



UNIVERSIDADE DA BEIRA INTERIOR
Engenharia

**Deteccção de tendências no padrão temporal de
variáveis hidrológicas
Aplicação à precipitação a diferentes escalas
temporais**

**Ana Isabel Labrincha Ramalheira
Nunes da Cruz do Nascimento Neves**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia Civil
(2º ciclo de estudos)

Orientador: Prof. Doutor Maria Manuela Portela
Correia dos Santos Ramos da Silva
Co-orientador: Prof. Doutor Cristina Maria Sena Fael

Covilhã, Outubro de 2012

Dedicatória

À minha família mais próxima por todo o apoio, em particular ao João, pelos desafios para lutar e ser sempre mais e melhor, e à Maria, que me faz acreditar não haver impossíveis.

Agradecimentos

Às professoras Manuela Portela e Cristina Fael por todo o apoio e disponibilidade demonstrada, sempre de forma objectiva e célere, nas orientações, sugestões e conselhos dados no percurso traçado até ao culminar deste trabalho.

Aos colaboradores Dra Maria João Miranda da Cruz, Dr. Álvaro Quintana, Dra. Raquel C. Conceição e Dra. Maria da Conceição Cruz, pela disponibilidade e por todos os esclarecimentos prestados.

Resumo

O presente estudo teve como objectivo principal a detecção de alterações no comportamento da variável hidrológica precipitação, que, associada ao comportamento de outras variáveis dela dependentes, como o escoamento, permita uma correcta avaliação e previsão de condições futuras a integrar no dimensionamento de projectos fazendo intervir tais variáveis, nomeadamente, no âmbito das infraestruturas hidráulicas.

A análise efectuada utilizou os registos de precipitação mensal e diária máxima anual em postos de medição. A partir daqueles primeiros registos obtiveram-se, por acumulação, as precipitações às escalas temporais distintas que reflectem os diversos períodos do ano: i) anual, considerando o quantitativo total; ii) semestrais, distinguindo os semestres seco e húmido; iii) trimestrais, sensivelmente coincidentes com as estações do ano; iv) mensal, específica do mês de Março. A referida análise desenvolveu-se em duas partes. Na primeira foi avaliada a evolução comportamental da variável a uma dada escala temporal, bem como dos seus parâmetros característicos, média, desvio-padrão, coeficiente de assimetria e coeficiente de variação. Na segunda, procedeu-se à aplicação de testes estatísticos que confirmassem ou não a significância estatística dos comportamentos detectados naquela primeira fase.

Os dezanove testes estatísticos aplicados incidiram sobre três características principais de cada uma das amostras às quais foram aplicados: a) a aleatoriedade, como condição fundamental para aplicação dos procedimentos da análise estatística; b) a homogeneidade, como pressuposto fundamental da hipótese de o presente ser, ou não, estatisticamente igual ao passado; c) a tendência, como indicador de uma evolução no sentido de aumento ou diminuição dos quantitativos de precipitação.

De entre os resultados do estudo destaca-se o facto de se ter confirmado a ocorrência de quebras de homogeneidade e a existência de tendências nas amostras de precipitação às escalas temporais menores, nomeadamente no mês de Março e no segundo trimestre do ano hidrológico, sem que se verificasse comprometimento da aleatoriedade dessas amostras.

Palavras-chave

Tendência, quebra de homogeneidade, independência, precipitação, alteração de comportamento, teste de hipóteses

Abstract

The main objective of this study was to contribute to understand the changes in the behavior of the precipitation at different time scales, which combined with changes in the behavior of other dependent variables, such as streamflow, may have a fundamental role when addressing the future design conditions of some of the hydraulic systems.

The study utilized records of monthly precipitation and of annual maximum daily precipitation. Based on the former records samples of precipitation with different temporal scales reflecting different periods of the year were obtained, namely: i) annual; ii) semestral, distinguishing between the dry and the wet periods; iii) quarterly, more or less defining the seasons of the year; iv) monthly, namely in March. The analysis was carried out in two steps. The first step addressed the behavioral evolution of the variable, as well as of its main statistical parameters, mean, standard deviation, asymmetry coefficient and variation coefficient. In the second step, a set of statistical tests were applied in order to conclude if the behavior denoted by the precipitation at the different time scales could be considered significant from a statistical point of view.

The nineteen statistical tests that were applied focused three main characteristics of the samples: a) the randomness as a fundamental assumption for the statistical analysis; b) the homogeneity in order to ascertain whether the present is statistically equivalent to the past or not; c) the tendency, as a pointer towards the increase or the decrease in the precipitation.

Among other results, the study showed that the precipitation at some of the smaller time scales - with emphasis to March and to the second quarter of the hydrologic year - reveals lack of homogeneity and tendency towards a decrease. However, the randomness of the different samples was never compromised.

Keywords

Trend, breach of homogeneity, independence, precipitation, change in behaviour, hypothesis test

.

Índice

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introdução | 1 |
| 1.1 | Enquadramento do tema..... | 1 |
| 1.2 | Estrutura e objectivo..... | 2 |
| 2 | Dados base..... | 5 |
| 2.1 | Introdução | 5 |
| 2.2 | Origem dos dados - Postos de medição | 5 |
| 2.3 | Constituição das amostras | 11 |
| 2.4 | Análise exploratória de dados (EDA) | 17 |
| 2.5 | Resumo da análise de dados..... | 27 |
| 3 | Metodologia de análise | 29 |
| 3.1 | Introdução | 29 |
| 3.2 | Aplicação de análise estatística na detecção de alterações em amostras longas de variáveis hidrológicas..... | 29 |
| 3.3 | Avaliação dos testes de hipóteses | 31 |
| 3.4 | Cálculo das estatísticas associadas aos testes de hipóteses | 32 |
| 3.5 | Testes de hipóteses aplicados às amostras de dados | 38 |
| 4 | Resultados | 57 |
| 4.1 | Introdução | 57 |
| 4.2 | Apresentação dos resultados | 57 |
| 4.3 | Análise global aos resultados..... | 66 |
| 5 | Conclusões e propostas futuras | 69 |
| | Bibliografia | 71 |
| | Anexos | 75 |
| | Anexo I. Dados de base do SNIRH (<i>EM1</i> , <i>EM2</i> , <i>EM3</i> e <i>EM4</i>) e <i>EM5</i> | 77 |
| | Anexo II. Comparação das amostras de precipitação e seus parâmetros para os diversos postos de medição..... | 87 |
| | Anexo III. Resultados dos testes estatísticos..... | 107 |

Lista de Figuras

| | |
|--|-----|
| Figura 2.1- Localização dos postos de medição da precipitação sobre mapa de Portugal Continental (Base: Google Maps)..... | 8 |
| Figura 2.2 Localização esquemática, por meio de um “pino” vermelho, de posto EM1 - Torrão (Base: Google Earth)..... | 9 |
| Figura 2.3 Localização esquemática, por meio de um “pino” vermelho, de posto EM2 - Santiago do Escoural (Base: Google Earth). | 9 |
| Figura 2.4 Localização esquemática, por meio de um “pino” vermelho, de posto EM3 - Viana do Alentejo (Base: Google Earth)..... | 10 |
| Figura 2.5 Localização esquemática, por meio de um “pino” vermelho, de posto EM4 - Alcáçovas (Base: Google Earth). | 10 |
| Figura 2.6 Grupos de n anos hidrológicos consecutivos utilizados na determinação de médias móveis (figura retirada de Portela & Quintela, 2001). | 19 |
| Figura 2.7 Esquematização das tendências lineares observadas na evolução da precipitação, nas correspondentes médias móveis, bem como nas representações dos desvios-padrão e dos coeficientes de assimetria e de variação em todos os postos analisados. | 25 |
| Figura 3.1 Aplicação do teste T de-Student móvel. Constituição dos sucessivos conjuntos de duas subséries, uma anterior e outra posterior (figura reproduzida de Portela & Quintela, 2001)..... | 37 |
| Figura 4.1 Resultados dos testes estatísticos para análise de aleatoriedade - testes #01, #02, #03, #04, #05 e #06. | 59 |
| Figura 4.2 Resultado dos testes estatísticos para análise de homogeneidade com identificação do ano de quebra - testes #7, #08 e #09. | 61 |
| Figura 4.3 Resultados do teste estatístico para análise de homogeneidade - teste #10. | 62 |
| Figura 4.4 Resultados dos testes estatísticos para análise de homogeneidade sem identificação do ano de quebra - testes #11, #12, #13, #14 e #15..... | 64 |
| Figura 4.5 Resultados dos testes estatísticos para análise de tendência - testes #16, #17, #18 e #19..... | 65 |
| Figura A.1 Cálculo do teste #04 Spearman aplicado a série anual, Pa, nos postos EM1 , EM2 , EM3 , EM1 , EM4 e EM5 | 118 |
| Figura A.2 Cálculo do teste #04 Spearman aplicado a série mensal, Pm, nos postos EM1 , EM2 , EM3 , EM1 , EM4 e EM5 | 119 |
| Figura A.3 Cálculo do teste #04 Spearman aplicado a série semestral, Ps1, nos postos EM1 , EM2 , EM3 , EM1 , EM4 e EM5 | 120 |
| Figura A.4 Cálculo do teste #04 Spearman aplicado a série semestral, Ps2, nos postos EM1 , EM2 , EM3 , EM1 , EM4 e EM5 | 121 |

| | |
|---|-----|
| Figura A.5 Cálculo do teste #04 Spearman aplicado a série trimestral, Pt1, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 122 |
| Figura A.6 Cálculo do teste #04 Spearman aplicado a série trimestral, Pt2, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 123 |
| Figura A.7 Cálculo do teste #04 Spearman aplicado a série trimestral, Pt3, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 124 |
| Figura A.8 Cálculo do teste #04 Spearman aplicado a série trimestral, Pt4, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 125 |
| Figura A.9 Cálculo do teste #04 Spearman aplicado a série de máximos, Pdma, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 126 |
| Figura A.10 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série anual, Pa, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 127 |
| Figura A.11 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série mensal, Pm, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 128 |
| Figura A.12 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série semestral, Ps1, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 129 |
| Figura A.13 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série semestral, Ps2, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 130 |
| Figura A.14 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série trimestral, Pt1, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 131 |
| Figura A.15 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série trimestral, Pt2, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 132 |
| Figura A.16 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série trimestral, Pt3, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 133 |
| Figura A.17 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série trimestral, Pt4, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 134 |
| Figura A.18 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série de máximos, Pdma, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 135 |
| Figura A.19 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série anual, Pa, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 137 |
| Figura A.20 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série mensal, Pm, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 138 |
| Figura A.21 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série semestral, Ps1, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 139 |
| Figura A.22 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série semestral, Ps2, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 140 |
| Figura A.23 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série trimestral, Pt1, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 141 |
| Figura A.24 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série trimestral, Pt2, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 142 |

| | |
|---|-----|
| Figura A.25 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série trimestral, Pt3, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 143 |
| Figura A.26 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série trimestral, Pt4, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 144 |
| Figura A.27 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série de máximos, Pdma, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 145 |
| Figura A.28 Cálculo do teste #13 Mann-Whitney aplicado a série anual, Pa, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 146 |
| Figura A.29 Cálculo do teste ##13 Mann-Whitney aplicado a série mensal, Pm, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 147 |
| Figura A.30 Cálculo do teste ##13 Mann-Whitney aplicado a série semestral, Ps1, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 148 |
| Figura A.31 Cálculo do teste ##13 Mann-Whitney aplicado a série semestral, Ps2, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 149 |
| Figura A.32 Cálculo do teste ##13 Mann-Whitney aplicado a série trimestral, Pt1, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 150 |
| Figura A.33 Cálculo do teste ##13 Mann-Whitney aplicado a série trimestral, Pt2, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 151 |
| Figura A.34 Cálculo do teste ##13 Mann-Whitney aplicado a série trimestral, Pt3, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 152 |
| Figura A.35 Cálculo do teste ##13 Mann-Whitney aplicado a série trimestral, Pt4, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 153 |
| Figura A.36 Cálculo do teste ##13 Mann-Whitney aplicado a série de máximos, Pdma, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 154 |
| Figura A.37 Cálculo do teste #19 Ordenação aplicado a série anual, Pa, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 155 |
| Figura A.38 Cálculo do teste #19 Ordenação aplicado a série mensal, Pm, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 156 |
| Figura A.39 Cálculo do teste #19 Ordenação aplicado a série semestral, Ps1, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 157 |
| Figura A.40 Cálculo do teste #19 Ordenação aplicado a série semestral, Ps2, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 158 |
| Figura A.41 Cálculo do teste #19 Ordenação aplicado a série trimestral, Pt1, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 159 |
| Figura A.42 Cálculo do teste #19 Ordenação aplicado a série trimestral, Pt2, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 160 |
| Figura A.43 Cálculo do teste ##19 Ordenação aplicado a série trimestral, Pt3, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 161 |
| Figura A.44 Cálculo do teste ##19 Ordenação aplicado a série trimestral, Pt4, nos postos <i>EM1, EM2, EM3, EM1, EM4e EM5</i> | 162 |

Figura A.45 Cálculo do teste ##19 Ordenação aplicado a série de máximos, Pdma, nos postos *EM1*, *EM2*, *EM3*, *EM1*, *EM4*e *EM5*. 163

Lista de Tabelas

| | |
|---|----|
| Tabela 2.1 Características das estações (informação obtida através do site http://snirh.pt , em 31/01/2012 17:14). | 6 |
| Tabela 2.2 - Posto fictício, EM5 , representativo da precipitação ponderada na bacia hidrográfica da estação hidrométrica de Torrão do Alentejo (24H/03). Pesos aplicáveis aos postos EM1 a EM4 de acordo com o método de Thiessen. | 8 |
| Tabela 2.3 Caracterização das amostras de precipitação em análise. | 13 |
| Tabela 2.4 Dimensão das amostras. | 14 |
| Tabela 3.1 Análise de erros..... | 32 |
| Tabela 3.2 Testes de Hipóteses aplicados às amostras. | 38 |
| Tabela 3.3 - Valor crítico maxVk conforme o nível de significância α | 44 |
| Tabela 3.4 Valores críticos de Qn para o nível de significância α | 45 |
| Tabela 3.5 Valores críticos de W para o nível de significância α | 47 |
| Tabela 4.1 Hipótese nula dos testes estatísticos para análise de aleatoriedade. | 58 |
| Tabela 4.2 Hipótese nula dos testes estatísticos com identificação do ano de quebra para análise de homogeneidade, testes #07, #08, #09 e #10. | 60 |
| Tabela 4.3 Constituição dos sucessivos conjuntos de duas subséries, uma anterior e outra posterior, na aplicação do teste #10 T de-Student móvel, na análise das séries Pa, Pm, Ps1, Ps2, Pt1, Pt2, Pt3 e Pt4 | 60 |
| Tabela 4.4 Constituição dos sucessivos conjuntos de duas subséries, uma anterior e outra posterior, na aplicação do teste #10 T de-Student móvel, na análise da amostra Pdma | 60 |
| Tabela 4.5 Hipótese nula dos testes estatísticos para análise de homogeneidade sem identificação do ano de quebra - testes #11, #12, #13, #14 e #15..... | 63 |
| Tabela 4.6 Hipótese nula dos testes estatísticos para análise de tendência - testes #16, #17, #18 e #19. | 65 |
| Tabela A.1 Pm e Pdma no posto EM1 (1933/34 a 1970/71) | 79 |
| Tabela A.2 Pm e Pdma no posto EM1 (1971/72 a 2008/09) | 80 |
| Tabela A.3 Pm e Pdma no posto EM2 (1933/34 a 1970/71) | 80 |
| Tabela A.4 Pm e Pdma no posto EM2 (1971/72 a 2008/09) | 81 |
| Tabela A.5 Pm e Pdma no posto EM3 (1933/34 a 1970/71) | 82 |
| Tabela A.6 Pm e Pdma no posto EM3 (1971/72 a 2008/09) | 83 |
| Tabela A.7 Pm e Pdma no posto EM4 (1933/34 a 1970/71) | 83 |
| Tabela A.8 Pm e Pdma no posto EM4 (1971/72 a 2008/09) | 84 |
| Tabela A.9 Pm e Pdma no posto EM5 (1933/34 a 1970/71) | 85 |
| Tabela A.10 Pm e Pdma no posto EM5 (1971/72 a 2008/09)..... | 86 |

| | |
|--|-----|
| Tabela A.11 Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série <i>Pa</i> nos postos <i>EM1</i> , <i>EM2</i> , <i>EM3</i> , <i>EM1</i> , <i>EM4</i> e <i>EM5</i> | 109 |
| Tabela A.12 Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série <i>Pm</i> nos postos <i>EM1</i> , <i>EM2</i> , <i>EM3</i> , <i>EM1</i> , <i>EM4</i> e <i>EM5</i> | 110 |
| Tabela A.13 Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série <i>Ps1</i> nos postos <i>EM1</i> , <i>EM2</i> , <i>EM3</i> , <i>EM1</i> , <i>EM4</i> e <i>EM5</i> | 111 |
| Tabela A.14 Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série <i>Ps2</i> nos postos <i>EM1</i> , <i>EM2</i> , <i>EM3</i> , <i>EM1</i> , <i>EM4</i> e <i>EM5</i> | 112 |
| Tabela A.15 Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série <i>Pt1</i> nos postos <i>EM1</i> , <i>EM2</i> , <i>EM3</i> , <i>EM1</i> , <i>EM4</i> e <i>EM5</i> | 113 |
| Tabela A.16 T Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série <i>Pt2</i> nos postos <i>EM1</i> , <i>EM2</i> , <i>EM3</i> , <i>EM1</i> , <i>EM4</i> e <i>EM5</i> | 114 |
| Tabela A.17 Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série <i>Pt3</i> nos postos <i>EM1</i> , <i>EM2</i> , <i>EM3</i> , <i>EM1</i> , <i>EM4</i> e <i>EM5</i> | 115 |
| Tabela A.18 Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série <i>Pt4</i> nos postos <i>EM1</i> , <i>EM2</i> , <i>EM3</i> , <i>EM1</i> , <i>EM4</i> e <i>EM5</i> | 116 |
| Tabela A.19 Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série <i>Pdma</i> nos postos <i>EM1</i> , <i>EM2</i> , <i>EM3</i> , <i>EM1</i> , <i>EM4</i> e <i>EM5</i> | 117 |
| Tabela A.20 - Constituição dos sucessivos conjuntos de duas subséries, uma anterior e outra posterior, e apresentação dos resultados da aplicação do teste #10 T de Student móvel, na análise das séries <i>Pa</i> , <i>Pm</i> , <i>Ps1</i> , <i>Ps2</i> , <i>Pt1</i> , <i>Pt2</i> , <i>Pt3</i> e <i>Pt4</i> | 136 |
| Tabela A.21 - Constituição dos sucessivos conjuntos de duas subséries, uma anterior e outra posterior, e apresentação dos resultados da aplicação do teste #10 T de Student móvel, na análise da série <i>Pdma</i> | 136 |

