42	-0.80	-1.22	-1.62	-1.46	-0.48	-1.58	-1.55	-0.37	-0.96
1963	-0.33	-0.16	-0.54	-0.41	-0.65	-0.88	-1.00	-1.03	0.45	-0.52	-2.08	-1.08
1964	0.01	-0.21	-0.87	-1.03	-1.91	-0.32	-0.51	-1.03	-0.68	-0.37	-0.80	-1.52
1965	-1.24	-1.16	0.04	0.62	-0.66	-0.80	-0.47	0.20	0.59	-0.36	-0.59	0.06
1966	-0.82	-0.03	-1.29	0.06	-0.53	0.16	0.26	-0.35	-0.33	-1.17	-1.15	-0.32
1967	-0.20	-0.18	-1.20	-0.89	-1.24	-1.16	-0.89	-1.24	-0.72	-0.64	-0.05	-0.40
1968	-0.95	-0.40	-0.31	-1.03	-0.53	-0.35	0.53	0.19	0.06	-0.34	-0.44	-1.27
1969	-1.26	-0.95	-0.50	-0.44	-0.20	0.89	0.10	-0.81	-0.66	1.12	0.15	1.38
1970	0.61	0.43	1.33	0.43	-0.49	0.06	-0.68	-1.63	-1.67	-1.39	-0.80	-0.97
1971	-1.90	-1.74	-1.68	-1.59	-1.55	-1.55	-2.20	-0.15	0.21	-0.22	-1.25	-1.87
1972	-1.99	-1.83	-2.09	-1.65	-1.57	-1.87	-0.83	0.25	0.17	0.11	0.57	-0.33
1973	-0.46	-0.61	-0.50	-0.69	-0.76	-0.97	-0.57	-1.14	-0.51	-0.87	-1.81	-0.76
1974	-1.22	-1.65	-0.90	-0.52	-0.28	-0.31	-0.08	0.27	0.44	-0.10	0.43	-0.12
1975	-0.84	-0.71	-0.51	-1.30	-1.02	-1.16	-0.40	-1.07	-1.23	-1.29	-2.08	-1.61
1976	-1.14	-1.85	-0.96	-0.89	-0.68	-0.67	0.61	1.28	0.82	1.11	1.25	1.22
1977	1.65	1.11	0.72	0.30	0.31	0.42	0.19	0.64	-0.55	-0.61	-0.72	-0.69
1978	0.34	1.45	1.34	1.29	0.90	0.15	-1.24	-0.56	-0.44	0.10	-0.07	-0.43
1979	-0.58	-1.33	0.30	0.89	1.09	0.17	0.84	0.52	1.00	1.06	0.48	-0.42
1980	-0.11	1.32	1.09	1.49	1.20	-0.22	0.23	0.51	0.10	1.35	0.37	-0.10
1981	0.59	1.46	0.99	1.45	1.75	1.69	0.84	0.18	0.42	0.18	0.80	0.67
1982	0.34	0.20	0.19	-0.19	-0.58	-0.78	0.58	0.39	0.84	0.37	-0.25	0.26
1983	0.56	1.14	2.11	1.87	1.80	2.36	3.51	1.85	0.91	0.96	1.02	1.69
1984	1.50	1.21	1.77	1.52	1.30	0.18	-0.18	-0.03	0.67	0.58	0.71	0.82
1985	1.27	0.94	0.57	0.19	0.00	0.18	1.07	0.81	0.44	0.29	-0.75	0.38
1986	1.12	1.61	2.18	1.55	1.16	0.89	1.38	0.22	0.22	1.00	1.77	1.77
1987	1.88	1.75	2.10	2.16	1.85	0.73	2.01	2.83	2.44	1.36	1.47	1.27
1988	0.93	1.24	1.42	0.94	1.20	0.74	0.64	0.19	-0.37	-0.10	-0.02	-0.43
1989	-0.95	-1.02	-0.83	-0.32	0.47	0.36	0.83	0.09	0.05	-0.12	-0.50	-0.21
1990	-0.30	-0.65	-0.62	0.27	0.44	0.44	0.27	0.11	0.38	-0.69	-1.69	-2.23
1991	-2.02	-1.19	-0.74	-1.01	-0.51	-1.47	-0.10	0.36	0.65	0.49	0.42	0.09
1992	0.05	0.31	0.67	0.75	1.54	1.26	1.90	1.44	0.83	0.93	0.93	0.53
1993	0.05	0.19	0.76	1.21	2.13	2.34	2.35	2.69	1.56	1.41	1.24	1.07
1994	1.21	0.59	0.80	1.05	1.23	0.46	0.06	-0.79	-1.36	-1.32	-1.96	-1.79
1995	-0.49	0.46	0.75	0.83	1.46	1.27	1.71	0.21	1.16	0.47	-0.28	0.16
1996	0.59	0.75	1.01	1.46	2.18	1.10	0.77	-0.14	0.24	-0.33	0.09	-0.03
1997	0.23	0.28	0.65	1.05	1.83	2.76	2.35	2.79	2.19	1.61	1.12	0.67
1998	0.83	1.56	2.01	1.27	0.70	0.40	-0.04	-0.22	-1.21	-1.39	-0.52	-0.44
1999	-0.32	-0.66	-0.33	-0.41	-0.68	-1.30	-0.66	-0.96	-1.53	-2.23	-2.05	-1.63
2000	-2.00	-0.83	0.29	0.35	-0.05	-0.44	-0.66	-1.19	-1.24	-1.30	-0.53	0.52
2001	0.60	0.29	0.45	-0.31	-0.30	-0.47	-1.31	-0.77	-1.37	-1.37	-1.26	-0.93
2002	0.27	-0.64	-0.43	-0.32	-0.63	-0.35	-0.31	0.60	0.43	0.42	1.51	2.10
2003	2.09	1.75	1.51	1.18	0.89	0.68	0.96	0.88	0.01	0.83	0.52	0.33
2004	0.43	0.48	0.61	0.57	0.88	0.04	0.44	0.85	0.75	-0.11	-0.63	-0.17
2005	0.44	0.81	1.36	1.03	1.86	1.17	0.66	0.25	-0.46	-1.32	-1.50	0.20
2006	1.03	0.66	0.05	0.40	0.48	1.04	0.35	-0.65	-0.94	-0.05	-0.22	0.14
2007	0.01	0.04	-0.36	0.16	-0.10	0.09	0.78	0.50	-0.36	-1.45	-1.08	-0.58
2008	-1.00	-0.77	-0.71	-1.52	-1.37	-1.34	-1.67	-1.70	-1.55	-1.76	-1.25	-0.87
2009	-1.40	-1.55	-1.59	-1.65	-0.88	-0.31	-0.53	0.09	0.52	0.27	-0.40	0.08
2010	0.83	0.82	0.44	0.78	0.62	-0.22	-1.05	-1.27	-1.61	-1.06	-0.82	-1.21
2011	-0.92	-0.83	-0.69	-0.42	-0.37	-0.69	-1.86	-1.74	-1.79	-1.34	-2.33	-1.79
2012	-1.38	-0.85	-1.05	-0.27	-9.90	-9.90	-9.90	-9.90	-9.90	-9.90	-9.90	-9.90