Lista de Gráficos

| | |
|--|----|
| Gráfico 2.1 Precipitação mensal no período de 1940/41 a 1959/60 e representação das correspondentes médias móveis em períodos de três meses nos postos: a) Torrão, <i>EM1</i> ; b) Santiago do Escoural, <i>EM2</i> ; c) Viana do Alentejo, <i>EM3</i> ; d) Alcáçovas <i>EM4</i> ; e) representativo da precipitação ponderada na bacia hidrográfica da estação hidrométrica de Torrão do Alentejo, <i>EM5</i> | 12 |
| Gráfico 2.2 Teste de valores duplamente acumulados das amostras de precipitação a) anual, <i>Pa</i> , b) no mês de Março, <i>Pm</i> , c) no 1º semestre, <i>Ps1</i> , d) no 2º semestre, <i>Ps2</i> , e) no 1º trimestre, <i>Pt1</i> , f) no 2º trimestre, <i>Pt2</i> , g) no 3º trimestre, <i>Pt3</i> , h) no 4º trimestre <i>Pt4</i> | 15 |
| Gráfico 2.3 Teste de valores simplesmente acumulados das amostras de precipitação a) anual, <i>Pa</i> , b) no mês de Março, <i>Pm</i> , c) no 1º semestre, <i>Ps1</i> , d) no 2º semestre, <i>Ps2</i> , e) no 1º trimestre, <i>Pt1</i> , f) no 2º trimestre, <i>Pt2</i> , g) no 3º trimestre, <i>Pt3</i> h) no 4º trimestre <i>Pt4</i> | 16 |
| Gráfico 2.4 Representação gráfica das médias móveis (gráficos do lado direito) e dos desvios-padrão (gráficos do lado esquerdo) das amostras de precipitações anuais em períodos de 15, 20 e 25 anos nos postos (de cima para baixo) Torrão, <i>EM1</i> , Santiago do Escoural, <i>EM2</i> , Viana do Alentejo, <i>EM3</i> , Alcáçovas, <i>EM4</i> , representativo da precipitação ponderada na bacia hidrográfica da estação hidrométrica de Torrão do Alentejo, <i>EM5</i> | 21 |
| Gráfico 2.5 Representação gráfica dos coeficientes de assimetria (gráficos do lado direito) e de variação (gráficos do lado esquerdo) das amostras de precipitações anuais em períodos de 15, 20 e 25 anos nos postos (de cima para baixo) Torrão, <i>EM1</i> , Santiago do Escoural, <i>EM2</i> , Viana do Alentejo, <i>EM3</i> , Alcáçovas, <i>EM4</i> , representativo da precipitação ponderada na bacia hidrográfica da estação hidrométrica de Torrão do Alentejo, <i>EM5</i> | 22 |
| Gráfico 2.6 Médias móveis adimensionais em períodos sequenciais de 20 anos. Precipitação: a) anual, <i>Pa</i> , b) no mês de Março, <i>Pm</i> , c) no 1º semestre, <i>Ps1</i> , d) no 2º semestre, <i>Ps2</i> , e) no 1º trimestre, <i>Pt1</i> , f) no 2º trimestre, <i>Pt2</i> , g) no 3º trimestre, <i>Pt3</i> , h) no 4º trimestre, <i>Pt4</i> | 23 |
| Gráfico 2.7 Desvios-padrão adimensionais em períodos sequenciais de 20 anos. Precipitação: a) anual, <i>Pa</i> , b) no mês de Março, <i>Pm</i> , c) no 1º semestre, <i>Ps1</i> , d) no 2º semestre, <i>Ps2</i> , e) no 1º trimestre, <i>Pt1</i> , f) no 2º trimestre, <i>Pt2</i> , g) no 3º trimestre, <i>Pt3</i> , h) no 4º trimestre, <i>Pt4</i> | 24 |
| Gráfico A.1 Representação gráfica da série <i>Panos</i> postos <i>EM1</i> , <i>EM2</i> e <i>EM3</i> e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. | 89 |

| | |
|---|-----|
| Gráfico A.2 Representação gráfica da série <i>Pa</i> nos postos <i>EM4</i> e <i>EM5</i> e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. | 90 |
| Gráfico A.3 Representação gráfica da série <i>Pm</i> nos postos <i>EM1</i> , <i>EM2</i> e <i>EM3</i> e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. | 91 |
| Gráfico A.4 Representação gráfica da série <i>Pm</i> nos postos <i>EM4</i> e <i>EM5</i> e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. | 92 |
| Gráfico A.5 Representação gráfica da série <i>Ps1</i> nos postos <i>EM1</i> , <i>EM2</i> e <i>EM3</i> e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. | 93 |
| Gráfico A.6 Representação gráfica da série <i>Ps1</i> nos postos <i>EM4</i> e <i>EM5</i> e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. | 94 |
| Gráfico A.7 Representação gráfica da série <i>Ps2</i> nos postos <i>EM1</i> , <i>EM2</i> e <i>EM3</i> e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. | 95 |
| Gráfico A.8 Representação gráfica da série <i>Ps2</i> nos postos <i>EM4</i> e <i>EM5</i> e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. | 96 |
| Gráfico A.9 Representação gráfica da série <i>Pt1</i> nos postos <i>EM1</i> , <i>EM2</i> e <i>EM3</i> e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. | 97 |
| Gráfico A.10 Representação gráfica da série <i>Pt1</i> nos postos <i>EM4</i> e <i>EM5</i> e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. | 98 |
| Gráfico A.11 Representação gráfica da série <i>Pt2</i> nos postos <i>EM1</i> , <i>EM2</i> e <i>EM3</i> e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. | 99 |
| Gráfico A.12 Representação gráfica da série <i>Pt2</i> nos postos <i>EM4</i> e <i>EM5</i> e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. | 100 |
| Gráfico A.13 Representação gráfica da série <i>Pt3</i> nos postos <i>EM1</i> , <i>EM2</i> e <i>EM3</i> e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. | 101 |
| Gráfico A.14 Representação gráfica da série <i>Pt3</i> nos postos <i>EM4</i> e <i>EM5</i> e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. | 102 |

Gráfico A.15 Representação gráfica da série *Pt4* nos postos *EM1*, *EM2* e *EM3* e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. 103

Gráfico A.16 Representação gráfica da série *Pt4* nos postos *EM4* e *EM5* e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. 104

Gráfico A.17 Representação gráfica da série *Pdma* nos postos *EM1*, *EM2* e *EM3* e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. 105

Gráfico A.18 Representação gráfica da série *Pdma* nos postos *EM4* e *EM5* e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação. 106

Lista de Acrónimos

| | |
|---------------|--|
| <i>CCDR</i> | Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional |
| <i>CRC</i> | Cooperative Research Centre |
| <i>EDA</i> | Exploratory Data Analysis |
| <i>FUNDEC</i> | Fundação para a Formação Contínua em Engenharia Civil |
| <i>LTL</i> | Linha de Tendência Linear |
| <i>SNIRH</i> | Sistema Nacional de Informação de Recursos Hídricos |
| <i>UNESCO</i> | United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization |
| <i>WMO</i> | World Meteorological Organization |

Simbologia

| | |
|--------------|---|
| b | Declive da recta de regressão linear |
| C | Coeficiente de variação |
| C_d | Coeficiente de Dispersão |
| $cov(x)$ | Covariância da série |
| EM_1 | Posto de medição Torrão |
| EM_2 | Posto de medição Santiago do Escoural |
| EM_3 | Posto de medição Viana do Alentejo |
| EM_4 | Posto de medição Alcáçovas |
| EM_5 | Posto de medição fictício |
| g | Coeficiente de assimetria |
| H_0 | Hipótese nula |
| H_1 | Hipótese alternativa |
| i | Número de ordem |
| k | Número de ordem |
| m | Estatística usada no teste #01 |
| M | Dimensão da subsérie |
| m^* | Estatística usada no teste #02 |
| $\max V_k $ | Valores críticos da estatística V_k |
| MW_k | Estatística usada no teste #16 |
| N | Dimensão da série (amostra) |
| n | Dimensão da subsérie |
| n_1 | Dimensão da parte inicial da amostra |
| n_2 | Dimensão da parte final da amostra |
| $n_{i,1}$ | Dimensão da subsérie anterior de ordem i |
| $n_{i,2}$ | Dimensão da subsérie posterior de ordem i |
| N_{MW} | Estatística do teste #13 |
| N_{ww} | Estatística do teste #12 |
| P_a | Precipitação anual |
| P_{ama} | Precipitação diária máxima |
| P_i | Precipitação no ano i |
| \bar{P}_i | Média da precipitação respeitante ao grupo de ordem i |
| P_m | Precipitação no mês de Março |
| P_{mensal} | Precipitação mensal |
| P_{s1} | Precipitação no primeiro semestre (Outubro / Março) |
| P_{s2} | Precipitação no segundo semestre (Abril / Setembro) |
| P_{t1} | Precipitação no primeiro trimestre (Outubro / Dezembro) |
| P_{t2} | Precipitação no segundo trimestre (Janeiro / Março) |

| | |
|---------------------------------------|--|
| P_{t3} | Precipitação no terceiro trimestre (Abril / Junho) |
| P_{t4} | Precipitação no quarto trimestre (Julho / Setembro) |
| Q | Estatística do teste #08 |
| Q/\sqrt{n} | Valores críticos da estatística Q |
| \bar{r} | Média da variável aleatória R |
| $r_{\#05}$ | Coefficiente de autocorrelação do teste #05 |
| $r_{\#06}$ | coeficiente de autocorrelação do teste #06 |
| $(r_1, r_2, r_3, \dots, r_N)$ | Valores da variável R |
| R | Variável aleatória |
| r_i | Valor de ordem i da variável R |
| r_{ord} | Coefficiente de correlação de Spearman (teste #19) |
| RS | Estatística usada no teste #11 |
| r_{Spear} | Coefficiente de correlação de Spearman (teste #04) |
| S | Desvio-padrão |
| s_1 | Desvio padrão com correcção do viés, da parte inicial da amostra |
| s_2 | Desvio padrão com correcção do viés, da parte final da amostra |
| $s_{i,1}$ | Desvio padrão com correcção do viés, da subsérie anterior |
| $s_{i,2}$ | Desvio padrão com correcção do viés, da subsérie posterior |
| S_k^* | Desvios à média acumulados |
| S_k^{**} | Desvios à média acumulados, ajustados |
| $S^{viés}$ | Desvio-padrão com correcção do viés |
| s_x | Desvio padrão da amostra |
| $t_{(1-\alpha/2)}$ | Quantil da distribuição do t de Student |
| $t_{\#14}$ | Estatística do teste #14 |
| $t_{\#15}$ | Estatística do teste #15 |
| t_{ord} | Estatística do teste #19 |
| t_{RL} | Estatística do teste #18 |
| $t_{s,i}$ | Estatística do teste #10 |
| t_{Spear} | Estatística do teste #04 |
| t_{Spear} | Estatística do teste #04 |
| U | Estatística usada no teste #03 |
| $var(x)$ | Variância da série |
| V_k | Estatística do teste #07 |
| V | Estatística usada no teste #09 |
| W | Estatística do teste #09 |
| W_{crit} | Valores críticos da estatística W |
| X | Variável aleatória |
| X^* | Variável aleatória |
| X_1 | Subsérie anterior |
| X_2 | Subsérie posterior |
| $(x_1^*, x_2^*, x_3^*, \dots, x_N^*)$ | Valores da variável X^* |

| | |
|---------------------------------------|--|
| $(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ | Valores da variável X |
| x_i | Valor de ordem i da variável X |
| \bar{x} | Média da variável aleatória X |
| \bar{x}^* | Média da variável aleatória X^* |
| \bar{x}_1 | Média da parte inicial da amostra |
| \bar{x}_2 | Média da parte final da amostra |
| $\bar{x}_{i,1}$ | Média da subsérie anterior |
| $\bar{x}_{i,2}$ | Média da subsérie posterior |
| $x_{mediana}$ | Mediana da amostra |
| Y | Variável aleatória |
| Y^* | Variável aleatória |
| $(y_1^*, y_2^*, y_3^*, \dots, y_N^*)$ | Valores da variável Y^* |
| $(y_1, y_2, y_3, \dots, y_N)$ | Valores da variável Y |
| y_i | Valor de ordem i da variável Y |
| \bar{y} | Média da variável aleatória Y |
| \bar{y}^* | Média da variável aleatória Y^* |
| $Z_{\#01}$ | Estatística do teste #01 |
| $Z_{\#02}$ | Estatística do teste #02 |
| $Z_{\#03}$ | Estatística do teste #03 |
| $Z_{\#05}$ | Estatística do teste #05 |
| $Z_{\#06}$ | Estatística do teste #06 |
| $Z_{\#16}$ | Estatística do teste #16 |
| $Z_{\#17}$ | Estatística do teste #17 |
| Z_k^* | Desvios à média acumulados, ponderados |
| Z_k^{**} | Desvios à média acumulados, ponderados e ajustados |
| Z_{RS} | Estatística do teste #12 |
| α | Nível de significância - Probabilidade de ocorrer erro do tipo I |
| β | Probabilidade de ocorrer erro do tipo II |
| Δ | Alteração da média da amostra |
| η | Nível de confiança |
| Φ | Função de probabilidade normal |
| Φ^{-1} | Função inversa da função de probabilidade normal |
| μ | Média da amostra |
| $\mu_{\#05}$ | Média teórica de $r_{\#05}$ |
| $\mu_{\#06}$ | Média teórica de $Z_{\#06}$ |
| $\mu_{\#11}$ | Média teórica de Wx |
| μ_m | Média teórica da estatística m |
| μ_m^* | Média teórica da estatística m^* |
| μ_{MW} | Média teórica de N_{MW} |
| $\mu_{\#16}$ | Média teórica de MW_k |

| | |
|-------------------|---|
| $\mu_{\#17}$ | Média teórica de Sp |
| μ_U | Média teórica da estatística U |
| μ_{WW} | Média teórica de N_{ww} |
| ρ_S | Coefficiente de correlação ordinal de Spearman |
| σ_{MW}^2 | Variância teórica da estatística N_{Mw} |
| σ_{WW}^2 | Variância teórica da estatística N_{ww} |
| $\sigma_{\#05}$ | Desvio padrão teórico da estatística $r_{\#05}$ |
| $\sigma_{\#06}^2$ | Variância teórica da estatística $Z_{\#06}$ |
| $\sigma_{\#11}$ | Desvio padrão teórico da estatística Wx |
| $\sigma_{\#15}$ | Desvio padrão teórico da estatística $t_{\#15}$ |
| $\sigma_{\#16}$ | Desvio padrão teórico da estatística MW_k |
| $\sigma_{\#17}^2$ | Variância teórica da estatística Sp |
| σ_i | estimativa do desvio padrão da população |
| σ_m | Desvio padrão teórico da estatística m |
| σ_{m^*} | Desvio padrão teórico da estatística m^* |
| σ_U | Desvio padrão teórico da estatística U |

1 INTRODUÇÃO

1.1 ENQUADRAMENTO DO TEMA

Desde a antiguidade que o Homem sentiu necessidade de estudar e controlar o meio em que se encontra. A água, como elemento essencial ao bem-estar e à preservação da espécie, tem sido uma das suas maiores preocupações, tanto pelo excesso, que causa danos e prejuízos em, por exemplo, culturas alimentares e construções, como pela escassez, que tem implicações directas na sobrevivência e subsistência da espécie.

Empiricamente, tem-se a percepção de mudanças nos ciclos anuais das condições climáticas, com uma aparente transformação das quatro estações em apenas duas: verão e inverno. Não se pode esquecer que se trata, contudo, de uma conclusão empírica, sendo necessário mais para se poder falar concretamente de mudanças climáticas. Recorre-se, assim, a modelos matemáticos como metodologia na quantificação de parâmetros para análise exacta que permita a confirmação ou refutação das conclusões prévias retiradas da percepção simples dos dados (e dos seus parâmetros característicos).

Se as mudanças climáticas existirem, terão de se reflectir no comportamento das séries de variáveis hidrológicas, conforme já afirmado por Portela & Quintela, 2001. Assim, com auxílio de modelos matemáticos desenvolvidos para o efeito, o Homem pode analisar menos ou mais exaustivamente os dados ao seu dispor, para detectar e considerar mudanças climáticas nos planos de acção futuro, com ênfase para os que se inter-relacionam com os recursos hídricos. A possibilidade de executar cálculos mais complexos em menos tempo possibilita uma análise mais expedita e a consideração de maior número de cenários.

Até aos dias de hoje, era habitual considerar que o ciclo da água se mantinha constante, i.e., que havia renovação completa em que os ganhos igualavam as perdas, sem deficit ou alterações a longo prazo, ou seja, sempre segundo os mesmos modelos causa/efeito, procedendo-se à correcção das quebras de homogeneidade detectadas. Actualmente a comunidade científica começa a colocar novas questões, nomeadamente a possibilidade de as quebras de homogeneidade nas séries de dados poderem indiciar uma alteração de comportamento significativa. Deste modo, o paradigma de que o futuro seria estatisticamente igual ao passado, e que sustentava a generalidade das análises apoiadas em registos de variáveis hidrológicas, poderá estar definitivamente comprometido.

É fundamental a existência de registos fiáveis ao longo de várias décadas, permitindo distinguir entre um ciclo evolutivo do planeta, com mudanças periódicas, e alterações ou tendências com mudanças direccionais permanentes. Em Portugal existem registos hidrológicos com mais de cem anos, por exemplo o nível médio diário (convencional) como

seja o caso do posto Ponte Coruche (20F/02H), de 01/Jul/19001, os quais, quando analisados por aplicação de ferramentas correctas, podem contribuir muito significativamente para entender a variabilidade do clima, eventualmente permitindo decompô-la em natural e induzida pelo Homem.

Em consequência da grande evolução tecnológica, o registo de dados evoluiu muito nas últimas décadas, permitindo minimizar ou até mesmo eliminar alguns erros, tornando os dados incomparavelmente mais fiáveis. Com a introdução de automatismos e telemetria, eliminou-se a necessidade de deslocação física a cada local para leitura a hora exacta, bem como o inerente erro humano de falta de rigor na interpretação do registo. Acresce a vantagem de acesso quase imediato aos dados.

A alteração das propriedades estatísticas das variáveis hidrológicas, a verificar-se, poderá ser denunciadora de mudança climática (Portela & Quintela, 2001). Perante as dúvidas existentes, é fundamental a caracterização do fenómeno, detectando alterações no padrão temporal de variáveis hidrológicas prevendo e antecipando condições futuras que prejudiquem o bem-estar do ser humano.

1.2 ESTRUTURA E OBJECTIVO

Um dos aspectos principais na análise da eventual alteração de comportamento e na identificação de tendências em séries de variáveis hidrológicas é a correcta previsão de condições futuras a fazer intervir no dimensionamento de projectos relacionados com os recursos hídricos, frequentemente com grande dimensão e elevado custo. Havendo capacidade para determinar tendências / detectar alterações no comportamento das variáveis hidrológicas, os modelos matemáticos para estimativa de valores de projecto, terão obrigatoriamente de ser adaptados, incorporando essa nova informação.

O presente estudo pretende consolidar uma metodologia de análise que permita avaliar se as alterações de comportamento da variável hidrológica precipitação (eventualmente detectadas pela alteração das propriedades estatísticas) são significativas, o que, a confirmar-se, sugere um aprofundamento do estudo, relacionando-o com outras variáveis hidrológicas dela dependentes, como o escoamento, com impacto mais directo na gestão do recurso hídrico em questão.

¹ Por consulta dos registos do SNIRH disponível em <http://www.snirh.pt/>

Seguindo orientação de publicações internacionais (Kundzewicz & Robson, 2004), o presente trabalho compõe-se por três aspectos principais:

- Apresentação e validação de dados;
- Processamento de dados e análise estatística;
- Apresentação de resultados e conclusões.

Para tal, encontra-se dividido em cinco capítulos, sendo o primeiro de carácter introdutório. O capítulo 2 identifica e caracteriza os postos udométricos seleccionados, apresentando e analisando os dados de base utilizados. No capítulo 3 descreve-se a metodologia de análise aplicada, fundamentando a sua adequabilidade a estudos hidrológicos. Os resultados obtidos pela aplicação dos testes estatísticos aos dados de base são apresentados e analisados no capítulo 4. O capítulo 5 resume as conclusões retiradas dos resultados obtidos a partir da análise efectuada, apresentando propostas para continuação e aprofundamento do presente estudo.

Em anexo são apresentados os dados originais retirados da base de dados do Instituto Nacional da Água, o Sistema de Informação de Recursos Hídricos, SNIRH, gráficos elaborados para comparação das séries de precipitação e dos seus parâmetros característicos, e quadros de cálculo dos testes estatísticos.

2 DADOS BASE

2.1 INTRODUÇÃO

É fundamental assegurar que os dados hidrológicos de base, a utilizar em estudos envolvendo o designado dimensionamento hidrológico, tenham a máxima qualidade possível. Deste modo, antes de se avançar para a aplicação de procedimentos da análise estatística, como seja a aplicação de testes de hipóteses, deverá proceder-se a uma análise dos dados disponíveis. Esta análise incidirá, tanto na validação da sua origem e fidelidade dos registos, como na verificação da sua qualidade e validade como amostras estatísticas passíveis de sujeição aos já referidos testes de hipóteses.

O primeiro passo é seleccionar origens de dados fidedignas, com registos em períodos tão longos quanto possível, desejavelmente superiores a 50 anos, para permitirem a correcta caracterização de todos os descritores estatísticos, incluindo a assimetria, que apresentem garantias de qualidade de medição.

Numa segunda análise, pretende-se identificar erros de dados (falhas nos registos, existência de valores anormais, etc.), padrões temporais (sazonalidade, alterações abruptas, etc.) e padrões regionais e/ou espaciais, estabelecendo a qualidade necessária das amostras.

Por fim, será efectuada uma análise pormenorizada dos descritores estatísticos das amostras - nomeadamente média, desvio-padrão e coeficientes de assimetria e de variação - na óptica de que estão em causa amostras de variáveis intrinsecamente aleatórias, por forma a caracterizar o comportamento dos mencionados descritores ao longo do tempo.

2.2 ORIGEM DOS DADOS - POSTOS DE MEDIÇÃO

A selecção dos postos de medição da precipitação foi feita com base em critérios que procuraram garantir a maior qualidade possível dos dados recolhidos, nomeadamente assegurando condições locais pouco ou nada influenciadas por construções ou intervenções humanas e longos períodos com registos de modo contínuo.

Aos anteriores critérios de selecção adicionou-se um outro, concretamente o de os postos a adoptar no estudo serem os necessários e suficientes para caracterizar a precipitação numa dada bacia hidrográfica. Tal critério tem por objectivo permitir apreciar se os comportamentos que eventualmente se venham a detectar nas amostras de precipitação quando encaradas individualmente têm ou não reflexos quando se analisa a bacia hidrográfica situada na área de influência dos postos em que aquelas amostras foram registadas. Será, assim, possível averiguar se a área da bacia hidrográfica pode atenuar ou realçar o padrão da

variabilidade temporal da precipitação pontual. Simultaneamente, fica aberta um via para possível prosseguimento da investigação iniciada com a presente tese, relativa a eventual estrutura de dependência entre tendências detectadas com base em amostras, por um lado, de precipitações e, por outro lado, de escoamentos.

De acordo com informação do SNIRH relativa aos quatro postos selecionados, conforme mostra a Tabela 2.1, tratam-se de postos convencionais que tiveram início de actividade em 1931 e 1933, mantendo-se em funcionamento até à data de hoje. A partir de 2001 entraram em funcionamento de forma automática, existindo telemetria nos postos Viana do Alentejo e Alcáçovas. Apesar de o posto Torrão estar localizado no distrito de Setúbal e os restantes no distrito de Évora, todos pertencem à bacia hidrográfica do rio Sado. Tais postos são ainda os necessários e suficientes para caracterizar a precipitação na bacia hidrográfica da estação hidrométrica de Torrão do Alentejo (24H/03), inserida na ribeira de Xarrama (bacia hidrográfica do rio Sado), com a área de 465 km². A localização esquemática dos postos em consideração é apresentada nas Figura 2.1 a Figura 2.5.

A Tabela 2.1 confirma a qualidade dos dados a nível anual em todos os postos. Com efeito, os índices de qualidade têm pontuação de 14 e 15, com excepção do posto Alcáçovas em que o índice é inferior (igual 12), embora compreendido no mesmo intervalo de qualidade.

As amostras de precipitação mensais utilizadas apresentam registos contínuos num período de 76 anos (Anexo I), apenas com falhas pontuais, não se reflectindo nos restantes dados. As amostras de precipitações diárias máximas anuais, a partir do ano hidrológico 2000/01 e no ano 1933/34, apresentam falhas na maioria dos postos, em particular o posto Viana do Alentejo sem registos a partir dessa data.

Tabela 2.1 Características das estações (informação obtida através do site <http://snirh.pt>, em 31/01/2012 17:14).

| Código | 24H/01UG | 22H/02UG | 24I/01C | 23I/01C |
|---------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Nome | <i>EM₁</i> | <i>EM₂</i> | <i>EM₃</i> | <i>EM₄</i> |
| | Torrão | Santiago do Escoural | Viana do Alentejo | Alcáçovas |
| Altitude (m) | 81,0 | 256,0 | 314,0 | 218,0 |
| Latitude (°N) | 38,29 | 38,54 | 38,33 | 38,39 |
| Longitude (°W) | -8,23 | -8,17 | -8,01 | -8,15 |
| Distância à meridiana X (m) | 191597,6 | 196954,4 | 211057,7 | 198404,3 |
| Distância à perpendicular Y (m) | 147041,2 | 174819,9 | 151268,8 | 158137,6 |
| Bacia hidrográfica | Sado | Sado | Sado | Sado |

Tabela 2.1 Características das estações (informação obtida através do site <http://snirh.pt>, em 31/01/2012 17:14).

| Código | 24H/01UG | 22H/02UG | 24I/01C | 23I/01C |
|---|--------------------------|---|-----------------------------|---------------------|
| Nome | EM_1 Torrão | EM_2 Santiago do Escoural | EM_3 Viana do Alentejo | EM_4 Alcáçovas |
| Distrito | Setúbal | Évora | Évora | Évora |
| Concelho | Alcácer do Sal | Montemor-o-Novo | Viana do Alentejo | Viana do Alentejo |
| Freguesia | Torrão | Santiago do Escoural | Viana do Alentejo | Alcáçovas |
| Entidade Responsável (Automático) | INAG I.P. | INAG I.P. | INAG I.P. | INAG I.P. |
| Entidade Responsável (Convencional) | CCDR-Alentejo | CCDR-Alentejo | CCDR-Alentejo | CCDR-Alentejo |
| Tipo de posto (Automático) | Udográfica | Udográfica | Climatológica | Climatológica |
| Tipo de posto (Convencional) | Udométrica | Udométrica | Climatológica | Climatológica |
| Entrada em funcionamento (Convencional) | 01-11-1933 | 21-11-1931 | 01-12-1933 | 14-11-1931 |
| Encerramento (Convencional) | - | - | - | - |
| Entrada Funcionamento (Automática) | 03-05-2001 | 23-05-2001 | 04-01-2001 | 05-03-2001 |
| Encerramento (Automática) | - | - | - | - |
| Telemetria | Não | Não | Sim | Sim |
| Estado | Activa | Activa | Activa | Activa |
| Índice de qualidade* | 15 | 14 | 15 | 12 |
| *Qualidade da série anual pontuação. | 5 a 8: 9 a 12: >12 | Má qualidade da série anual Qualidade média ou razoável da serie anual Serie anual com grande fiabilidade | | |

Apesar de os postos EM_1 , EM_2 e EM_4 apresentarem registos de precipitação desde 1910/11, o posto EM_3 só tem registos a partir de 1933/34, pelo que se optou por não considerar o período inicial de 1910/11 a 1932/33 na análise efectuada.

Com objectivo, antes enunciado, de perceber se o comportamento detectado individualmente nos postos se reflecte ou não quando considerados no seu conjunto, definiu-se ainda um posto

udométrico fictício, EM_5 , representativo da precipitação na bacia hidrográfica da estação hidrométrica de Torrão do Alentejo. A ponderação foi feita com base no método de Thiessen, atendendo às áreas de influência de cada posto e aos correspondentes pesos, sistematizados na Tabela 2.2.

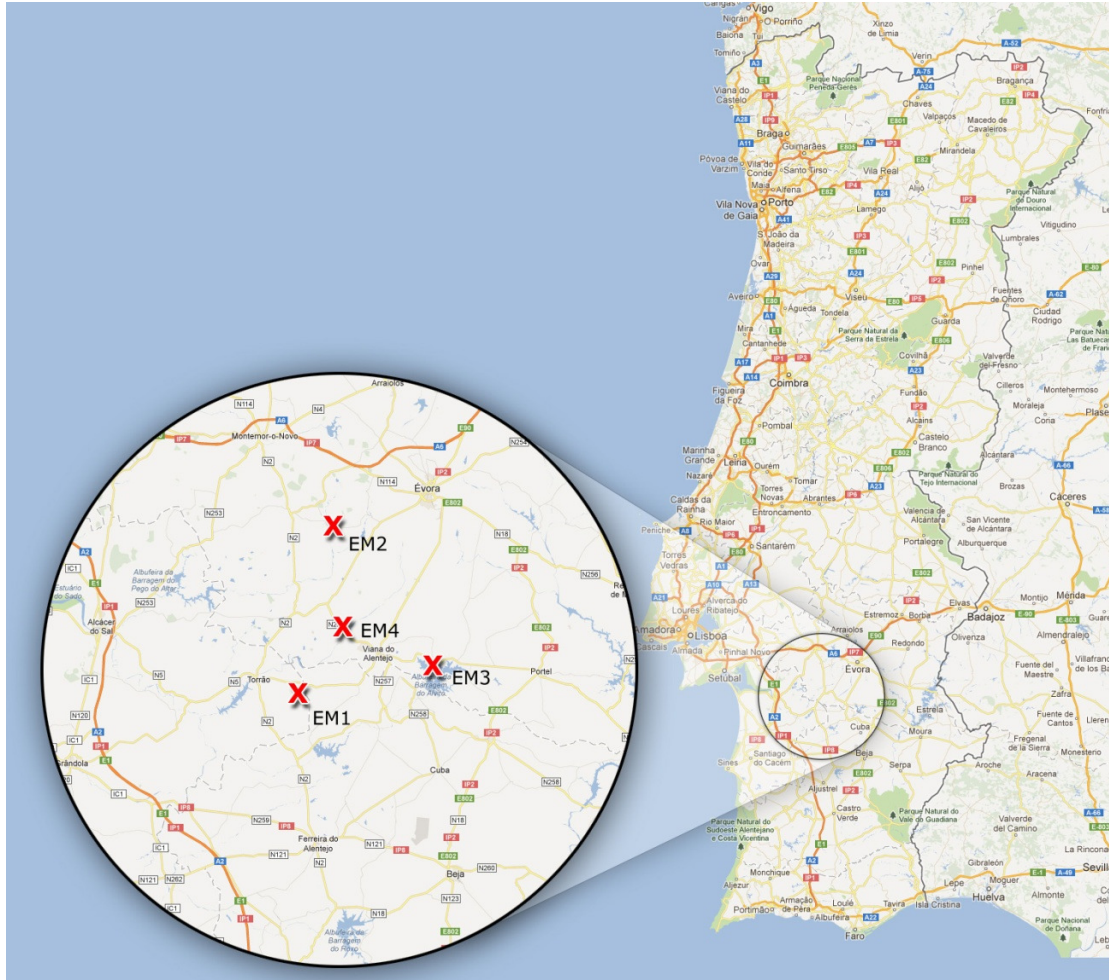


Figura 2.1- Localização dos postos de medição da precipitação sobre mapa de Portugal Continental (Base: Google Maps).

Tabela 2.2 - Posto fictício, EM_5 , representativo da precipitação ponderada na bacia hidrográfica da estação hidrométrica de Torrão do Alentejo (24H/03). Pesos aplicáveis aos postos EM_1 a EM_4 de acordo com o método de Thiessen.

| EM_1 24H/01 UG | EM_2 22H/02 UG | EM_3 24I/01 C | EM_4 23I/01 C |
|---------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| Torrão | Santiago do Escoural | Viana do Alentejo | Alcáçovas |
| 5,70 % | 17,90 % | 60,10 % | 16,40 % |



Figura 2.2 Localização esquemática, por meio de um “pino” vermelho, de posto EM_1 - Torrão (Base: Google Earth).



Figura 2.3 Localização esquemática, por meio de um “pino” vermelho, de posto EM_2 - Santiago do Escoural (Base: Google Earth).



Figura 2.4 Localização esquemática, por meio de um “pino” vermelho, de posto EM_3 - Viana do Alentejo (Base: Google Earth).



Figura 2.5 Localização esquemática, por meio de um “pino” vermelho, de posto EM_4 - Alcáçovas (Base: Google Earth).

2.3 CONSTITUIÇÃO DAS AMOSTRAS

Dada a elevada complexidade de factores influentes na formação e ocorrência de precipitação, não há conhecimento de relações de dependência entre eventos separados por intervalos de tempo relativamente longos, da ordem do ano, sendo globalmente aceite que a precipitação num dado dia, mês ou ano é uma variável aleatória (Naghetini & Pinto, 2007), com realizações independentes entre si, possibilitando a aplicação dos princípios de hidrologia estatística na respectiva análise.

Sendo o objectivo deste estudo determinar se existem evidências de alterações nas quantidades de precipitação ao longo dos anos, interessa avaliar o comportamento dos valores de precipitação anuais, obviamente tendo por base o ano hidrológico, que em Portugal decorre de 01 de Outubro a 30 de Setembro.

Empiricamente constata-se que as quatro estações, Primavera, Verão, Outono e Inverno, têm vindo a sofrer alterações ao nível de quantidade de precipitação, não sendo claro se se trata de uma ‘translação’ inter-sazonal de quantitativos ou se é efectivamente uma consequência da diminuição ou do aumento da quantidade de água anualmente precipitada. A observação dos registos de precipitação anuais evidencia uma grande flutuação de valores, pelo que se entendeu necessário analisar também partes do ano de modo independente (trimestres e semestres), com o objectivo de confirmar ou refutar a referida alteração de condições climáticas sazonais associadas à precipitação. Atendendo a que, de acordo com estudos anteriores (Portela & Quintela, 2011) o mês de Março apresenta um comportamento individualizado, procedeu-se também à análise das precipitações relativas a esse mês em particular.

DETERMINAÇÃO DAS ESCALAS TEMPORAIS DAS AMOSTRAS

Para visualizar a distribuição de precipitação ao longo do ano hidrológico, procedeu-se à obtenção de diagramas cronológicos. Dada a grande quantidade de registos em jogo, optou-se por apenas exemplificar tais diagramas. Assim, apresenta-se na página seguinte (Gráfico 2.1) a representação gráfica das amostras de precipitação mensal, P_{mensal} , no período de 1940/41 a 1959/60 nos diversos postos.

Para suavizar o traçado do gráfico e tornar mais evidente a sazonalidade do regime de precipitações ao longo, quer do ano hidrológico, quer do período de registos, incluiu-se nos gráficos a representação das médias móveis (método descrito na secção 2.4) para intervalos de três meses.

APLICAÇÃO À PRECIPITAÇÃO A DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS

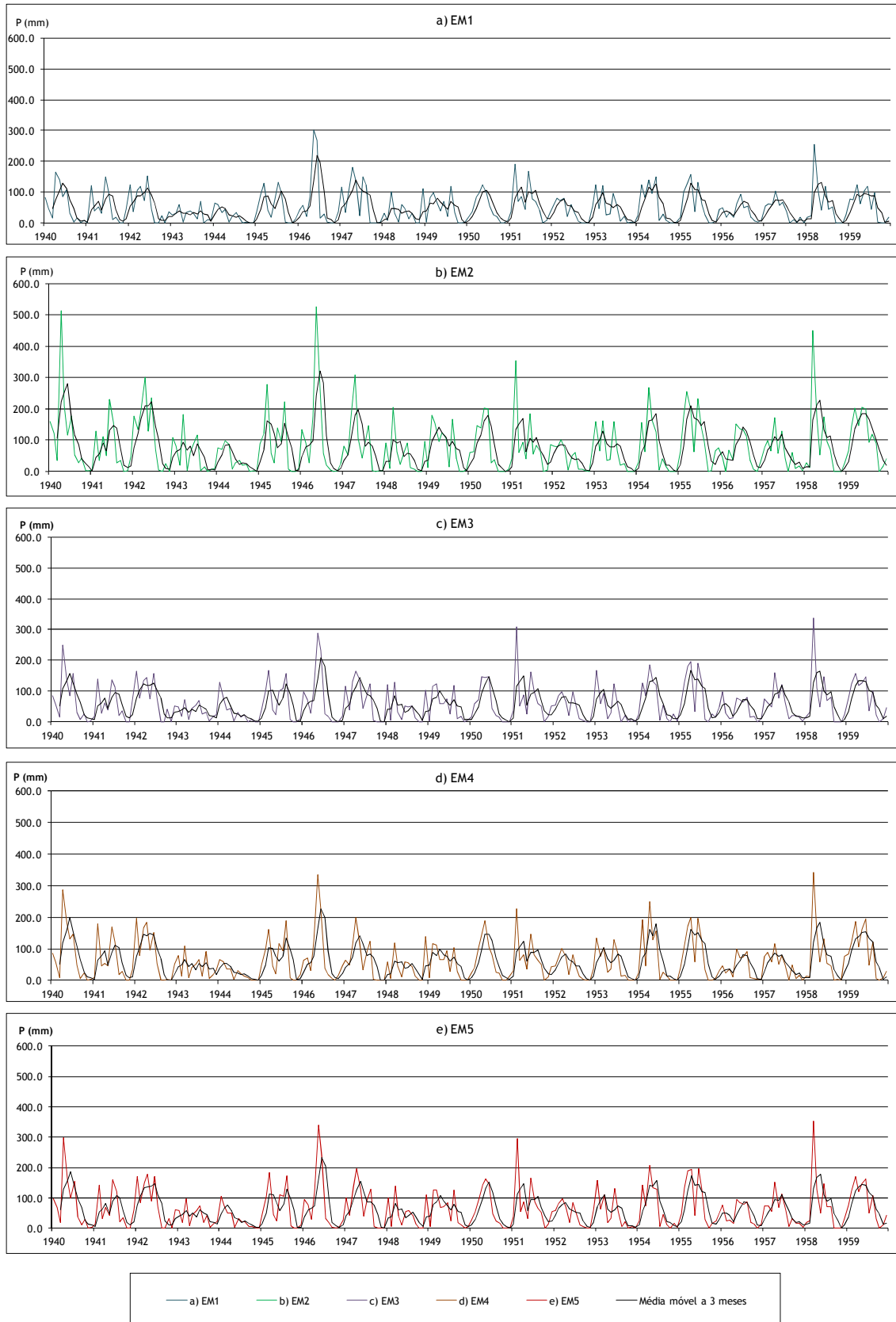


Gráfico 2.1 Precipitação mensal no período de 1940/41 a 1959/60 e representação das correspondentes médias móveis em períodos de três meses nos postos: a) Torrão, EM_1 ; b) Santiago do Escoural, EM_2 ; c) Viana do Alentejo, EM_3 ; d) Alcáçovas EM_4 ; e) representativo da precipitação ponderada na bacia hidrográfica da estação hidrométrica de Torrão do Alentejo, EM_5 .

A análise focada em precipitações anuais e mensais não permite obviamente aceder ao comportamento da variável hidrológica noutras escalas temporais, igualmente pertinentes em termos de valores de projecto, podendo inclusivamente “mascarar” esse comportamento. Por tal motivo, entendeu-se pertinente incluir no estudo os valores máximos diários anuais, ou seja, as designadas precipitações diárias máximas anuais.

Assim e em conclusão, a análise efectuada incidiu sobre os registos de precipitação em cada um dos postos EM_1 a EM_4 da Tabela 2.1, e no posto fictício EM_5 , conforme descritos na Tabela 2.3.

Tabela 2.3 Caracterização das amostras de precipitação em análise.

| Designação | Descrição | Período |
|--|---|-------------|
| P_a | Precipitação acumulada no ano hidrológico: 01 de Outubro a 30 de Setembro | Anual |
| P_m | Precipitação acumulada no mês de Março | Mensal |
| P_{t1} P_{t2} P_{t3} P_{t4} | Precipitação acumulada nos períodos Outubro/Dezembro Janeiro/Março Abril/Junho Julho/Setembro | Trimestrais |
| P_{s1} P_{s2} | Outubro/Março Abril/Setembro | Semestrais |
| P_{ama} | Máximo valor diário registado no ano hidrológico | Diário |

Com excepção do posto EM_5 , em que as amostras de precipitação a uma dada escala temporal foram obtidas por ponderação das amostras a essa escala temporal nos restantes quatro postos, as precipitações neste grupo de postos resultaram directamente da consulta do SNIRH ou foram obtidas por acumulação dos valores assim recolhidos (amostras trimestrais, semestrais e anuais).

DIMENSÃO DAS AMOSTRAS

A partir dos registos de precipitação mensal obtidos nos quatro postos de medição, conforme referido na secção 2.2, foi possível constituir amostras contínuas no intervalo temporal entre os anos hidrológicos de 1933/34 até 2008/09. Com efeito, as falhas registadas até final do ano

hidrológico de 2003/2004 foram preenchidas com os valores retirados de Santos, 2008, e as escassas falhas posteriores a esse ano com as correspondentes médias mensais.

As precipitações diárias máximas anuais apresentavam igualmente algumas falhas, contudo com carácter não tão pontual quanto as falhas a nível mensal e, por vezes, ocorrendo simultaneamente em mais de um posto. Em virtude desta última circunstância, não foi possível concluir, por análise dos registos entre postos vizinhos, se tais falhas foram fortuitas, não alterando assim o conteúdo informativo das amostras, ou se, contrariamente, corresponderam a acontecimentos pluvioso excepcionais, caso em que a sua não consideração altera aquele conteúdo. Por tal motivo, optou-se por reduzir o intervalo de tempo a considerar na análise, de modo a não ocorrerem falhas simultâneas.

Na Tabela 2.4 indicam-se os períodos considerados para as diversas amostras, com indicação dos anos hidrológicos de início e de fim, bem como dimensão das amostras.

Tabela 2.4 Dimensão das amostras.

| Amostras | Ano hidrológico | | Dimensão |
|--|-----------------|---------|----------|
| | Início | Fim | |
| P_a - Anual P_m - Mensal $P_{t1} P_{t2} P_{t3} P_{t4}$ - Trimestrais $P_{s1} P_{s2}$ - Semestrais | 1933/34 | 2008/09 | 76 |
| P_{ama} - Diária | 1934/35 | 1999/00 | 66 |

QUALIDADE DAS AMOSTRAS

Para, de modo expedito, apreciar a qualidade geral das amostras e detectar comportamentos distintos entre amostras relativas a diferentes postos, procedeu-se à aplicação do teste de valores duplamente acumulados que, a uma dada escala temporal, utiliza a representação da precipitação acumulada num determinado posto em função da média acumulada das precipitações em postos vizinhos. Se o posto exibir um comportamento afim ao dos postos vizinhos, a curva que assim resulta não se deve afastar muito do segmento de recta que se obtém unindo o primeiro ponto dessa curva ao último, podendo também flutuar em torno desse segmento.

As amostras consideram-se consistentes em todo o período de observação caso não haja indicação de existência de erros sistemáticos de medição e consideram-se homogéneas quando não existe alteração nos fenómenos de que resultam.

Os resultados do teste de valores duplamente acumulados são apresentados nos Gráfico 2.2, permitindo considerar que o comportamento de cada amostra em análise é consistente com o comportamento regional.