¹² Disponível em: < http://www.esrl.noaa.gov/psd/gcos_wgsp/Timeseries/Data/pdo.dat>. Acesso em: 07 nov. 2013.

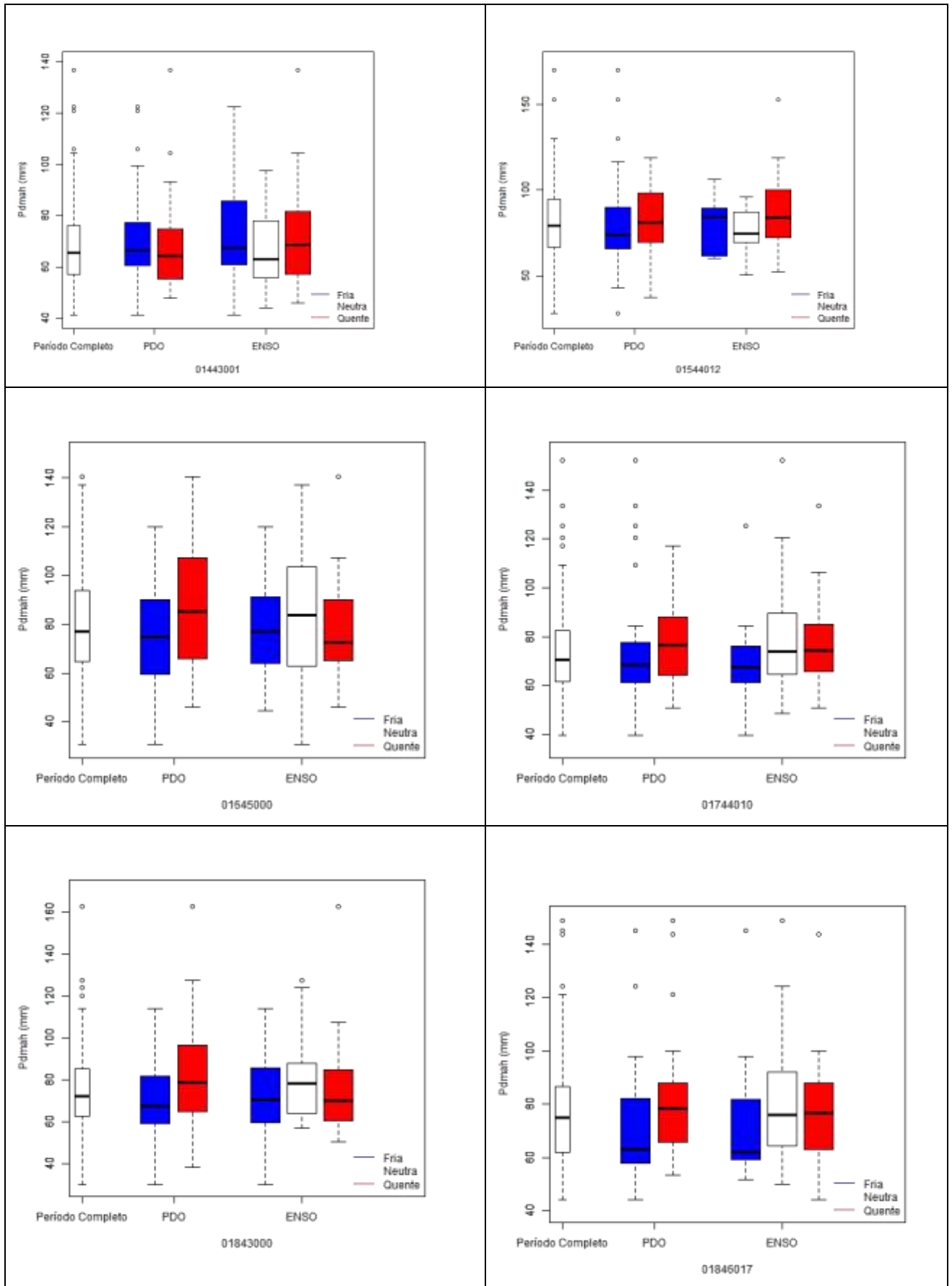


Figura G.1 - 01443001 a 01846017 - Gráficos de box plot associados ao período completo de dados e as fases ENSO e ODP.