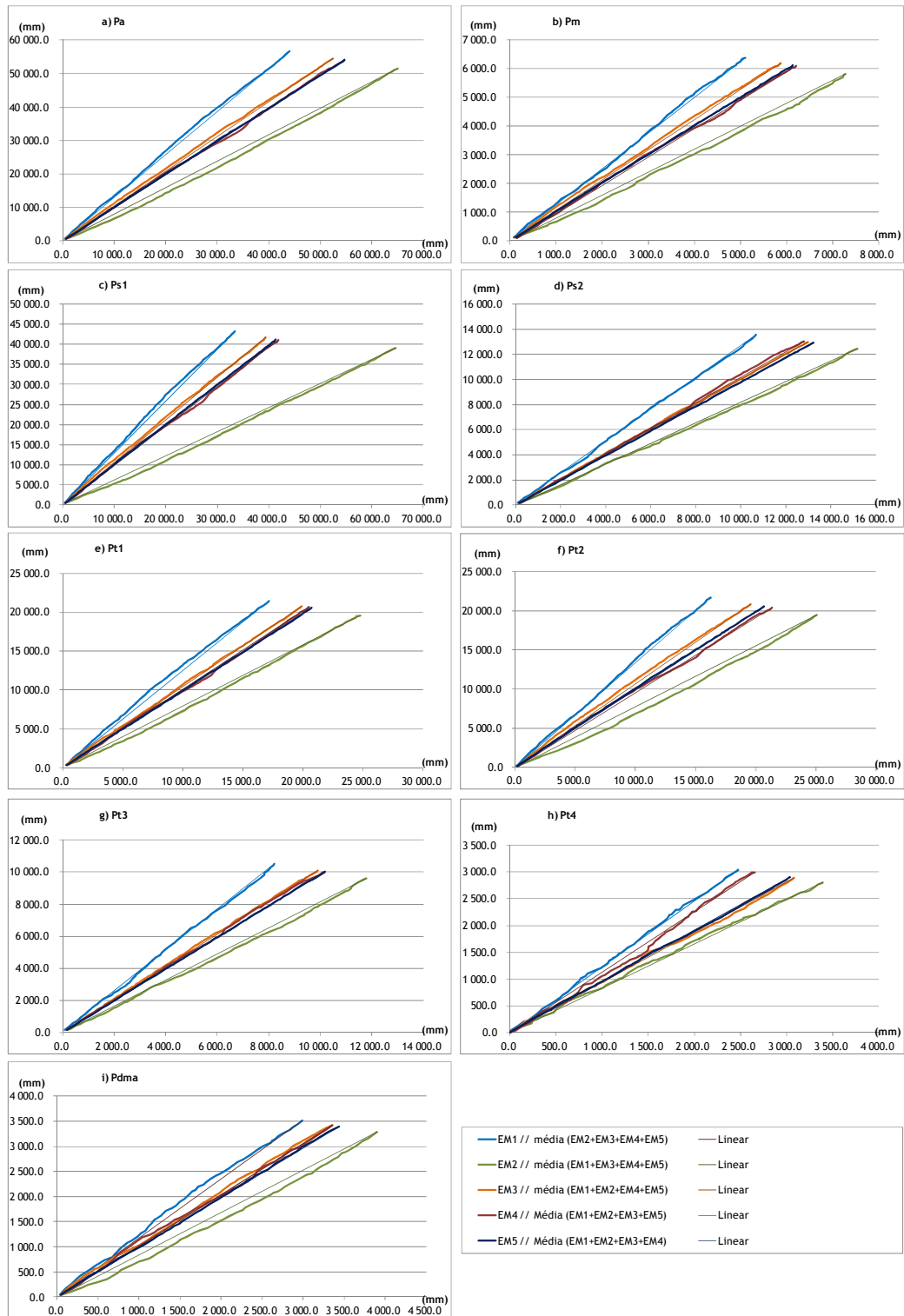


Gráfico 2.2 Teste de valores duplamente acumulados das amostras de precipitação a) anual, P_a , b) no mês de Março, P_m , c) no 1º semestre, P_{s1} , d) no 2º semestre, P_{s2} , e) no 1º trimestre, P_{t1} , f) no 2º trimestre, P_{t2} , g) no 3º trimestre, P_{t3} , h) no 4º trimestre P_{t4} .

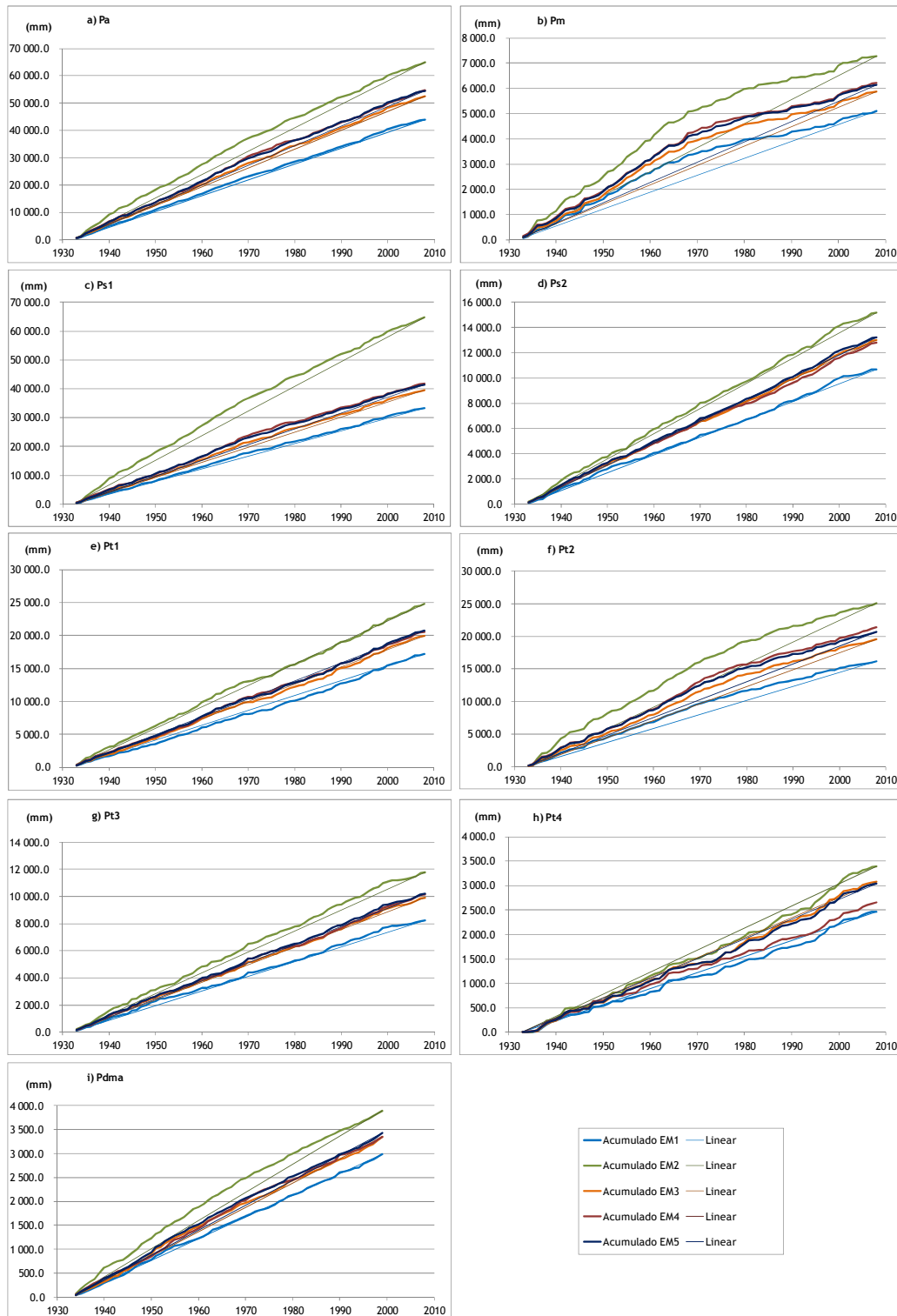


Gráfico 2.3 Teste de valores simplesmente acumulados das amostras de precipitação a) anual, P_a , b) no mês de Março, P_m , c) no 1º semestre, P_{s1} , d) no 2º semestre, P_{s2} , e) no 1º trimestre, P_{t1} , f) no 2º trimestre, P_{t2} , g) no 3º trimestre, P_{t3} h) no 4º trimestre P_{t4} .

Em complemento do anterior tratamento procedeu-se ainda à aplicação do teste de valores simplesmente acumulados que procede à representação da precipitação acumulada num dado posto, a uma dada escala temporal, em função do tempo. Trata-se de um teste geral de apreciação da qualidade e de detecção de quebras de homogeneidade, considerando-se não

existirem ocorrências a assinalar se a curva que resulta do teste não se afastar muito do segmento de recta que se obtém unindo o primeiro ponto dessa curva ao último (designada por “linear” nos gráficos), podendo também flutuar em torno desse segmento.

Os resultados obtidos estão representados no Gráfico 2.3, evidenciando que nem sempre se estará em presença de amostras homogêneas, como mostram algumas das curvas, por exemplo as referentes ao posto Santiago do Escoural, EM_2 , ou ao mês de Março, P_m , neste último caso, em todos os postos.

2.4 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS (EDA)

A representação gráfica dos valores de precipitação, em função do tempo, para os vários períodos em análise apresentam grande flutuação, sendo de difícil leitura e apreensão de tendências ou padrões.

As alterações numa amostra de dados podem ocorrer de forma gradual (tendência), abrupta (salto) ou numa conjugação de ambas. Estas alterações, a existir, deverão ser evidentes nos diversos parâmetros das amostras (as designadas estatísticas amostrais), sobre os quais se fez incidir a análise levada a cabo no âmbito da presente dissertação. Seguidamente, explicitam-se as estatísticas amostrais para o efeito.

MÉDIA

O mais importante parâmetro de localização é a média ou valor médio e representa o “centro de gravidade” do sistema. É um parâmetro de localização, e a sua alteração indicia o aumento ou diminuição dos valores como um todo.

A média de uma amostra constituída por N valores $X(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ designa-se por \bar{x} e, para dados não classificados, define-se por (Guimarães, 2011):

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (\text{Eq. 2.1})$$

DESVIO-PADRÃO

Uma importante medida de dispersão é o desvio-padrão que mostra o comportamento do conjunto de desvios em relação à média. Se a dispersão é grande, os desvios dos dados em relação à média são grandes e o desvio-padrão será elevado. O contrário também se verifica, quando os desvios são pequenos. Só é possível a comparação directa entre valores de duas amostras quando se verifica em simultâneo a medição das observações ser feita na mesma unidade e terem a mesma média.

O desvio-padrão de uma amostra constituída por n valores $X(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ designa-se por S e, para dados não classificados, define-se por (Guimarães, 2011)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad (\text{Eq. 2.2})$$

O viés estatístico é uma medida de qualidade de um estimador e é calculado como a diferença entre o verdadeiro valor do parâmetro e o valor esperado do estimador em apreço, designadamente, em presença de amostras com dimensão reduzida face à dimensão do universo de onde provêm, como sejam as amostras de variáveis hidrológicas. O viés expressa o erro sistemático ou tendenciosidade, causado por a amostra não cobrir de forma completa a população alvo, havendo omissão de indivíduos que deveriam ser considerados.

Na presente análise foi utilizado o desvio-padrão com correcção do viés, calculado por:

$$S^{viés} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N-1}} \quad (\text{Eq. 2.3})$$

COEFICIENTE DE ASSIMETRIA

A assimetria é o grau de desvio, ou afastamento da simetria, de uma distribuição. Quando se trabalha com distribuições de frequências, a assimetria pode ser estudada considerando a posição relativa dos três parâmetros de localização: média, mediana e moda. Assim, nas distribuições simétricas estes três parâmetros coincidem. Nas distribuições assimétricas positivas (desviadas para a direita) tem-se que $média > mediana > moda$; nas distribuições assimétricas negativas (desviadas para a esquerda) verifica-se que $média < mediana < moda$ (Guimarães, 2011).

A assimetria de uma amostra avalia-se pelo coeficiente de assimetria, g , sendo o valor deste coeficiente positivo nos desvios para a direita e negativo nos desvios para a esquerda (estimador com correcção do viés), define-se por (Guimarães, 2011):

$$g = \frac{N \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^3}{(N-1)(N-2)S^3} \quad (\text{Eq. 2.4})$$

COEFICIENTE DE VARIAÇÃO

O coeficiente de variação é dado pelo quociente entre o desvio-padrão e a média, indica a maior ou menor relevância do desvio-padrão, dependendo da dimensão da média. É um parâmetro adimensional que mede a variabilidade da amostra e define-se por (Guimarães, 2011):

$$C = \frac{S}{\bar{x}} 100\% \quad (\text{Eq. 2.5})$$

Quanto maior o coeficiente de variação, maior é o desvio-padrão em relação à média, isto é, mais dispersos estão os dados em torno da média. Sendo um parâmetro adimensional, permite comparação directa de valores entre amostras.

Quando não é multiplicado por 100 designa-se coeficiente de dispersão:

$$C_d = \frac{s}{\bar{x}} \quad (\text{Eq. 2.6})$$

TÉCNICA DAS MÉDIAS MÓVEIS

Para avaliar e comparar a evolução do comportamento de cada uma das anteriores estatísticas amostrais, em cada uma das amostras de precipitação disponíveis, recorreu-se à aplicação da técnica de médias móveis, conforme descrito em Portela & Quintela, 2001.

Para o ano e para cada uma das épocas do mesmo consideradas, a análise em questão baseou-se na determinação das médias dos correspondentes registos da precipitação em grupos de n anos consecutivos, com início sucessivamente em cada um dos anos hidrológicos do período de registos (Figura 2.6). Trata-se, portanto, de uma análise de médias móveis em grupos de n anos hidrológicos.

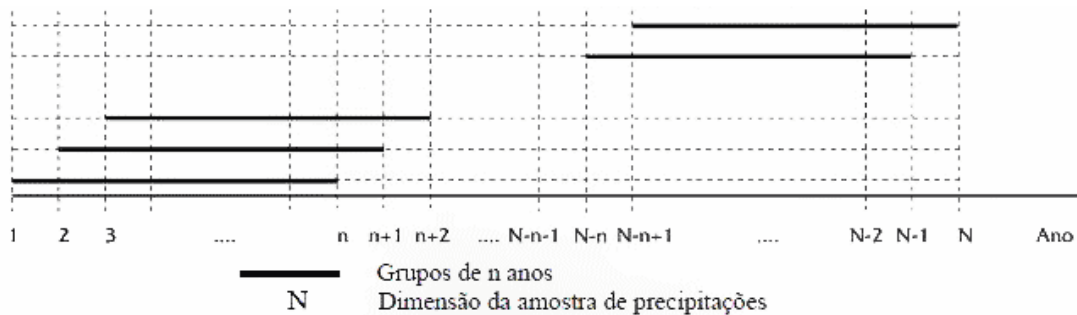


Figura 2.6 Grupos de n anos hidrológicos consecutivos utilizados na determinação de médias móveis (figura retirada de Portela & Quintela, 2001).

Designa-se por P_i a precipitação no ano i (na totalidade do ano ou numa determinada época desse ano) e por N e \bar{P} a dimensão e a média da correspondente amostra de valores da precipitação, respectivamente.

$$\bar{P} = \frac{\sum_{i=1}^N P_i}{N} \quad (\text{Eq. 2.7})$$

Seja n o número de anos de cada um dos sucessivos grupos adoptados na descrição por médias móveis da anterior amostra de valores da precipitação. O primeiro grupo analisado decorre entre o ano 1 e o ano $1 + (n - 1) = n$, e o grupo de ordem i inicia-se no ano i e termina no ano $i + (n - 1)$. O número total de grupos analisados é, portanto, de $N - n + 1$, representando, este último resultado, também o número de ordem do ano em que se inicia o

último grupo (Figura 2.6). A média da precipitação respeitante ao grupo de ordem i , \bar{P}_i é dada por:

$$\bar{P}_i = \frac{\sum_{k=i}^{i+(n-1)} P_k}{n} \quad (\text{Eq. 2.8})$$

As sucessivas médias móveis das amostras das precipitações relativas ao ano e a cada uma das épocas consideradas foram representadas em diagramas cronológicos em que cada média móvel foi imputada ao primeiro ano do correspondente grupo de n anos consecutivos.

A técnica das médias móveis permite atenuar as flutuações de curto período numa dada amostra, evidenciando, em simultâneo, as tendências ou os ciclos longos existentes nessa amostra. O aumento da dimensão do intervalo de cálculo das médias móveis leva a uma diminuição do número de subconjuntos sobre os quais recai a análise. Tal intervalo não deve ser inferior a 15 anos, por forma a assegurar que as médias móveis são estatisticamente representativas (Portela, *et al.*, 2011).

Para concluir acerca do efeito da dimensão adoptada no cálculo das médias, procedeu-se à representação por médias móveis das precipitações propriamente ditas, mas também dos desvios-padrão e dos coeficientes de assimetria e de variação relativos às amostras de precipitações anuais nos cinco postos analisados para as dimensões de 15, 20 e 25 anos, conforme representado no Gráfico 2.4 e no Gráfico 2.5.

No caso dos coeficientes dos desvios-padrão e dos coeficientes de assimetria e de variação é fundamental ter presente que o procedimento aplicado é, por assim dizer, uma generalização da técnica de médias móveis já que utiliza o cálculo de cada uma das anteriores estatísticas nos sucessivos períodos de n anos consecutivos, não estando em causa, portanto, médias propriamente ditas. Contudo, unicamente com o propósito de agilizar a exposição, tais situações são frequentemente referenciadas por médias móveis dos desvios padrões ou dos coeficientes de assimetria e de variação.

A observação dos referidos gráficos mostra que o comportamento dos quatro parâmetros, de todas as amostras e em todos os postos, é semelhante para os três períodos adoptados no cálculo, pelo que se optou por prosseguir com o intervalo de 20 anos, conseguindo-se assim um compromisso entre o teor da informação que se extrai das médias móveis e a quantidade de dados.

Tendo-se optado pela dimensão de 20 anos, procedeu-se à obtenção dos gráficos equivalentes aos apresentados, para todas as estatísticas amostrais e escalas temporais (apresentados no Anexo II).

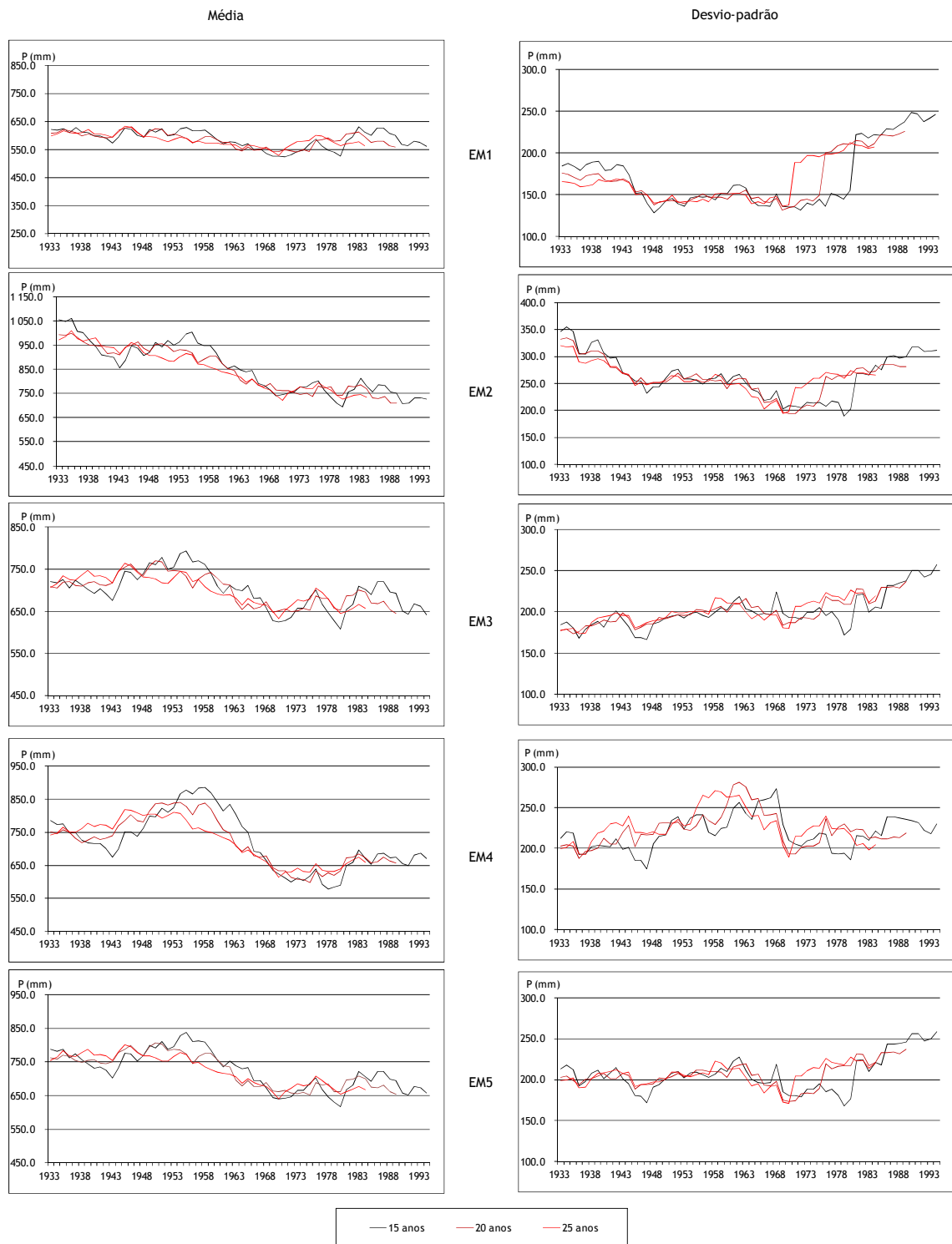


Gráfico 2.4 Representação gráfica das médias móveis (gráficos do lado direito) e dos desvios-padrão (gráficos do lado esquerdo) das amostras de precipitações anuais em períodos de 15, 20 e 25 anos nos postos (de cima para baixo) Torrão, EM_1 , Santiago do Escoural, EM_2 , Viana do Alentejo, EM_3 , Alcáçovas, EM_4 , representativo da precipitação ponderada na bacia hidrográfica da estação hidrométrica de Torrão do Alentejo, EM_5 .

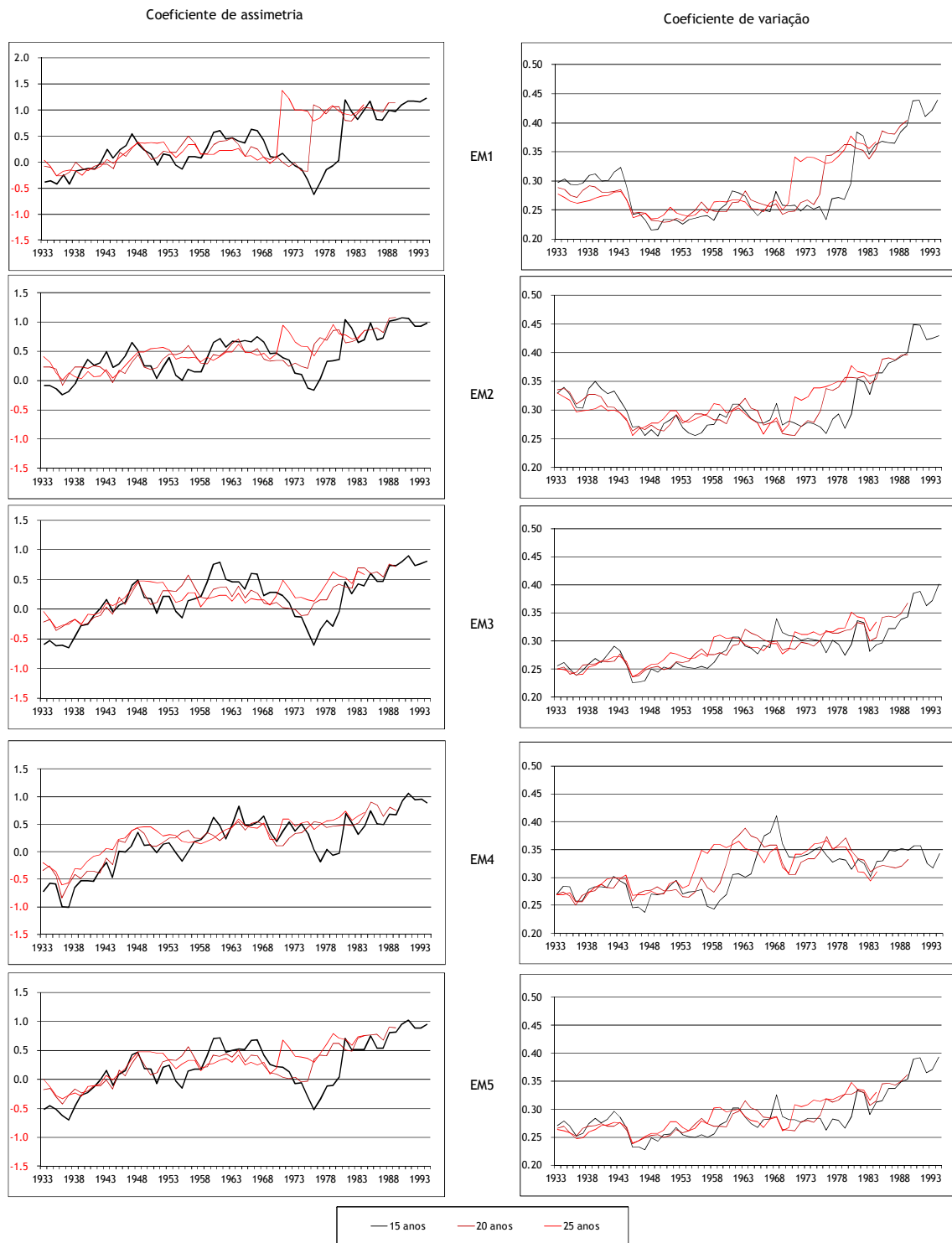


Gráfico 2.5 Representação gráfica dos coeficientes de assimetria (gráficos do lado direito) e de variação (gráficos do lado esquerdo) das amostras de precipitações anuais em períodos de 15, 20 e 25 anos nos postos (de cima para baixo) Torrão, EM_1 , Santiago do Escoural, EM_2 , Viana do Alentejo, EM_3 , Alcáçovas, EM_4 , representativo da precipitação ponderada na bacia hidrográfica da estação hidrométrica de Torrão do Alentejo, EM_5 .

Tendo em vista possibilitar a comparação de resultados entre postos, houve necessidade de adimensionalizar as médias móveis e os sucessivos valores dos desvios-padrão da precipitação, uma vez que não se tratam de estimadores adimensionais e que a sua ordem de magnitude pode variar entre postos.

Média

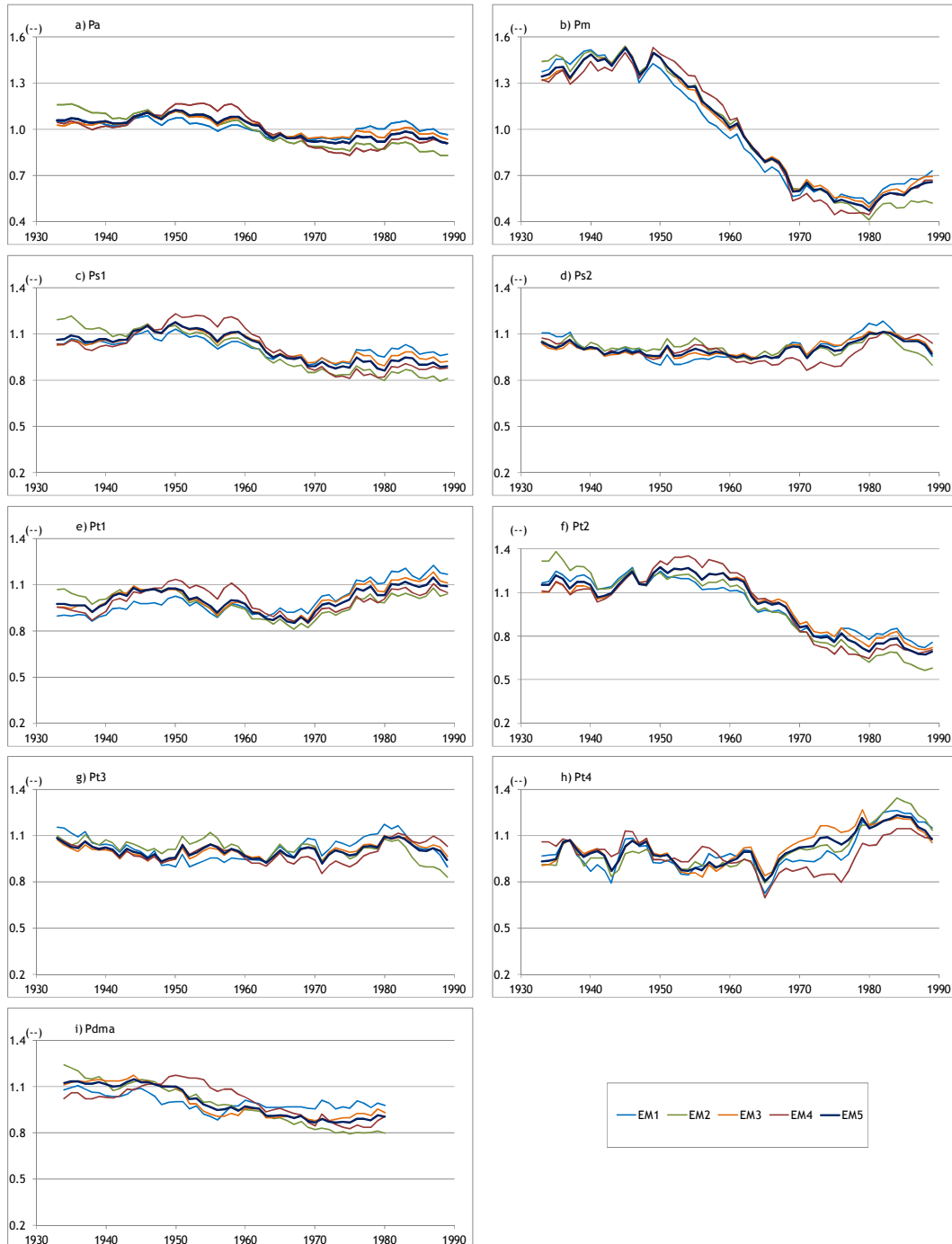


Gráfico 2.6 Médias móveis adimensionais em períodos sequenciais de 20 anos. Precipitação: a) anual, P_a , b) no mês de Março, P_m , c) no 1º semestre, P_{s1} , d) no 2º semestre, P_{s2} , e) no 1º trimestre, P_{t1} , f) no 2º trimestre, P_{t2} , g) no 3º trimestre, P_{t3} , h) no 4º trimestre, P_{t4} .

Desvio-padrão

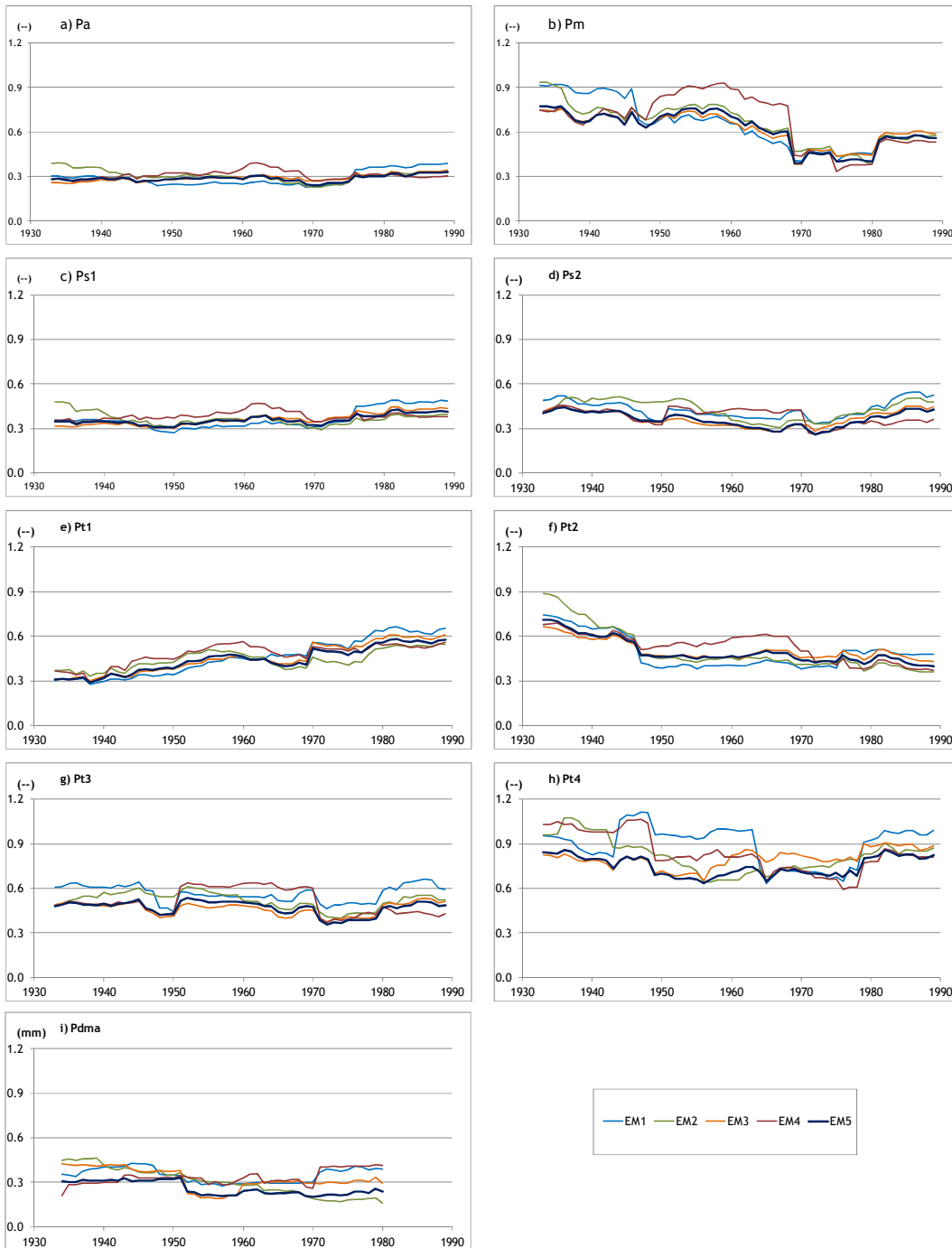


Gráfico 2.7 Desvios-padrão adimensionais em períodos sequenciais de 20 anos. Precipitação: a) anual, P_a , b) no mês de Março, P_m , c) no 1º semestre, P_{s1} , d) no 2º semestre, P_{s2} , e) no 1º trimestre, P_{t1} , f) no 2º trimestre, P_{t2} , g) no 3º trimestre, P_{t3} , h) no 4º trimestre, P_{t4} .

Para tanto, num dado posto e a uma dada escala temporal, procedeu-se à divisão dos valores de cada uma daquelas estatísticas, nos sucessivos períodos de 20 anos consecutivos, pela média da precipitação a essa escala e nesse posto, no período global de registos. Os

resultados obtidos são apresentados no Gráfico 2.6 para a média e no Gráfico 2.7 para o desvio-padrão.

O Gráfico 2.6 e o Gráfico 2.7 evidenciam grande uniformidade de comportamento das amostras nos diversos postos considerados, para cada escala temporal, reforçando as conclusões retiradas dos testes de valores duplamente acumulados (Gráfico 2.2), concluindo-se que existe consistência de comportamento a nível da região onde os postos se inserem.

Em complemento do tratamento anterior, traçaram-se linhas de tendência linear, LTL, permitindo uma melhor visualização do desenvolvimento dos valores. A Figura 2.7 resume, por meio de cores, as tendências crescentes ou decrescentes das LTL representadas nos gráficos apresentados no Anexo II (Gráfico A.1 a Gráfico A.16). Segue-se uma apreciação geral dos resultados obtidos que, para o efeito, foram sistematizados de acordo as diferentes escalas temporais consideradas. São, assim, realçadas as tendências sugeridas pelos diagramas das médias móveis, importando desde já anotar que tais tendências carecem de uma análise suplementar, objecto do capítulo 4, tendo em vista averiguar se são ou não estatisticamente significativas.

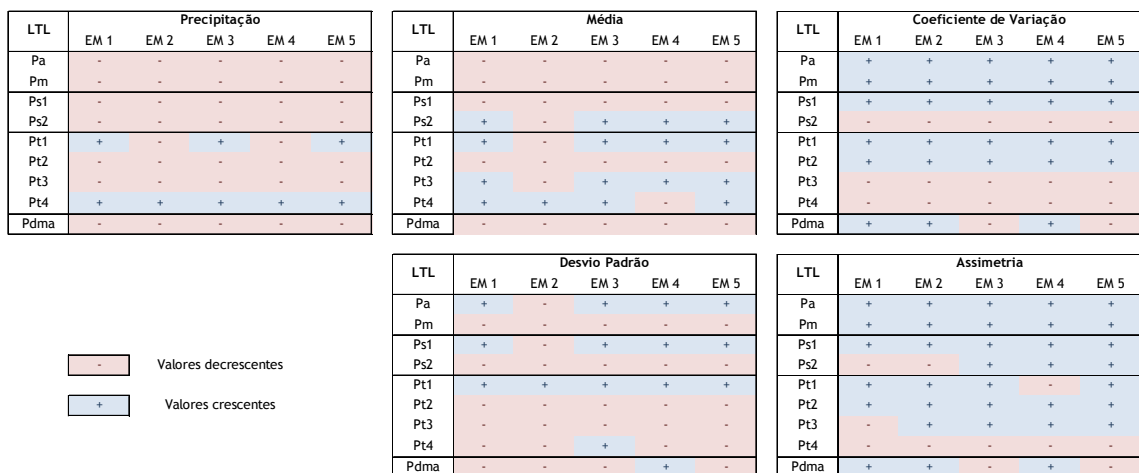


Figura 2.7 Esquematisação das tendências lineares observadas na evolução da precipitação, nas correspondentes médias móveis, bem como nas representações dos desvios-padrão e dos coeficientes de assimetria e de variação em todos os postos analisados.

PRECIPITAÇÃO ANUAL P_a

A representação gráfica da precipitação anual bem como dos seus parâmetros estatísticos são apresentados no Anexo II (Gráfico A.1 e Gráfico A.2).

Pode observar-se que, tanto os valores da precipitação (quando expressos em termos adimensionais ou não), como as médias móveis correspondentes, apresentam tendência decrescente em todos os postos. À excepção do posto EM_2 , as médias móveis dos desvios-padrão apresentam tendência crescente. Há, assim, a sugestão de que, independentemente

de as tendências percebidas serem ou não estatisticamente significativas, há uma diminuição no quantitativo anual da precipitação, acompanhada de um aumento da variabilidade entre anos. As médias móveis dos coeficientes de assimetria e de variação sugerem uma tendência de aumento em todos os postos.

PRECIPITAÇÃO DO MÊS DE MARÇO, P_m

A representação gráfica da precipitação anual bem como dos seus parâmetros estatísticos são apresentados no Anexo II (Gráfico A.3 e Gráfico A.4).

Pode constatar-se que tanto a precipitação, como as médias móveis dessa precipitação e do correspondente desvio-padrão apresentam tendência acentuadamente decrescente. À semelhança da precipitação anual, aparenta haver diminuição acentuada dos quantitativos da precipitação neste mês, com diminuição de variabilidade entre anos. As médias móveis dos coeficientes de assimetria e de variação denotam variação contrária, tendência crescente.

PRECIPITAÇÃO SEMESTRAL, P_{s1} E P_{s2}

A representação gráfica da precipitação anual bem como dos seus parâmetros estatísticos são apresentados no Anexo II (Gráfico A.5 a Gráfico A.8).

Ambos os semestres apresentam tendência de diminuição dos quantitativos da precipitação, embora a representação adimensional relativa ao segundo semestre não seja tão expressiva. A tendência evidenciada na representação das médias móveis da amostra do primeiro semestre, P_{s1} , é concordante com a tendência da amostra. No entanto, no segundo semestre, as médias móveis apresentam tendência crescente, com exceção do posto EM_2 , contrária à amostra a que correspondem. Refere-se que os declives das linhas de tendência linear traçadas apresentam valor baixo, como se pode observar nos Gráfico A.7 e Gráfico A.8.

No primeiro semestre (P_{s1} , semestre húmido) as médias móveis dos desvios-padrão das sucessivas subséries de 20 anos mostram tendência crescente, com exceção do posto EM_2 , assim com as médias móveis dos coeficientes de assimetria e de variação móvel, também com tendência crescente em todos os postos.

No segundo semestre, as médias móveis dos desvios-padrão das sucessivas subséries de 20 anos mostram tendência decrescente. O coeficiente de assimetria apresenta tendência decrescente nos postos EM_1 e EM_2 , e crescente nos restantes, enquanto o coeficiente de variação tem tendência decrescente em todos os postos.

PRECIPITAÇÃO TRIMESTRAL, P_{t1} , P_{t2} , P_{t3} E P_{t4}

A representação gráfica da precipitação anual bem como dos seus parâmetros estatísticos são apresentados no Anexo II (Gráfico A.9 a Gráfico A.16).

No primeiro trimestre, a precipitação, P_{t1} , mostra tendência crescente nos postos EM_1 , EM_3 e EM_5 e decrescente nos restantes postos. Tanto no segundo como no terceiro trimestre, P_{t2} e P_{t3} , a tendência da precipitação é sempre crescente enquanto, no quarto trimestre, P_{t4} , é sempre decrescente. Nas representações adimensionais das médias móveis (Gráfico 2.6) é evidente a diminuição da precipitação no segundo trimestre, P_{t2} , em todos os postos, enquanto que nos restantes, embora não tão pronunciado, se denota aumento nos primeiro e quarto trimestre, não sendo evidente a evolução no terceiro trimestre.

As médias móveis a 20 anos apresentam tendência decrescente no segundo trimestre, P_{t2} , apresentando na generalidade dos restantes postos uma tendência crescente.