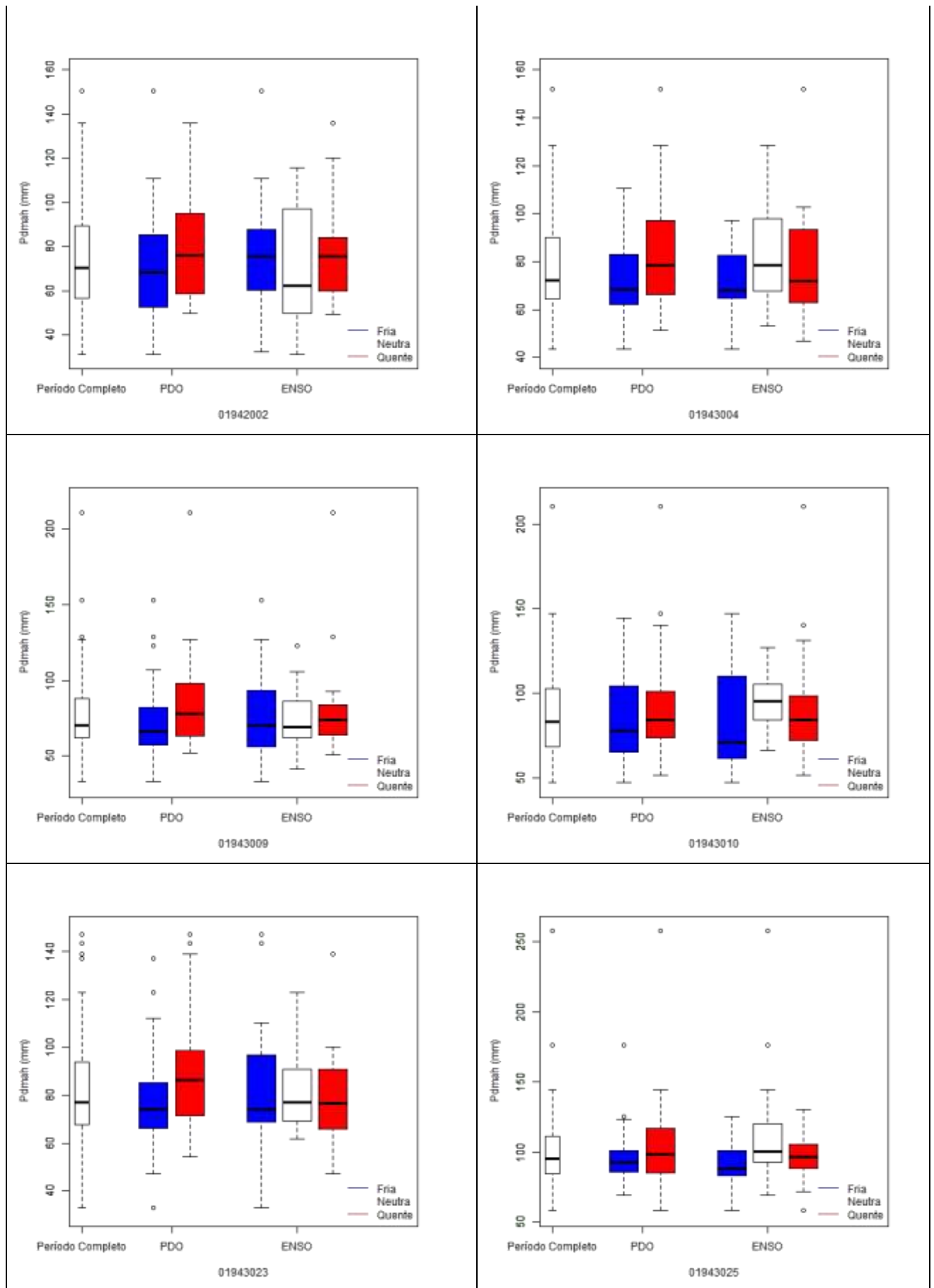


Figura G.2 - 01942002 a 01943025 - Gráficos de box plot associados ao período completo de dados e as fases ENSO e ODP.

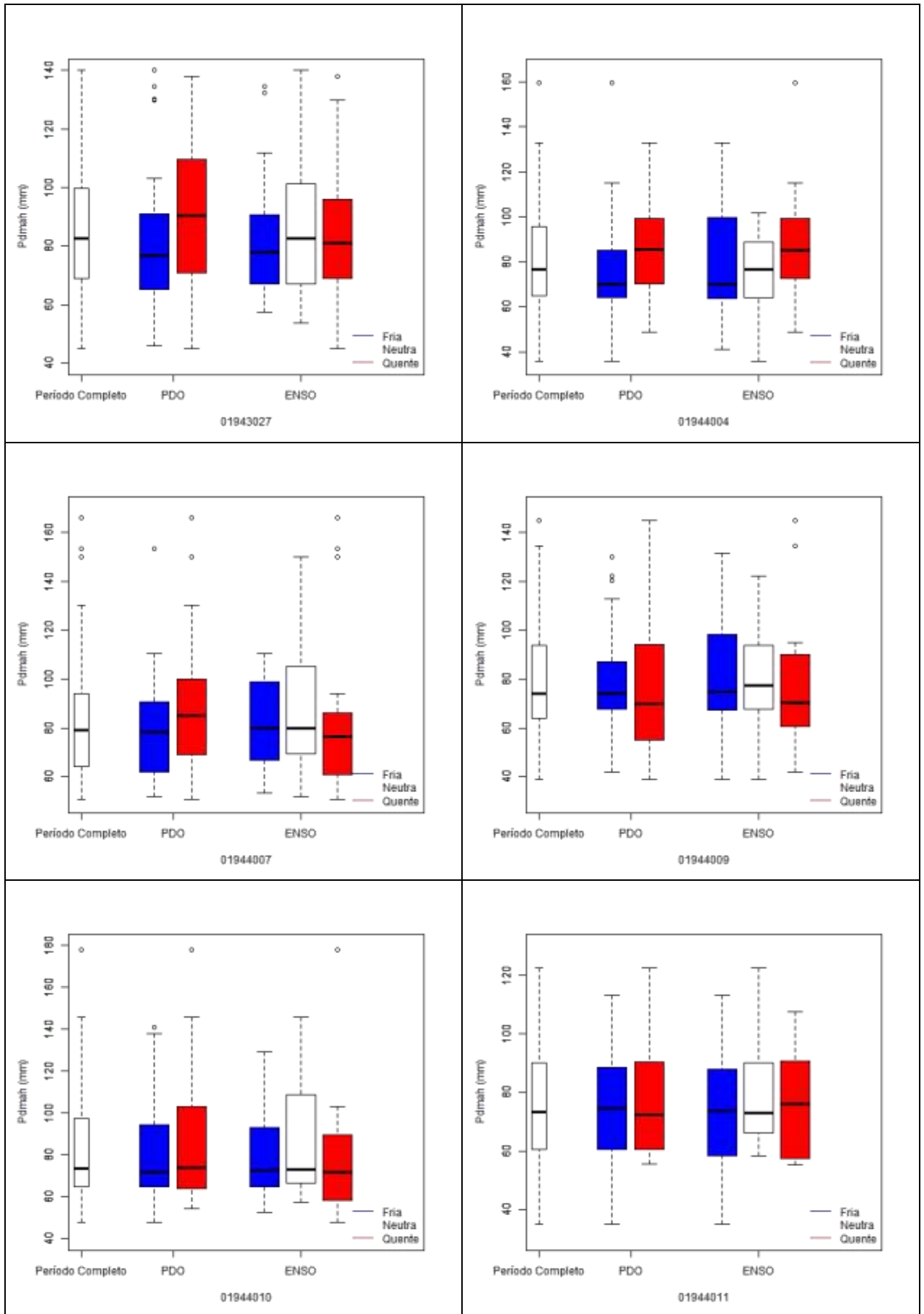


Figura G.3 - 01943027 a 01944011- Gráficos de box plot associados ao período completo de dados e as fases ENSO e ODP.