Os desvios-padrão só apresentam tendência crescente no primeiro trimestre, P_{t1} , sendo as tendências decrescentes ou indiferenciadas nos restantes trimestres, P_{t2} , P_{t3} e P_{t4} (com excepção pontual do posto EM_3 no quarto trimestre). Os coeficientes de assimetria apresentam tendência decrescente na generalidade dos postos nos três primeiros trimestres, P_{t1} , P_{t2} e P_{t3} , enquanto no quarto trimestre, P_{t4} , se mantêm com tendência crescente. Os coeficientes de variação nos dois primeiros trimestres, P_{t1} e P_{t2} , têm tendência crescente (à semelhança do primeiro semestre, P_{s1}), enquanto nos dois últimos, P_{t3} e P_{t4} , é sempre decrescente (também semelhante ao segundo semestre, P_{s2}).

PRECIPITAÇÃO DIÁRIA MÁXIMA ANUAL, P_{dma}

A representação gráfica da precipitação anual bem como dos seus parâmetros estatísticos são apresentados no Anexo II (Gráfico A.17 e Gráfico A.18).

Pode constatar-se que tanto a precipitação, como as médias móveis dessa precipitação, apresentam tendência acentuadamente decrescente, incluindo as relativas ao desvio-padrão (neste caso, com excepção do posto EM_4). Os coeficientes de assimetria apresentam tendência crescente em três dos postos, EM_1 , EM_2 e EM_4 , e decrescente nos outros dois, EM_3 e EM_5 .

2.5 RESUMO DA ANÁLISE DE DADOS

Analisando os quatro trimestres, correspondentes às quatro estações do ano, a precipitação tende a diminuir no segundo trimestre, Inverno P_{t2} , (semelhante ao mês de Março, P_m)

apresentando tendência crescente nos restantes. À exceção do primeiro trimestre, Outono P_{t1} , que mostra tendência para ocorrência de valores mais afastados da média, os restantes trimestres tendem a ter ocorrências mais próximas do valor esperado.

Relativamente aos períodos semestrais, que reflectem os períodos habitualmente designados por seco e húmido, constata-se que, enquanto o primeiro semestre, húmido P_{s1} , mostra tendência para uma diminuição da precipitação com maior amplitude de ocorrências, o segundo semestre, seco P_{s2} , apresenta o comportamento oposto, com aumento do valor médio e aproximação das ocorrências ao valor esperado (menor amplitude).

Anualmente, P_a , aparenta uma tendência decrescente da precipitação com aumento da dispersão dos valores, enquanto no mês de Março, P_m , a dispersão tende a diminuir, mantendo-se a tendência decrescente da correspondente precipitação.

Os valores máximos de precipitação diária, P_{dma} , evidenciam evolução no sentido de diminuição dos valores, também com redução da amplitude.

3 METODOLOGIA DE ANÁLISE

3.1 INTRODUÇÃO

Após a análise exploratória apresentada no capítulo antecedente, é necessário averiguar, quer se as tendências então detectadas são ou não estatisticamente significativas, quer se, do ponto de vista estatístico, estão assegurados outros requisitos que permitem considerar as amostras adequadas ao subsequente tratamento, tendo em vista, por exemplo, estabelecer valores de projecto. Para o efeito, recorreu-se à aplicação de um leque alargado de testes estatísticos, concretamente, de 19 testes, às amostras de precipitações nos diferentes postos e às diferentes escalas temporais.

Para a correcta aplicação desses testes de hipóteses, é necessário conhecê-los e garantir o cumprimento dos pressupostos de cada um deles. Antecedendo a aplicação de um dado teste é necessário definir a hipótese nula, que traduz a questão para a qual se pretende obter resposta através do teste.

A rejeição ou não rejeição de determinada hipótese nula é feita a partir da comparação da estatística calculada através do teste com determinados valores críticos, também indicados no desenvolvimento subsequente deste capítulo, que são específicos de cada teste de hipóteses.

Cada teste define a sua estatística, calculada a partir dos parâmetros da amostra (definição do teste). O cálculo desta estatística foi feito com auxílio de duas formas de cálculo: a primeira na forma de programa informático (Chiew & Siriwardena, 2005), e a segunda sob a forma de folha de cálculo do Excel (Portela M. M., 2012).

3.2 APLICAÇÃO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA NA DETECÇÃO DE ALTERAÇÕES EM AMOSTRAS LONGAS DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

Conforme referido no capítulo anterior, a análise estatística é um método, aplicado no estudo de variáveis do processo hidrológico, reconhecido a nível mundial como eficaz na análise de variações nessas variáveis, fundamentando e credibilizando os resultados obtidos. Como parte integrante dessa análise, é possível encontrar diversos estudos com aplicação de testes estatísticos, nomeadamente Pereira et.al, 2003, Portela & Naghettini, 2011, Portela M. M., et.al, 2011 e Durrant, 2009.

De acordo com Naghettini & Pinto, 2007, a precipitação a dadas escalas temporais tem uma natureza estatística pois, por depender de muitos factores aleatórios que se sobrepõem aos

factores expectáveis, não é possível estabelecer relações funcionais e unívocas com outras variáveis características de processos hidrológicos.

Mediante o estudo estatístico das amostras hidrológicas disponíveis é possível determinar, de um modo tão inequívoco e exacto quanto possível, se existem alterações significativas nos registos ou nos seus parâmetros característicos.

Para que a aplicação de um teste de hipóteses apresente resultados fiáveis, é necessário avaliar o teste de hipóteses a aplicar, bem como os pressupostos que a variável tem de cumprir, nomeadamente quanto à forma da distribuição, estacionariedade (continuidade, constância) e independência (Kundzewicz & Robson, 2004), aspectos que se passam a clarificar, embora de modo breve.

FORMA DA DISTRIBUIÇÃO

Alguns testes ‘exigem’ que a variável tenha distribuição de probabilidades aproximada a uma distribuição conhecida (Student, Normal, etc.), enquanto outros não dependem desta característica, tais como testes baseados na classificação dos valores (e não nos dados da série), os testes que ‘transformam’ as classificações em amostras com distribuição aproximada à normal e os testes que recorram ao método de re-amostragem² (Kundzewicz & Robson, 2004).

ESTACIONARIEDADE

Uma série temporal é dita estacionária se as suas propriedades estatísticas não mudam ao longo do tempo, com média e variância constantes (Mattos, 2011). O pressuposto de que todos os dados têm distribuição idêntica é violado na ocorrência de variações sazonais ou cíclicas, como é o caso da precipitação ao longo do ano.

INDEPENDÊNCIA

Os dados, quando independentes, não apresentam qualquer estrutura de dependência ou de correlação entre si (entre dados consecutivos ou entre dados intervalados de períodos de tempo fixos), i.e., não são correlacionados.

² resampling em inglês

3.3 AVALIAÇÃO DOS TESTES DE HIPÓTESES

O teste de hipóteses é um procedimento estatístico que tem por objetivo ajudar o investigador a tomar uma decisão em relação a uma população através da observação de uma amostra desta população (Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011). Por definição, permite decidir entre duas hipóteses contrárias e complementares, referentes a um ou mais valores dos parâmetros do universo ou a dadas premissas.

A partir de uma função especificada (com base numa amostra e seus parâmetros) faz-se uma conjectura sobre um ou vários parâmetros, colocando-se a hipótese nula, H_0 , e a sua complementar, H_1 designada por hipótese alternativa. A hipótese posta pode ser simples, por exemplo, sugerindo um só valor para o parâmetro da população, ou composta, em que o parâmetro da população se situa num intervalo.

A hipótese nula é considerada verdadeira ao longo do procedimento de teste até ao momento em que haja evidência estatística clara apontando em sentido contrário, caso em que H_0 é rejeitada. Quando isto sucede, aceita-se como válida a hipótese alternativa.

Com base nos parâmetros da amostra objecto da aplicação de testes, procede-se à aplicação do teste estatístico, com cálculo da correspondente estatística, seguido da sua comparação com o valor crítico, próprio de cada teste, e da subsequente decisão de que a hipótese nula é verdadeira ou falsa.

Esta decisão tem um risco associado de se tomar a decisão errada, i.e., rejeitar H_0 sendo esta verdadeira, erro tipo I ou de primeira espécie, ou não rejeitar H_0 sendo esta falsa, erro tipo II ou de segunda espécie (Tabela 3.1). As probabilidades de cometer erro do tipo I e erro do tipo II estão associadas, e não é possível reduzir um sem aumentar o outro.

Para definir uma regra de decisão é necessário fixar previamente o nível de significância do teste, representado por α , que estabelece a probabilidade máxima de acontecer um erro de tipo I e rejeitar acidentalmente uma hipótese nula verdadeira. O ponto de separação, ponto crítico, entre uma diferença significativa e uma diferença não significativa, depende do risco de cometer um erro de tipo I que o decisor está disposto a correr.

Um resultado que é significativo ao nível de 1% é mais significativo do que um resultado que é significativo ao nível de 5%. No entanto, um teste ao nível de 1% é mais susceptível de padecer do erro de tipo II do que um teste de 5% e por isso será menos potente (Reis & Júnior, 2007).

Tabela 3.1 Análise de erros.

| Decisão baseada na amostra | Situação real | |
|----------------------------|---|---|
| | H_0 é verdadeira | H_0 é falsa |
| Não rejeitar H_0 | Decisão correcta $P(\text{não rejeitar } H_0 H_0 \text{ é verdadeira}) = 1 - \alpha$ | Decisão incorrecta $P[\text{erro tipo II}] = \beta$ |
| Rejeitar H_0 | Decisão incorrecta $P[\text{erro tipo I}] = \alpha$ | Decisão correcta $P(\text{rejeitar } H_0 H_0 \text{ é falsa}) = 1 - \beta$ |

TESTES PARAMÉTRICOS E NÃO PARAMÉTRICOS

Os testes de hipóteses dividem-se em paramétricos e não paramétricos. Habitualmente, os testes paramétricos são mais rigorosos e possuem mais pressupostos para sua validação. Já os não paramétricos procedem à substituição dos valores originais pelo correspondente número de ordem em lista ordenada, para o cálculo de sua estatística, e são independentes da distribuição de probabilidades dos dados estudados.

Os testes paramétricos utilizam os parâmetros da distribuição, ou uma estimativa destes, sendo formulados com base nas observações amostrais. Habitualmente, a população de onde se retira a amostragem tem distribuição normal, ou outra com modelo distributivo conhecido ou previamente estabelecido.

Os testes não paramétricos são formulados com base em algumas das características ou atributos das observações amostrais (ordens de classificação ou diferenças entre dados) não sendo necessário o conhecimento prévio do modelo distributivo da população de origem.

3.4 CÁLCULO DAS ESTATÍSTICAS ASSOCIADAS AOS TESTES DE HIPÓTESES

A investigação efectuada recorreu à análise estatística das amostras disponíveis, por meio de aplicação de testes paramétricos e não-paramétricos, com o objectivo de recolher evidências em tais amostras que justificassem a aceitação ou a rejeição das hipóteses avançadas, indicadoras de alteração do comportamento da precipitação a diferentes escalas temporais. A presente secção contém os aspectos fundamentais relativos aos procedimentos para o efeito aplicados, incluindo a identificação dos testes estatísticos aplicados às amostras de precipitações.

3.4.1 CÁLCULO COM RECURSO AO PROGRAMA INFORMÁTICO TREND

Recorrendo ao programa TREND (Chiew & Siriwardena, 2005), aplicaram-se doze testes estatísticos (bilaterais) às amostras de dados anuais atrás referidas. Este programa informático foi desenvolvido para facilitar o cálculo associado a análise estatística de detecção de tendências, alterações e aleatoriedade de séries de dados hidrológicos, de acordo com Formação dada por WMO/UNESCO (UNESCO & WMO) e com Publicação de “CRC for Catchment Hydrology” (Grayson, *et al.*, 1996).

O programa TREND executa o cálculo de análise aplicando doze testes estatísticos, sendo apresentados os valores críticos para os níveis de significância de 1%, 5% e 10%. No entanto, na análise e apresentação de resultados apenas foi considerada a resposta com nível de significância de 5%. Segue-se a identificação dos testes estatísticos incluídos em tal programa.

MANN-WHITNEY - KENDALL³

Pertence ao grupo de testes baseados na classificação dos valores da série, não usando os valores da variável. É semelhante ao teste do Coeficiente de Correlação Ordinal de Spearman, com um cálculo de correlação diferente. É considerado um bom teste de hipóteses já que permite assumir um mínimo de pressupostos (distribuição constante e independência) acerca dos dados, não sendo necessário garantir que o tipo de distribuição de probabilidades seja normal (Kundzewicz, *et al.*, 2004).

COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ORDINAL DE SPEARMAN⁴

Pertence ao grupo de testes baseados na classificação dos valores da série, não usando os valores da variável. Este teste avalia o nível de correlação entre variáveis (Harding University, 2012). Enquanto o coeficiente de correlação de Pearson é amplamente influenciado por valores anómalos, variâncias diferentes, distribuições de probabilidade diferentes da normal e não-linearidade, o coeficiente de correlação ordinal de Spearman, cuja formulação é baseada naquela, mas aplicada à classificação ordenada dos valores e não aos valores originais, consegue ultrapassar aquelas dificuldades.

³ Mann-Kendall no original

⁴ Spearman's Rho no original

REGRESSÃO LINEAR⁵

Sendo um dos testes mais comuns para detecção de tendência, na sua forma original, assume que os dados têm distribuição aproximada à normal (Kundzewicz & Robson, 2004).

FREE CUSUM

Técnica desenvolvida por McGilchrist & Woodye, que transforma a série, independente do tipo de distribuição de probabilidade dos dados, recorre à estatística de Kolmogorov-Smirnov.

O teste Kolmogorov-Smirnov é usado para determinar se duas distribuições de probabilidade subjacentes diferem uma da outra, com base em amostras finitas. A estatística de Kolmogorov-Smirnov não depende do tipo de distribuição de probabilidade das amostras, desde que as duas amostras tenham a mesma distribuição de probabilidade, conforme Zurich, 2008.

DESVIO ACUMULADO⁶

Este teste baseia-se na soma acumulada dos desvios dos valores relativos à média, ajustada à amostra. O teste assume uma distribuição de probabilidade aproximada à normal, mostrando mais força nos casos em que se verifica alteração da média perto do centro temporal da série (Kundzewicz & Robson, 2004).

RAZÃO DE VEROSIMILHANÇA DE WORSLEY⁷

Este teste detecta o ponto mais provável de existir alteração na média de uma série. O método calcula a soma dos desvios relativos à média, e pondera-os de acordo com a sua posição na série. Este teste apresenta a vantagem de localizar o ponto de alteração da média, enquanto o teste t de Student só confirma a hipótese de haver alteração se esse ponto for conhecido (Dollar, *et al.*, 2006).

⁵ Linear Regression em inglês

⁶ Cumulative Deviation em Inglês (Buishand, 1982)

⁷ Worsley Likelihood Ratio em Inglês

WILCONOX⁸

É um teste não paramétrico alternativo ao Teste do t de Student para duas amostras, baseado apenas na ordem de classificação dos dados, dividindo a série em duas subséries. Este teste não depende da distribuição de probabilidades dos dados, sendo menos sensível a valores extremos que o já referido teste do t de Student (University of Auckland, 2012).

T DE STUDENT

Teste amplamente utilizado em análise estatística que compara as médias de duas séries. Parte do pressuposto que os dados de cada série têm distribuição de probabilidades aproximada à normal e que as variâncias dos dois grupos são iguais, não sendo particularmente sensível a pequenos desvios destes pressupostos (teste robusto). Para casos em que a distribuição seja muito diferente da normal prefere-se o uso do teste U de Mann-Whitney (McDonald, 2009).

Neste teste foram avaliadas as duas metades da série original, designadas por: série inicial e série final, com a mesma dimensão.

CRUZAMENTO DAS MEDIANAS⁹

Avalia a relação entre os valores com os seus adjacentes, recorrendo à contagem do número de vezes que existem valores consecutivos superiores, ou inferiores, à mediana.

PONTOS DE VIRAGEM¹⁰

Avalia a relação entre os valores com os seus adjacentes, recorrendo à contagem do número de vezes que existem mínimos ou máximos relativos na série (pontos de viragem).

⁸ Rank-Sum no original, também designado por “Wilconox Rank-Sum Test”

⁹ Median Crossing (Fisz, 1963) no original

¹⁰ Turning Points (Kendall & Stuart, 1976), no original

RANK DIFFERENCE

Avalia a relação entre os valores com os seus adjacentes, recorrendo à medição da diferença de classificação entre valores.

AUTOCORRELAÇÃO

Avalia a autocorrelação, entre pares de elementos consecutivos da série, dada pela relação entre a covariância e a variância da série, medindo a influência de uma ocorrência nas ocorrências mais próximas (valores altos induzem mais valores altos na sua proximidade).

3.4.2 CÁLCULO COM RECURSO A FOLHA DE CÁLCULO (EXCELL)

Adicionalmente procedeu-se à aplicação de seis testes estatísticos com recurso a folha de cálculo, de acordo com orientações do curso da Fundação para a Formação Contínua em Engenharia Civil (FUNDEC), “Risco, Incerteza e Dimensionamento Hidrológico”. São apresentados resultados na forma de ‘Hipótese rejeitada’ ou ‘Hipótese não rejeitada’ para um nível de significância de 5% (Portela & Almeida, 2011). Os testes aí considerados são seguidamente apresentados.

WALD WOLFOWITZ

Este teste não paramétrico avalia se duas variáveis independentes (estocásticas), acerca das quais não se sabe qual a distribuição de probabilidade, sabendo apenas que são contínuas, têm a mesma distribuição, i.e., se pertencem à mesma população (Wald & Wolfowitz, 2012).

ORDENAÇÃO

Teste não paramétrico que, recorrendo ao método de substituição dos valores pela sua classificação em lista ordenada, avalia se a série apresenta valores tendencialmente crescentes ou decrescentes.

MANN-WHITNEY

O teste de Mann-Whitney é idêntico ao teste Wilcoxon já apresentado, embora recorrendo a uma estatística diferente (University of Auckland, 2012) Avalia se as médias de duas partes da mesma série são estatisticamente semelhantes.

SPEARMANN

Teste não paramétrico que avalia a dependência entre os sucessivos valores de uma série, recorrendo ao método de substituição dos valores pela sua classificação em lista ordenada.

AUTOCORRELAÇÃO

Semelhante ao teste com o mesmo nome já descrito na subsecção 3.4.1, utilizando uma estatística diferente. Avalia a autocorrelação medindo a persistência temporal.

T DE-STUDENT

Teste paramétrico que compara as médias de duas partes de uma amostra, concluindo se são significativamente semelhantes.

A aplicação deste teste foi efectuada em duas ópticas distintas. Numa primeira óptica, o teste incidiu sobre a comparação das médias de duas subséries da amostra original, ambas com dimensão de 20 anos, representativas do período inicial (1930/31 a 1949/50) e final (1989/90 a 2008/09).

Na segunda óptica seguiu-se a formulação descrita em Portela, et al., 2011), analisando assim múltiplos pares de subséries.

Para o efeito, após a constituição de cada duas sub séries, temporalmente contíguas e a que são foram atribuídas as designações de subséries anterior e posterior, procede-se à comparação das respectivas médias, mediante utilização do teste de T de Student. A primeira subsérie anterior é formada pelos primeiros $n_{i,1}$ elementos da série original e a subsérie posterior que lhe corresponde pelos $n_{i,2}$ elementos remanescentes. De um grupo de duas subséries para o grupo que se lhe segue a dimensão da subsérie anterior é aumentada de um ano e, conseqüentemente, a da subsérie posterior reduzida de um ano, sendo o processo de constituição das sucessivas subséries emparelhadas repetido até que se atinja a dimensão mínima de 20 anos para a última subsérie posterior - *Figura 3.1*. Dado o esquema de aplicação utilizado por este teste, atribuiu-se ao mesmo a designação de teste t de Student móvel.

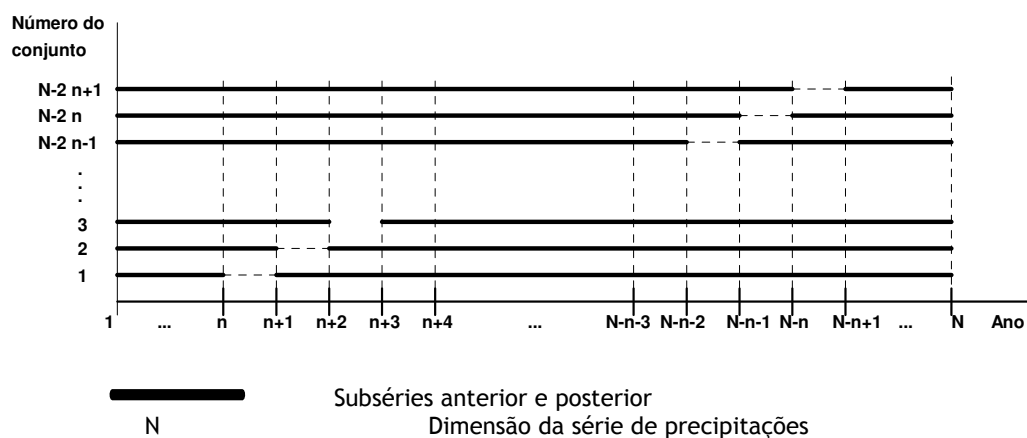


Figura 3.1 Aplicação do teste T de-Student móvel. Constituição dos sucessivos conjuntos de duas subséries, uma anterior e outra posterior (figura reproduzida de Portela & Quintela, 2001).