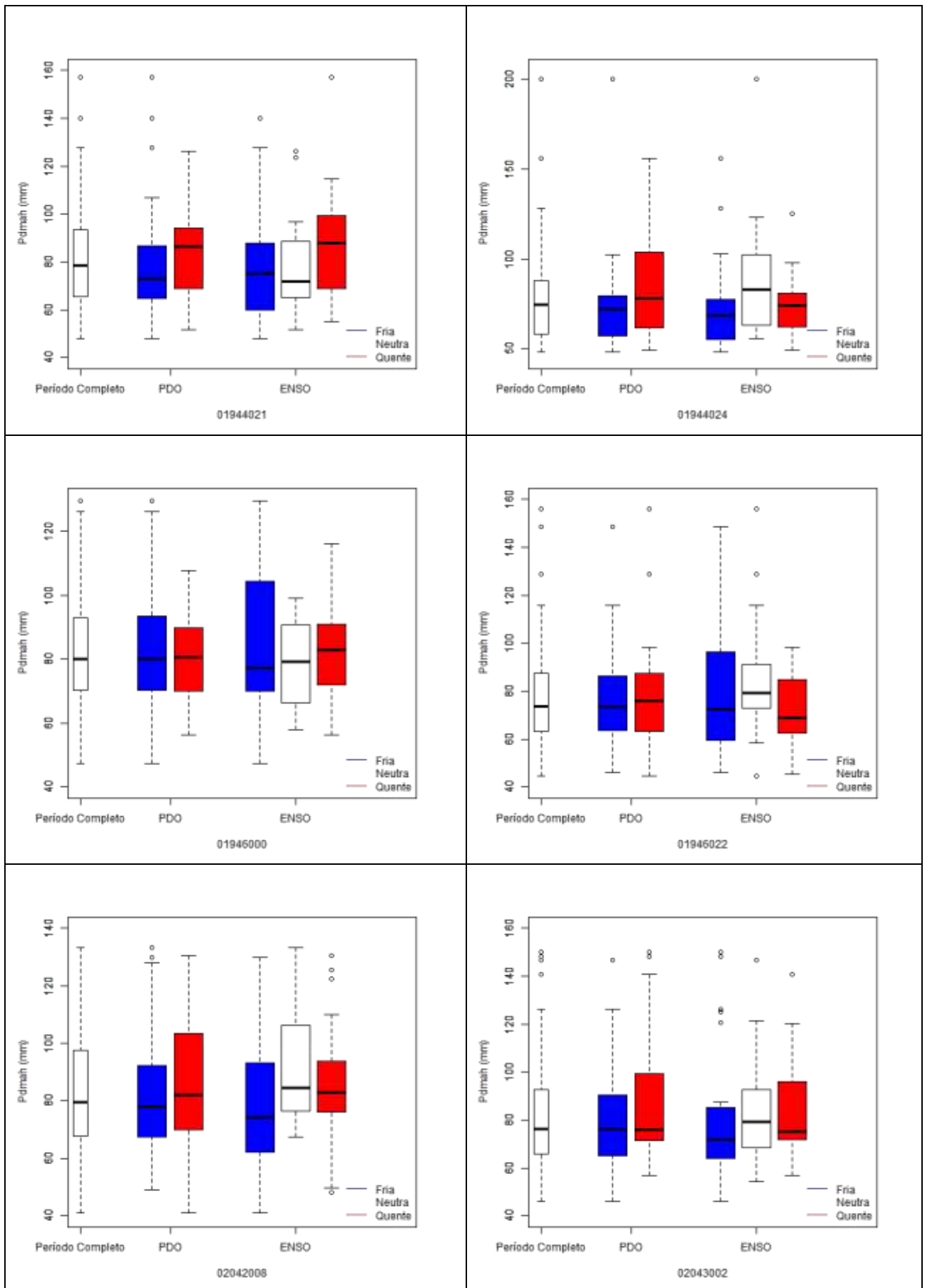


Figura G.4 - 01944021 a 02043002 - Gráficos de box plot associados ao período completo de dados e as fases ENSO e ODP.

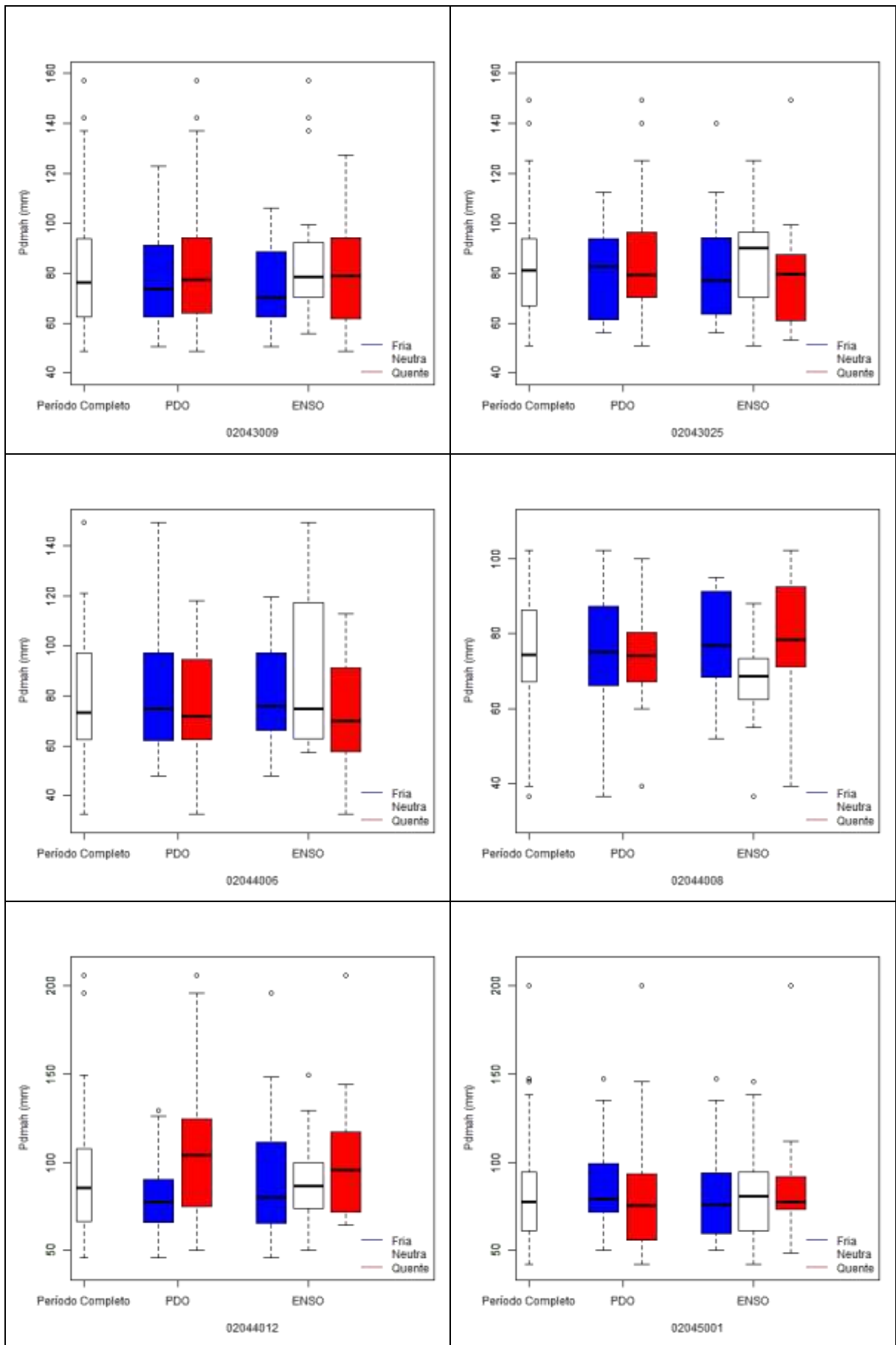


Figura G.5 - 02043009 a 02045001 - Gráficos de box plot associados ao período completo de dados e as fases ENSO e ODP.