3.5 TESTES DE HIPÓTESES APLICADOS ÀS AMOSTRAS DE DADOS

O teste estatístico é aplicado para decidir se uma afirmação feita sobre um parâmetro da população pode ser aceite ou não, isto é, deseja-se saber se os dados observados suportam essa hipótese ou não (Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011).

Na Tabela 3.2 sistematizam-se os dezanove testes aplicados às amostras de precipitação, bem como os números que lhes foram atribuídos e que os passam a identificar. Para o efeito e para além da organização em testes não-paramétricos e paramétricos, foram ainda agrupadas consoante o seu objectivo principal: testes essencialmente direccionados para analisar a aleatoriedade das amostras (seis testes, numerados de 1 a 6); testes focados na apreciação das homogeneidade das amostras (nove testes, numerados de 7 a 15) e testes destinados a analisar tendências (quatro testes, numerados de 16 a 19). Em rigor, alguns destes últimos testes integram o grupo precedente, uma vez que uma tendência pode corresponder a uma quebra de homogeneidade. Julgou-se, contudo, mais adequada a organização adoptada na medida em que evidencia o propósito da aplicação dos testes em menção.

Tabela 3.2 Testes de Hipóteses aplicados às amostras.

| | | Aleatoriedade | Homogeneidade | | Tendência |
|------------------|---------------------|-----------------------------|--|------------------------|---|
| Não Paramétricos | Trend | #01 Cruzamento das medianas | #07 Free CUSUM | #11 Wilconox | #16 Mann-Whitney - Kendall |
| | | #02 Pontos de viragem | | | #17 Coeficiente de correlação ordinal de Spearman |
| | #03 Rank difference | | | | |
| Folha de cálculo | | #04 Spearmann | | #12 Wald Wolfowitz | |
| | | | | #13 Mann-Whitney | |
| Paramétricos | Trend | | #08 Desvio acumulado | #14 T de Student | #18 Regressão linear |
| | | #05 Autocorrelação | #09 Razão de verosimilhança de Worsley | | |
| | Folha de cálculo | #06 Autocorrelação | #10 T de Student móvel | #15 T de Student 20+20 | #19 Ordenação |

3.5.1 TESTES PARA ANÁLISE DE ALEATORIEDADE

Em estatística, um número aleatório é um número que pertence a uma série numérica e não pode ser previsto a partir dos membros anteriores da série. O conceito de número aleatório é um conceito relativo à série numérica a que o número pertence. Um número pode ser aleatório numa série numérica e não aleatório noutra.

É condição fundamental que as séries sejam aleatórias, sem o que não é possível a aplicação dos procedimentos da análise estatística. Os testes incidem sobre a aleatoriedade em si, mas

também sobre a persistência temporal de valores na série, incompatível com o pressuposto de aleatoriedade. Segue-se uma breve apresentação das estatísticas dos seis testes incluídos neste grupo (#01, #02, #03, #04, #05 e #06).

#01 CRUZAMENTO DAS MEDIANAS

Avalia se os dados da série são aleatórios, recorrendo à substituição dos dados originais de uma amostra $X(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ pelos valores 0 ou 1, gerando uma nova série $R(r_1, r_2, r_3, \dots, r_N)$.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - os dados da amostra são independentes no tempo;

H_1 - os dados da amostra não são independentes no tempo.

Os valores originais da série de dados são substituídos por 0 ou 1:

$$\begin{cases} r_i = 0 & \text{se } x_i < x_{\text{mediana}} \\ r_i = 1 & \text{se } x_i > x_{\text{mediana}} \end{cases} \quad (\text{Eq. 3.1})$$

A estatística m , com distribuição aproximada à distribuição normal é dada por:

$$m = \sum_{i=1}^{N-1} |r_{i+1} - r_i| \quad (\text{Eq. 3.2})$$

Considerando a hipótese H_0 como verdadeira, então m tem média teórica e desvio-padrão:

$$\mu_m = (N - 1)/2 \quad (\text{Eq. 3.3})$$

$$\sigma_m = (N - 1)/4 \quad (\text{Eq. 3.4})$$

O teste estatístico $z_{\#01}$ tem distribuição aproximada à distribuição normal e é dado por:

$$z_{\#01} = |m - \mu_m| / \sigma_m^{0,5} \quad (\text{Eq. 3.5})$$

A hipótese de existência de independência no tempo é rejeitada com o nível de confiança $\eta = 1 - \alpha$ verificando-se:

$$z_{\#01} > \Phi^{-1}_{(1-\alpha/2)} \quad (\text{Eq. 3.6})$$

O valor crítico para um nível de significância α é retirado de tabela estatística, sendo Φ^{-1} a função inversa da função de probabilidade normal.

#02 PONTOS DE VIRAGEM

Avalia se os dados da série são aleatórios, recorrendo à substituição dos dados originais de uma amostra $X(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ pelos valores 0 ou 1, gerando uma nova série $R(r_1, r_2, r_3, \dots, r_N)$.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - os dados da amostra são independentes no tempo;

H_1 - os dados da amostra não são independentes no tempo

Os valores originais da série de dados são substituídos por 0 ou 1:

$$\begin{cases} r_i = 0 & \text{se} & x_{i-1} > x_i > x_{i+1} & \text{ou} & x_{i-1} < x_i < x_{i+1} \\ r_i = 1 & \text{se} & \begin{cases} x_i > x_{i-1} \\ x_i > x_{i+1} \end{cases} & \text{ou} & \begin{cases} x_i < x_{i-1} \\ x_i < x_{i+1} \end{cases} \end{cases} \quad (\text{Eq. 3.7})$$

A estatística m^* , com distribuição aproximada à distribuição normal é dada por:

$$m^* = \sum_{i=1}^{N-1} |r_{i+1} - r_i| \quad (\text{Eq. 3.8})$$

Considerando a hipótese H_0 como verdadeira, então m^* tem média teórica e desvio-padrão:

$$\mu_{m^*} = 2(N - 2)/3 \quad (\text{Eq. 3.9})$$

$$\sigma_{m^*} = (16N - 29)/90 \quad (\text{Eq. 3.10})$$

O teste estatístico z tem distribuição aproximada à distribuição normal e é dado por:

$$z_{\#02} = |m^* - \mu_{m^*}| / \sigma_{m^*}^{0,5} \quad (\text{Eq. 3.11})$$

A hipótese de existência de independência no tempo é rejeitada com o nível de confiança $\eta = 1 - \alpha$ verificando-se:

$$z_{\#02} > \Phi^{-1}_{(1-\alpha/2)} \quad (\text{Eq. 3.12})$$

O valor crítico para um nível de significância α é retirado de tabela estatística, sendo Φ^{-1} a função inversa da função de probabilidade normal.

#03 RANK DIFFERENCE

Avalia se os dados da série são aleatórios, recorrendo à substituição dos dados originais $X(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ pela sua posição $R(r_1, r_2, r_3, \dots, r_N)$ em lista ordenada crescente.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - os dados da amostra são independentes no tempo;

H_1 - os dados da amostra não são independentes no tempo.

Para N grande, a estatística U tem distribuição de probabilidade aproximada à distribuição normal, e é dada por:

$$U = \sum_{i=2}^N |r_i - r_{i-1}| \quad (\text{Eq. 3.13})$$

Considerando a hipótese H_0 verdadeira, então U tem média teórica e desvio-padrão:

$$\mu_U = (N + 1)(N - 1)/3 \quad (\text{Eq. 3.14})$$

$$\sigma_U = (N - 2)(N + 1)(4N - 7)/90 \quad (\text{Eq. 3.15})$$

O teste estatístico $z_{\#03}$ tem distribuição aproximada à distribuição normal e é dado por:

$$z_{\#03} = |U - \mu_U|/\sigma_U^{0,5} \quad (\text{Eq. 3.16})$$

A hipótese de existência de independência no tempo é rejeitada com o nível de confiança $\eta = 1 - \alpha$ verificando-se:

$$z_{\#03} > \Phi^{-1}_{(1-\alpha/2)} \quad (\text{Eq. 3.17})$$

O valor crítico para um nível de significância α é retirado de tabela estatística, sendo Φ^{-1} a função inversa da função de probabilidade normal.

#04 SPEARMANN

Avalia se os dados da série são aleatórios, i.e., se mostram independência entre si e as ocorrências mais próximas. A não aleatoriedade na série original pode ser detectada pela existência de correlação significativa entre os elementos da série de substituição.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - os dados da amostra são independentes no tempo;

H_1 - os dados da amostra não são independentes no tempo.

A série de dados originais $X (x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ é substituída por outra série $Y (y_1, y_2, y_3, \dots, y_N)$ com a mesma dimensão, em que:

$$y_i = \# \{ \text{valores de } X \text{ menores ou iguais a } x_i \} \quad (\text{Eq. 3.18})$$

O coeficiente de correlação de Spearman é dado pela expressão:

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} \quad (\text{Eq. 3.19})$$

O teste estatístico t_{Spear} , bem aproximado à distribuição de Student com $(n - 3)$ graus de liberdade, é dado por:

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{0,5} \quad (\text{Eq. 3.20})$$

A hipótese de a série não apresentar tendência é rejeitada com o nível de confiança $\eta = 1 - \alpha$ verificando-se:

$$|t_{Spear}| > t_{(1-\alpha/2)} \quad (\text{Eq. 3.21})$$

O valor crítico para um nível de significância α é retirado de tabela estatística, sendo $t_{(1-\alpha/2)}$ o quantil $t_{(1-\alpha/2)}$ da distribuição do t de Student.

#05 AUTOCORRELAÇÃO TREND

Avalia se os dados da série são aleatórios, i.e., se mostram independência entre si e as ocorrências mais próximas.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - os dados da amostra são independentes no tempo;

H_1 - os dados da amostra não são independentes no tempo.

O coeficiente de autocorrelação $r_{\#05}$, com distribuição aproximada à distribuição normal, é dada por:

$$r_{\#05} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{x})(x_{i+1} - \bar{x})}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{Eq. 3.22})$$

Considerando a hipótese H_0 como verdadeira, então $r_{\#05}$ tem média teórica e desvio-padrão:

$$\mu_{\#05} = -1/N \quad (\text{Eq. 3.23})$$

$$\sigma_{\#05} = (N^3 - 3N^2 + 4)/[N^2(N^2 - 1)] \quad (\text{Eq. 3.24})$$

O teste estatístico $z_{\#05}$ tem distribuição aproximada à distribuição normal e é dado por:

$$z_{\#05} = |r_{\#05} - \mu_{\#05}| / \sigma_{\#05}^{0,5} \quad (\text{Eq. 3.25})$$

A hipótese de existência de independência no tempo é rejeitada com o nível de confiança $\eta = 1 - \alpha$ verificando-se:

$$z_{\#05} > \Phi^{-1}_{(1-\alpha/2)} \quad (\text{Eq. 3.26})$$

O valor crítico para um nível de significância α é retirado de tabela estatística, sendo Φ^{-1} a função inversa da função de probabilidade normal.

#06 AUTOCORRELAÇÃO (EXCEL)

Avalia se os dados da série são aleatórios, i.e., se mostram independência entre si e as ocorrências mais próximas.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - os dados da amostra são independentes no tempo;

H_1 - os dados da amostra não são independentes no tempo.

Existindo persistência no tempo na série $X(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$, pode ser detectada utilizando o coeficiente de autocorrelação de primeira ordem $r_{\#06}$, definido por:

$$r_{\#06} = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{x})(x_{i+1} - \bar{x}) / (N-1)}{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{x})^2 / N} \quad (\text{Eq. 3.27})$$

A transformada de $r_{\#06}$, com distribuição aproximada à distribuição normal, é dada por:

$$Z_{\#06} = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r_{\#06}}{1-r_{\#06}} \quad (\text{Eq. 3.28})$$

Com média e variância teóricas:

$$\mu_{\#06} = 0 \quad (\text{Eq. 3.29})$$

$$\sigma_{\#06}^2 = \frac{1}{n} \quad (\text{Eq. 3.30})$$

O valor crítico para um nível de significância α é retirado de tabela estatística, sendo Φ^{-1} a função inversa da função de probabilidade normal.

A hipótese de existência de independência no tempo é rejeitada com o nível de confiança $\eta = 1 - \alpha$ verificando-se:

$$\left| \frac{Z_{\#06}}{\left(\frac{1}{N}\right)^{0,5}} \right| > \Phi^{-1}_{(1-\alpha/2)} \quad (\text{Eq. 3.31})$$

3.5.2 TESTES PARA ANÁLISE DE HOMOGENEIDADE

Segue-se a apresentação das estatísticas dos nove testes focados na apreciação da homogeneidade geral de uma série (#07, #08, #09, #10, #11, #12, #13, #14 e #15), sendo que os testes destinados a identificar tendências são tratados em separado, não obstante a existência de tendência representar também uma falha de homogeneidade, como antes referido.

Os testes aqui descritos foram agrupados consoante identifiquem, ou não, os anos em que ocorrem as quebras de homogeneidade - anos de quebra. O teste t de Student foi aplicado segundo duas ópticas distintas, sendo que a segunda dessas ópticas (teste T de-Student móvel), com o número de ordem #10 e a que se refere a *Figura 3.1* permite identificar os anos de quebra.

#07 FREE CUSUM

Avalia se as médias de duas partes de uma amostra $X(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ são significativamente diferentes, para um ponto de alteração desconhecido, identificando-o.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - as médias das duas partes da amostra não são significativamente diferentes;

H_1 - as médias das duas partes da amostra são significativamente diferentes.

Dada uma série $X(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ o teste estatístico é definido por:

$$V_k = \sum_{i=1}^k \text{sgn}(x_i - x_{\text{mediana}}), k = 1, 2, 3, \dots, n \quad (\text{Eq. 3.32})$$

$$\begin{cases} \text{sgn}(x) = 1 & \text{se } x > 0 \\ \text{sgn}(x) = 0 & \text{se } x = 0 \\ \text{sgn}(x) = -1 & \text{se } x < 0 \end{cases} \quad (\text{Eq. 3.33})$$

onde: $\begin{cases} V_k > 0 & \rightarrow \text{média inicial superior a média final} \\ V_k < 0 & \rightarrow \text{média final superior a média inicial} \end{cases}$

A distribuição de V_k segue a distribuição nula de Kolmogorov-Smirnov para duas amostras (Rao, *et al.*, 2003), sendo o valor crítico de $\max|V_k|$, conforme o nível de significância, dado pela Tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Valor crítico $\max|V_k|$ conforme o nível de significância α .

| $\max V_k $ | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| $\alpha = 0,10$ | $\alpha = 0,05$ | $\alpha = 0,01$ |
| $1,22\sqrt{N}$ | $1,36\sqrt{N}$ | $1,63\sqrt{N}$ |

A hipótese de homogeneidade é rejeitada com o nível de confiança $\eta = 1 - \alpha$ verificando-se:

$$V_k > \max|V_k| \quad (\text{Eq. 3.34})$$

#08 DESVIO ACUMULADO

Avalia se a média de duas partes de uma amostra são significativamente diferentes, para um ponto de alteração desconhecido, identificando-o, assumindo que os valores têm uma distribuição normal.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - as médias das duas partes da amostra não são significativamente diferentes;

H_1 - as médias das duas partes da amostra são significativamente diferentes.

Dividindo a amostra em duas partes, X_1 inicial ou anterior e X_2 final ou posterior, assume-se que existe uma diferença entre as médias das subséries, de valor Δ , sendo a média da subsérie posterior igual à média da subsérie anterior incrementada de Δ .

Os desvios à média acumulados, são calculados através da expressão:

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}) \quad k = 1, 2, 3, \dots, N \quad (\text{Eq. 3.35})$$

Onde: $\begin{cases} S_k^* > 0 \rightarrow \text{média inicial superior a média final} \\ S_k^* < 0 \rightarrow \text{média final superior a média inicial} \end{cases}$

As somas parciais ajustadas são obtidas pela divisão dos valores S_k^* obtidos pelo desvio-padrão da amostra:

$$S_k^{**} = S_k^* / S_x \quad (\text{Eq. 3.36})$$

O teste estatístico Q , calculado para cada ano, é dado pela equação 3.37, sendo o maior valor obtido correspondente ao ano de alteração da média

$$Q = \max|S_k^{**}| \quad (\text{Eq. 3.37})$$

Os valores críticos de Q/\sqrt{n} são dados pela Tabela 3.4, conforme o nível de significância.

Tabela 3.4 Valores críticos de Q/\sqrt{n} para o nível de significância α .

| N | Q/\sqrt{n} | | |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|
| | $\alpha = 0,10$ | $\alpha = 0,05$ | $\alpha = 0,01$ |
| 10 | 1,05 | 1,14 | 1,29 |

Tabela 3.4 Valores críticos de Q/\sqrt{n} para o nível de significância α .

| N | Q/\sqrt{n} | | |
|----------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | $\alpha = 0,10$ | $\alpha = 0,05$ | $\alpha = 0,01$ |
| 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 |
| ∞ | 1,22 | 1,36 | 1,63 |

A hipótese de homogeneidade é rejeitada com o nível de confiança ($\eta = 1 - \alpha$) verificando-se:

$$Q > Q/\sqrt{n} \quad (\text{Eq. 3.38})$$

#09 RAZÃO DE VEROSIMILHANÇA DE WORSLEY

Avalia se a média de duas partes de um registo são significativamente diferentes, para um ponto de alteração desconhecido, identificando-o, assumindo que os valores têm uma distribuição normal. Semelhante ao teste de Desvio Acumulado, no entanto pondera os valores de S_k^* conforme a sua posição na série.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - as médias das duas partes da amostra não são significativamente diferentes;

H_1 - as médias das duas partes da amostra são significativamente diferentes.

Dividindo a amostra em duas partes, X_1 inicial ou anterior e X_2 final ou posterior, assume-se que existe uma diferença entre as médias das subséries, de valor Δ , sendo a média da subsérie posterior igual à média da subsérie anterior incrementada de Δ .

Os desvios à média acumulados são calculados através da expressão:

$$S_k^* = \sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x}) \quad k = 1, 2, 3, \dots, N \quad (\text{Eq. 3.39})$$

A ponderação dos desvios acumulados conforme a sua posição na série é dada pela transformação:

$$Z_k^* = [k(N - k)]^{-0,5} S_k^* \quad (\text{Eq. 3.40})$$

É feito o ajustamento das somas parciais ponderadas:

$$Z_k^{**} = Z_k^*/S_x \quad (\text{Eq. 3.41})$$

A estatística V , calculada para cada ano, é dado pela equação 3.42, sendo o maior valor obtido correspondente ao ano de alteração da média

$$V = \max|Z_k^{**}| \quad (\text{Eq. 3.42})$$

O teste estatístico W é dado por:

$$W = \frac{(N-2)^{0,5}V}{(1-V^2)^{0,5}} \quad (\text{Eq. 3.43})$$

Em que: $\begin{cases} W > 0 \rightarrow \text{média inicial superior a média final} \\ W < 0 \rightarrow \text{média final superior a média inicial} \end{cases}$

Os valores críticos de W para o nível de significância α são dados pela Tabela 3.5.

Tabela 3.5 Valores críticos de W para o nível de significância α .

| N | W_{crit} | | |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|
| | $\alpha = 0,10$ | $\alpha = 0,05$ | $\alpha = 0,01$ |
| 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 |

A hipótese de homogeneidade é rejeitada com o nível de confiança ($\eta = 1 - \alpha$) verificando-se:

$$V > W_{crit} \quad (\text{Eq. 3.44})$$

#10 T DE-STUDENT MÓVEL

Avalia se a média de duas partes (ou duas subséries) de um registo são significativamente diferentes, admitindo uma distribuição de probabilidades da amostra aproximada à distribuição normal.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - as médias das duas partes da amostra não são significativamente diferentes;

H_1 - as médias das duas partes da amostra são significativamente diferentes.

Para efeitos da aplicação do teste procede-se à análise comparativa de períodos complementares, i.e., os primeiros 20+i anos com os restantes, para determinação do ponto (ano hidrológico) em que as médias das duas partes se tornam estatisticamente diferentes.

A partir da série de dados originais $X(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ criam-se pares de subséries X_1 e X_2 , com as partes inicial e final da série original, respectivamente (designadas por anterior e posterior), em que, para cada i :

$$\begin{cases} X_{i,1} (x_{i,1}, x_{i,2}, x_{i,3}, \dots, x_{i,20+i}), n_{i,1} \text{ ocorrências} \\ X_{i,2} (x_{i,21+i}, x_{i,22+i}, x_{i,23+i}, \dots, x_{i,n}), n_{i,2} \text{ ocorrências} \end{cases}, n_{i,1} + n_{i,2} = n \quad (\text{Eq. 3.45})$$

O teste estatístico t , com distribuição aproximada à distribuição de Student é dada por:

$$t_{s,i} = \frac{(\bar{x}_{i,1} - \bar{x}_{i,2})}{\sigma_i \sqrt{\frac{1}{n_{i,1}} + \frac{1}{n_{i,2}}}} \quad (\text{Eq. 3.46})$$

Sendo σ_i a estimativa do desvio-padrão, calculada com base nos desvios padrão $s_{i,1}$ e $s_{i,2}$ (com correcção do viés) das amostras com dimensão $n_{i,1}$ e $n_{i,2}$, respectivamente.