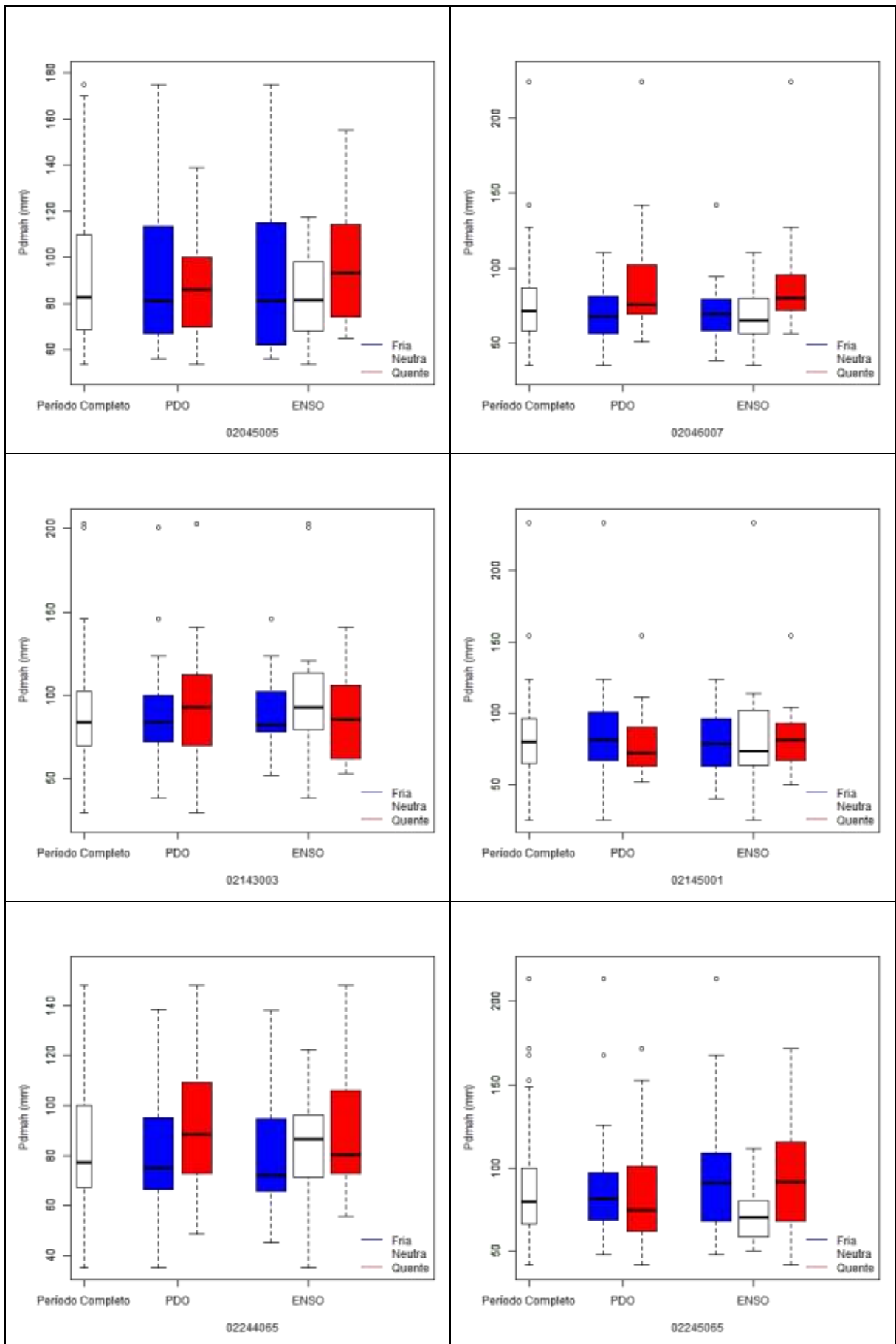


Figura G.6 - 02045005 a 02245065 - Gráficos de box plot associados ao período completo de dados e as fases ENSO e ODP.

APÊNDICE H
RESULTADO DOS QUANTIS

Tabela H.1 - Quantil de 100 anos, para período completo de 30 anos

Código	N	P ₁₀₀	LI	LS	α	B
01443001	73	130	112,8	147	14,99	61,05
01544013	51	165,6	24,55	136,55	20,79	69,89
01645000	60	158,4	21,90	136,7	19,05	70,81
01744010	62	142,2	31,58	112,28	16,59	65,92
01843000	61	148,3	28,25	119,85	17,87	66,08
01846017	50	154,6	25,74	122,43	19,11	66,67
01942002	69	152,1	129,2	175	19,31	63,26
01943004	60	153,7	26,71	127,01	18,66	67,83
01943009	61	168,8	22,75	127,15	22,56	65,08
01943010	68	178,2	151,5	205	22,21	75,98
01943023	69	153,2	28,51	133,3	17,59	72,24
01943025	52	199,4	45,53	150,13	24,55	86,53
01943027	65	158,6	23,1	145,5	18,11	75,25
01944004	70	149,1	19,91	140,61	17,15	70,20
01944007	61	165,8	20	138,4	20,37	72,15
01944009	70	150,6	20,55	136,55	17,99	67,82
01944010	54	171,1	16,7	145,1	21,82	70,70
01944011	60	134,1	16,33	134,24	14,48	65,74
01944021	52	155,9	24,83	134,03	18,32	71,63
01944024	51	170	16,38	127,78	22,51	66,41
01946000	61	136,1	36	127,2	13,40	74,70
01946022	62	147,8	126	170	17,35	67,99
02042008	70	155,4	25,13	139,33	17,85	73,29
02043002	61	164,7	25,75	132,55	19,99	72,66
02043009	70	149,3	16,04	139,54	17,38	69,37
02043025	51	148,4	26,03	134,63	16,40	72,94
02044006	51	153,2	11,18	148,58	18,31	68,93
02044008	70	120	38,15	115,15	11,18	68,54
02044012	66	191,5	161,5	222	24,74	77,72
02045001	54	176,9	15,53	141,33	23,22	70,09
02045005	70	179,9	6,81	171,59	22,24	77,57
02046007	66	163,8	137,5	190	21,64	64,21
02143003	70	189	159,8	218	24,78	74,99
02145001	70	174,7	18,59	142,88	29,35	69,49
02244065	66	161,4	18,24	149,07	24,47	74,16
02245065	63	190,6	158,7	223	25,62	72,71

Tabela H.2 - Quantil de 100 anos para o primeiro período de 30 anos de dados

Código	AH-inicial	N	P ₁₀₀	Teste
01443001	1938-1939	30	101,8	F.I
01544013	1939-1940	30	177,8	F.I
01645000	1952-1953	30	136,4	F.I
01744010	1949-1950	30	147,9	F.I
01843000	1950-1951	30	156,1	F.I
01846017	1958-1959	30	173,6	F.I
01942002	1942-1943	30	119,2	F.I
01943004	1950-1951	30	137,9	F.I
01943009	1950-1951	30	176,3	F.I
01943010	1941-1942	30	149,4	F.I
01943023	1942-1943	30	152,7	F.I
01943025	1959-1960	30	209,2	F.I
01943027	1946-1947	30	163	F.I
01944004	1941-1942	30	151,1	F.I
01944007	1950-1951	30	144,5	F.I
01944009	1941-1942	30	151,5	F.I
01944010	1957-1958	30	186,8	F.I
01944011	1951-1952	30	130,1	OK
01944021	1959-1960	30	160,9	F.I
01944024	1961-1962	30	175,8	F.I
01946000	1949-1950	30	143	F.I
01946022	1949-1950	30	125,7	F.I.
02042008	1941-1942	30	136,2	OK
02043002	1950-1951	30	157,8	F.I
02043009	1941-1942	30	146,2	F.I
02043025	1959-1960	30	145,2	F.I
02044006	1960-1961	30	144	F.I
02044008	1941-1942	30	116,6	F.I
02044012	1945-1946	30	128,8	F.I
02045001	1957-1958	30	191,8	F.I
02045005	1941-1942	30	190,3	F.I
02046007	1941-1942	30	125,1	F.I
02143003	1941-1942	30	148,1	F.I
02145001	1941-1942	30	195,4	F.I
02244065	1944-1945	30	159,7	F.I
02245065	1945-1946	30	135,1	F.I

F.I – Fora do intervalo de confiança a 95 %

Tabela H.3 - Quantil de 100 anos para o último período de 30 anos

Código	AH-inicial	N	P ₁₀₀	Teste
01443001	1981-1982	30	148,3	F.I
01544013	1989-1990	30	153,6	F.I
01645000	1982-1983	30	175	F.I
01744010	1981-1982	30	138,6	F.I
01843000	1981-1982	30	141,1	F.I
01846017	1978-1979	30	148,7	F.I
01942002	1981-1982	30	164,6	OK
01943004	1980-1981	30	168	F.I
01943009	1981-1982	30	161,9	F.I
01943010	1979-1980	30	179,2	OK
01943023	1981-1982	30	152,7	F.I
01943025	1981-1982	30	180,3	F.I
01943027	1981-1982	30	157	F.I
01944004	1981-1982	30	148,8	F.I
01944007	1981-1982	30	183,7	F.I
01944009	1981-1982	30	145,9	F.I
01944010	1981-1982	30	144,2	OK
01944011	1981-1982	30	134,3	F.I
01944021	1981-1982	30	147,8	F.I
01944024	1982-1983	30	184,6	F.I
01946000	1980-1981	30	130,1	F.I
01946022	1981-1982	30	164,3	OK
02042008	1981-1982	30	175,2	F.I
02043002	1981-1982	30	172,8	F.I
02043009	1981-1982	30	162,2	F.I
02043025	1980-1981	30	157,6	F.I
02044006	1981-1982	30	152,5	F.I
02044008	1981-1982	30	122,8	F.I
02044012	1981-1982	30	223	F.I
02045001	1981-1982	30	188,9	F.I
02045005	1981-1982	30	182,1	F.I
02046007	1977-1978	30	195,8	F.I
02143003	1981-1982	30	173,5	OK
02145001	1981-1982	30	161	F.I
02244065	1980-1981	30	167,3	F.I
02245065	1978-1979	30	225	F.I

F.I – Fora do intervalo de confiança a 95 %