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{(n_{i,1}-1)s_{i,1}^2 + (n_{i,2}-1)s_{i,2}^2}{n_{i,1} + n_{i,2} - 2}} \quad (\text{Eq. 3.47})$$

A hipótese de as médias das duas partes da amostra, para cada i , não serem significativamente diferentes é rejeitada com o nível de confiança $\eta = 1 - \alpha$, verificando-se:

$$t_{s,i} > t_{(1-\alpha/2)} \quad (\text{Eq. 3.48})$$

O valor crítico para um nível de significância α é retirado de tabela estatística, sendo $t_{(1-\alpha/2)}$ o quantil $t_{(1-\alpha/2)}$ da distribuição de Student.

#11 WILCONOX

Avalia se a mediana de dois períodos distintos é significativamente diferente, recorrendo à substituição dos dados originais $X (x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ pela sua posição $R (r_1, r_2, r_3, \dots, r_N)$ em lista ordenada crescente, dividindo a amostra em duas partes ($n + M = N$, com $M > n$). Caso haja repetição de valores, deverá ser usada o valor médio das posições.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - as medianas das duas partes da amostra não são significativamente diferentes;

H_1 - as medianas das duas partes da amostra são significativamente diferentes.

A estatística RS é dada por:

$$RS = \sum_{i=1}^n R_i \quad (\text{Eq. 3.49})$$

Considerando a hipótese H_0 como verdadeira, então RS tem média teórica e desvio-padrão:

$$\mu_{\#11} = n(N + 1)/2 \quad (\text{Eq. 3.50})$$

$$\sigma_{\#11} = [nM(N + 1)/12]^{0,5} \quad (\text{Eq. 3.51})$$

O teste estatístico z_{RS} tem distribuição aproximada à distribuição normal e é dado por:

$$\begin{cases} z_{RS} = ((RS - 0,5 - \mu)) / \sigma & \text{se } RS > \mu \\ z_{RS} = 0 & \text{se } RS = \mu \\ z_{RS} = (RS + 0,5 - \mu) / \sigma & \text{se } RS < \mu \end{cases} \quad (\text{Eq. 3.52})$$

A hipótese de existência de homogeneidade é rejeitada com o nível de confiança $\eta = 1 - \alpha$, verificando-se:

$$z_{RS} > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2) \quad (\text{Eq. 3.53})$$

O valor crítico para um nível de significância α é retirado de tabela estatística, sendo Φ^{-1} a função inversa da função de probabilidade normal.

#12 WALD WOLFOWITZ

Avalia se os valores de duas partes de uma série, de dimensão semelhante, são significativamente diferentes, recorrendo à substituição da série original $X (x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ por uma nova série $R (r_1, r_2, r_3, \dots, r_N)$.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - as duas partes da amostra não são significativamente diferentes;

H_1 - as duas partes da amostra são significativamente diferentes.

Dividindo a amostra em duas partes X_1 e X_2 , tais que X_1 contém a primeira metade da série e X_2 a segunda:

$$\begin{cases} X_1 \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_M, \} \\ X_2 \{x_{M+1}, x_{M+2}, x_{M+3}, \dots, x_N, \} \end{cases} \quad (\text{Eq. 3.54})$$

$$M = \begin{cases} \text{int}[(N + 1)/2], \text{ se } N \text{ impar} \\ N/2, \text{ se } N \text{ par} \end{cases} \quad (\text{Eq. 3.55})$$

Os valores originais da série de dados são substituídos por 1 ou 2:

$$\begin{cases} r_i = 1 \text{ se } x_i \in X_1 \\ r_i = 2 \text{ se } x_i \in X_2 \end{cases} \quad (\text{Eq. 3.56})$$

A estatística do teste é N_{ww} , com distribuição assintótica normal, dada por:

$$N_{WW} = \sum_{i=1}^{N-1} |r_{i+1} - r_i| \quad (\text{Eq. 3.57})$$

Com média e variância teóricas:

$$\mu_{WW} = 1 + \frac{2M(N-M)}{N} \quad (\text{Eq. 3.58})$$

$$\sigma_{WW}^2 = \frac{2M(N-M)[2M(N-M)-N]}{N^2(N-1)} \quad (\text{Eq. 3.59})$$

A hipótese de as duas partes da amostra não serem significativamente diferentes é rejeitada com o nível de confiança $\eta = 1 - \alpha$, verificando-se:

$$\left| \frac{(N_{WW} - \mu_{WW})}{(\sigma_{WW}^2)^{0.5}} \right| > \Phi^{-1}_{(1-\alpha/2)} \quad (\text{Eq. 3.60})$$

O valor crítico para um nível de significância α é retirado de tabela estatística, sendo Φ^{-1} a função inversa da função de probabilidade normal.

#13 MANN-WHITNEY

Avalia se a média de dois períodos distintos é significativamente diferente, recorrendo à substituição dos dados originais.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - as médias das duas partes da amostra não são significativamente diferentes;

H_1 - as médias das duas partes da amostra são significativamente diferentes.

A série de dados originais $X(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ é substituída por duas séries $Y_1(y_1, y_2, y_3, \dots, y_M)$ e $Y_2(y_{M+1}, y_{M+2}, y_{M+3}, \dots, y_N)$, em que:

$y_i = \# \{ \text{valores de } X \text{ menores ou iguais a } x_i \}$

$$M = \begin{cases} \text{int}[(N + 1)/2], & \text{se } N \text{ ímpar} \\ N/2, & \text{se } N \text{ par} \end{cases} \quad (\text{Eq. 3.61})$$

A estatística do teste é dada pelo valor de N_{MW} , com distribuição assintótica normal, dada por:

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M+1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i \left| \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right| \right\} \quad (\text{Eq. 3.62})$$

Com média e variância teóricas:

$$\mu_{WW} = \frac{M(N-M)}{2} \quad (\text{Eq. 3.63})$$

$$S_{MW}^2 = \frac{M(N-M)(N+1)}{12} \quad (\text{Eq. 3.64})$$

A hipótese de as duas partes da amostra não serem significativamente diferentes é rejeitada com o nível de confiança $\eta = 1 - \alpha$, verificando-se:

$$\left| \frac{(N_{MW} - \mu_{WW})}{(\sigma_{MW}^2)^{0,5}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2) \quad (\text{Eq. 3.65})$$

O valor crítico para um nível de significância α é retirado de tabela estatística, sendo Φ^{-1} a função inversa da função de probabilidade normal.

14 T DE STUDENT (TREND)

Avalia se a média de duas partes de um registo são significativamente diferentes, admitindo uma distribuição de probabilidades da amostra aproximada à distribuição normal.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - as médias das duas partes da amostra não são significativamente diferentes;

H_1 - as médias das duas partes da amostra são significativamente diferentes.

O programa TREND divide a amostra em duas partes X_1 e X_2 , tais que X_1 contém a primeira metade da série e X_2 a segunda:

$$\begin{cases} X_1 \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_M, \} \\ X_2 \{x_{M+1}, x_{M+2}, x_{M+3}, \dots, x_N, \} \end{cases} \quad (\text{Eq. 3.66})$$

O teste estatístico $t_{\#14}$, com distribuição aproximada à distribuição de Student é dado por:

$$t_{\#14} = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{s_x \sqrt{\frac{1}{M} + \frac{1}{N-M}}} \quad (\text{Eq. 3.67})$$

A hipótese de as médias das duas partes da amostra não serem significativamente diferentes é rejeitada com o nível de confiança $\eta = 1 - \alpha$ verificando-se:

$$t_{\#14} > t_{(1-\alpha/2)} \quad (\text{Eq. 3.68})$$

O valor crítico para um nível de significância α é retirado de tabela estatística, sendo $t_{(1-\alpha/2)}$ o quantil $t_{(1-\alpha/2)}$ da distribuição de Student.

#15 T DE-STUDENT 20+20

Avalia se a média de duas partes de um registo são significativamente diferentes, admitindo uma distribuição de probabilidades da amostra aproximada à distribuição normal.

H_0 - as médias das duas partes da amostra não são significativamente diferentes;

H_1 - as médias das duas partes da amostra são significativamente diferentes.

A partir da série de dados originais $X(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ criam-se duas subséries X_1 e X_2 , com a mesma dimensão, representativas dos extremos inicial e final da série original, em que:

$$\begin{cases} X_1 (x_1, x_2, x_3, \dots, x_{20}) \\ X_2 (x_{N-19}, x_{N-18}, x_{n-17}, \dots, x_N) \end{cases} \quad (\text{Eq. 3.69})$$

O teste estatístico $t_{\#15}$, com distribuição aproximada à distribuição de Student é dado por:

$$t_{\#15} = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sigma \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (\text{Eq. 3.70})$$

$$\sigma_{\#15} = \sqrt{\frac{(n_1-1)s_1^2 + (n_2-1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (\text{Eq. 3.71})$$

A hipótese de as médias das duas partes da amostra não serem significativamente diferentes é rejeitada com o nível de confiança $\eta = 1 - \alpha$, verificando-se:

$$t_{\#15} > t_{(1-\alpha/2)} \quad (\text{Eq. 3.72})$$

O valor crítico para um nível de significância α é retirado de tabela estatística, sendo $t_{(1-\alpha/2)}$ o quantil $t_{(1-\alpha/2)}$ da distribuição de Student.

3.5.3 TESTES PARA ANÁLISE DE TENDÊNCIA

Excluindo as flutuações aleatórias, as observações amostrais são invariantes relativamente à cronologia das ocorrências. Uma tendência temporal pode ser detectada / denunciada pela correlação entre a série de observações e o índice de tempo dessas observações. Segue-se a apresentação das estatísticas dos quatro testes especificamente vocacionados para a detecção de tendências, independentemente dessas tendências constituírem ou não quebras de homogeneidade (#16, #17, #18 e #19).

#16 MANN-WHITNEY - KENDALL

Teste que avalia se existe tendência (crescente ou decrescente) nos dados de uma série.

Análise de tendência nos dados de precipitação, com substituição dos dados originais $X (x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ pelas suas posições $R (r_1, r_2, r_3, \dots, r_N)$ em lista ordenada crescente.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - a série não apresenta tendência;

H_1 - a série apresenta tendência.

O teste estatístico MW_k é dado por:

$$MW_k = \sum_{i=1}^{N-1} [\sum_{j=i+1}^N \text{sgn}(R_j - R_i)] \quad (\text{Eq. 3.73})$$

$$\begin{cases} \text{sgn}(x) = 1 & \text{se } x > 0 \\ \text{sgn}(x) = 0 & \text{se } x = 0 \\ \text{sgn}(x) = -1 & \text{se } x < 0 \end{cases} \quad (\text{Eq. 3.74})$$

Onde: $\begin{cases} MW_k > 0 \rightarrow \text{os valores são tendencialmente crescentes} \\ MW_k < 0 \rightarrow \text{os valores são tendencialmente decrescentes} \end{cases}$

Se a hipótese H_0 é verdadeira, então MW_k tem distribuição aproximada à normal, com:

$$\mu_{\#16} = 0 \quad (\text{Eq. 3.75})$$

$$\sigma_{\#16} = \frac{N(N-1)(2N+5)}{18} \quad (\text{Eq. 3.76})$$

A hipótese de não existência de tendência é rejeitada com o nível de confiança $\eta = 1 - \alpha$ verificando-se:

$$z_{\#16} = \frac{|MW_k|}{\sigma_{\#16}^{0,5}} > \Phi^{-1}(1-\alpha/2) \quad (\text{Eq. 3.77})$$

O valor crítico para um nível de significância α é retirado de tabela estatística, sendo Φ^{-1} a função inversa da função de probabilidade normal.

#17 COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO ORDINAL DE SPEARMAN

Teste que avalia se a correlação entre duas variáveis, tempo $X (x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ e variável de interesse $Y (y_1, y_2, y_3, \dots, y_N)$, é significativa, indicadora de tendência crescente ou decrescente.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - as variáveis não apresentam correlação significativa, a série não apresenta tendência;

H_1 - as duas variáveis apresentam correlação significativa.

As séries originais são substituídas pelas suas posições em lista ordenada.

$$\begin{cases} X (x_1, x_2, x_3, \dots, x_N) \\ Y (y_1, y_2, y_3, \dots, y_N) \end{cases} \rightarrow \begin{cases} X^* (x_1^*, x_2^*, x_3^*, \dots, x_N^*) \\ Y^* (y_1^*, y_2^*, y_3^*, \dots, y_N^*) \end{cases} \quad (\text{Eq. 3.78})$$

O teste estatístico ρ_S é o coeficiente de correlação, semelhante ao coeficiente de correlação habitual, mas calculado a partir da suas posições

$$\rho_S = \frac{R_{xy}}{(R_x R_y)^{0,5}} \quad (\text{Eq. 3.79})$$

$$R_x = \sum_{i=1}^N (x_i^* - \bar{x}^*)^2 \quad (\text{Eq. 3.80})$$

$$R_y = \sum_{i=1}^N (y_i^* - \bar{y}^*)^2 \quad (\text{Eq. 3.81})$$

$$R_{xy} = \sum_{i=1}^n (x_i^* - \bar{x}^*)(y_i^* - \bar{y}^*) \quad (\text{Eq. 3.82})$$

Onde: $\begin{cases} \rho_S > 0 \text{ os valores são tendencialmente crescentes} \\ \rho_S < 0 \text{ os valores são tendencialmente decrescentes} \end{cases}$

Para amostras grandes a estatística com distribuição aproximada à distribuição normal, dada por:

$$z_{\#17} = \rho_S \sqrt{N-1} \quad (\text{Eq. 3.83})$$

Com média e variância:

$$\mu_{\#17} = 0 \quad (\text{Eq. 3.84})$$

$$\sigma^2_{\#17} = 1 \quad (\text{Eq. 3.85})$$

A hipótese de não existência de tendência é rejeitada com o nível de confiança $\eta = 1 - \alpha$, verificando-se:

$$z_{\#17} > \Phi^{-1}_{(1-\alpha/2)} \quad (\text{Eq. 3.86})$$

O valor crítico para um nível de significância α é retirado de tabela estatística, sendo Φ^{-1} a função inversa da função de probabilidade normal.

#18 REGRESSÃO LINEAR

Teste paramétrico que assume uma distribuição normal dos dados. Avalia se existe uma tendência linear a partir da relação entre duas variáveis $X (x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$, tempo, e $Y (y_1, y_2, y_3, \dots, y_N)$, variável de interesse.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - a série não apresenta tendência;

H_1 - a série apresenta tendência.

O declive da recta é estimado por:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (\text{Eq. 3.87})$$

Sendo a intercepção da recta com o eixo vertical estimado por:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \quad (\text{Eq. 3.88})$$

O teste estatístico t_{RL} , sendo rejeitada a hipótese de existência de tendência, segue uma distribuição de Student com $(N - 2)$ graus de liberdade, dado pela expressão:

$$t_{RL} = b/c \quad (\text{Eq. 3.89})$$

$$c = \sqrt{\frac{12 \sum_{i=1}^N (y_i - a - bx_i)^2}{N(N-2)(N^2-1)}} \quad (\text{Eq. 3.90})$$

A hipótese de não existência de tendência é rejeitada com o nível de confiança $\eta = 1 - \alpha$, verificando-se:

$$t_{RL} > t_{(1-\alpha/2)} \quad (\text{Eq. 3.91})$$

O valor crítico para um nível de significância α é retirado de tabela estatística, sendo $t_{(1-\alpha/2)}$ o quantil $t_{(1-\alpha/2)}$ da distribuição de Student.

#19 ORDENAÇÃO

Teste que avalia se existe tendência (crescente ou decrescente) nos dados de uma série.

As hipóteses nula e alternativa postas para este teste estatístico são:

H_0 - a série não apresenta tendência;

H_1 - a série apresenta tendência.

A série de dados originais $X(x_1, x_2, x_3, \dots, x_N)$ é substituída por outra série $Y(y_1, y_2, y_3, \dots, y_N)$ com a mesma dimensão, em que:

$$y_i = \# \{ \text{valores de } X \text{ menores ou iguais a } x_i \} \quad (\text{Eq. 3.92})$$

O coeficiente de correlação de Spearman é dado pela expressão:

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} \quad (\text{Eq. 3.93})$$

O teste estatístico t_{ord} , bem aproximado à distribuição de Student com $(N - 2)$ graus de liberdade, é dada por:

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{n-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{0,5} \quad (\text{Eq. 3.94})$$

A hipótese de a série não apresentar tendência é rejeitada com o nível de confiança $(\eta = 1 - \alpha)$, verificando-se:

$$|t_{ord}| > t_{(1-\alpha/2)} \quad (\text{Eq. 3.95})$$

O valor crítico para um nível de significância α é retirado de tabela estatística, sendo $t_{(1-\alpha/2)}$ o quantil $t_{(1-\alpha/2)}$ da distribuição de Student.

4 RESULTADOS

4.1 INTRODUÇÃO

Na análise exploratória de dados feita às amostras (objecto da secção 2.4), foram obtidos resultados referentes ao comportamento da precipitação, bem como dos quatro parâmetros estatísticos das amostras de precipitações, nas diferentes escalas temporais e para os diferentes postos de medição. Tal como referido anteriormente, estes resultados carecem de análise específica que permita concluir se as tendências detectadas são estatisticamente significativas ou não.

Seguindo a metodologia de análise descrita no capítulo 3, procedeu-se à aplicação dos testes estatísticos às amostras, fazendo-se de seguida a apresentação dos resultados assim obtidos.

Os resultados foram agrupados de acordo com o objectivo principal em análise, à semelhança da estrutura adoptada na secção 3.5 (esquematizada na Tabela 3.2):

Aleatoriedade - testes direccionados para analisar a aleatoriedade das amostras
- seis testes, numerados de 1 a 6 (testes #01 a #06);

Homogeneidade - testes focados na apreciação da homogeneidade das amostras
- nove testes, numerados de 7 a 15 (testes #07 a #15);

Tendência - testes destinados a analisar tendências
- quatro testes, numerados de 16 a 19 (testes #16 a #19).

4.2 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

A apresentação dos resultados de cada grupo de testes, definidos na secção anterior, é feita em subsecção independente das restantes, apresentando-se no final uma análise dos resultados obtidos.

Em cada subsecção assim definida são apresentadas as hipóteses nulas postas para os testes, com apresentação dos resultados obtidos. Para cada subsecção os resultados foram separados de acordo com a escala temporal da amostra em análise, ficando agregados os diferentes postos de medição (linhas) e os testes aplicados (colunas) para cada uma daquelas.

A abordagem adoptada na apresentação de resultados atendeu à composição anual da precipitação que decorre das contribuições das precipitações nos dois semestres em que o ano está dividido, para as quais contribuem, por sua vez, as precipitações trimestrais. Deste modo, espera-se que a análise do comportamento da precipitação às escalas temporais

inferiores contribua para entender o comportamento que, por agregação, resulta para as escalas temporais sucessivas mais amplas.

Os resultados da análise efectuada para o mês de Março são apresentados conjuntamente com os do trimestre em que tal mês se insere (2º trimestre do ano hidrológico). Separou-se a análise das precipitações diárias máximas, já que não diz respeito a um subperíodo do ano, mas sim a um valor por ano.

A anterior organização proporciona uma rápida visualização das rejeições e das não rejeições das hipóteses nulas, para cada escala temporal considerada, conseguindo-se associar/relacionar os comportamentos eventualmente exibidos pelos diferentes ciclos sazonais.

Os mapas de resultados aqui apresentados são um resumo de todos os resultados obtidos na aplicação dos testes estatísticos, sendo apresentados no Anexo III os resultados dos cálculos assim efectuados.

4.2.1 ALEATORIEDADE - TESTES #01 A #06

Na Tabela 4.1 apresenta as hipóteses nulas postas para os testes estatísticos #01, #02, #03, #04, #05 e #06, focalizados na análise de aleatoriedade das amostras em si, mas também sobre a persistência temporal de valores na série, incompatível com o pressuposto de aleatoriedade.

Tabela 4.1 Hipótese nula dos testes estatísticos para análise de aleatoriedade.

| Numeração / Designação do Teste | Hipótese nula |
|---------------------------------|--|
| #01 Cruzamento das medianas | Os dados da amostra são independentes no tempo |
| #02 Pontos de viragem | |
| #03 Rank difference | |
| #04 Spearman | |
| #05 Autocorrelação TREND | |
| #06 Autocorrelação (Excel) | |

Na Figura 4.1 são apresentados os resultados da aplicação dos testes #01, #02, #03, #04, #05 e #06, evidenciando os casos de rejeição da hipótese nula.

A análise da Figura 4.1 permite verificar que a hipótese de as amostras serem independentes no tempo apenas foi rejeitada pontualmente, sem que haja um padrão coerente de rejeições entre postos e testes. De referir que as amostras semestrais não apresentam qualquer resultado de rejeição da hipótese nula.

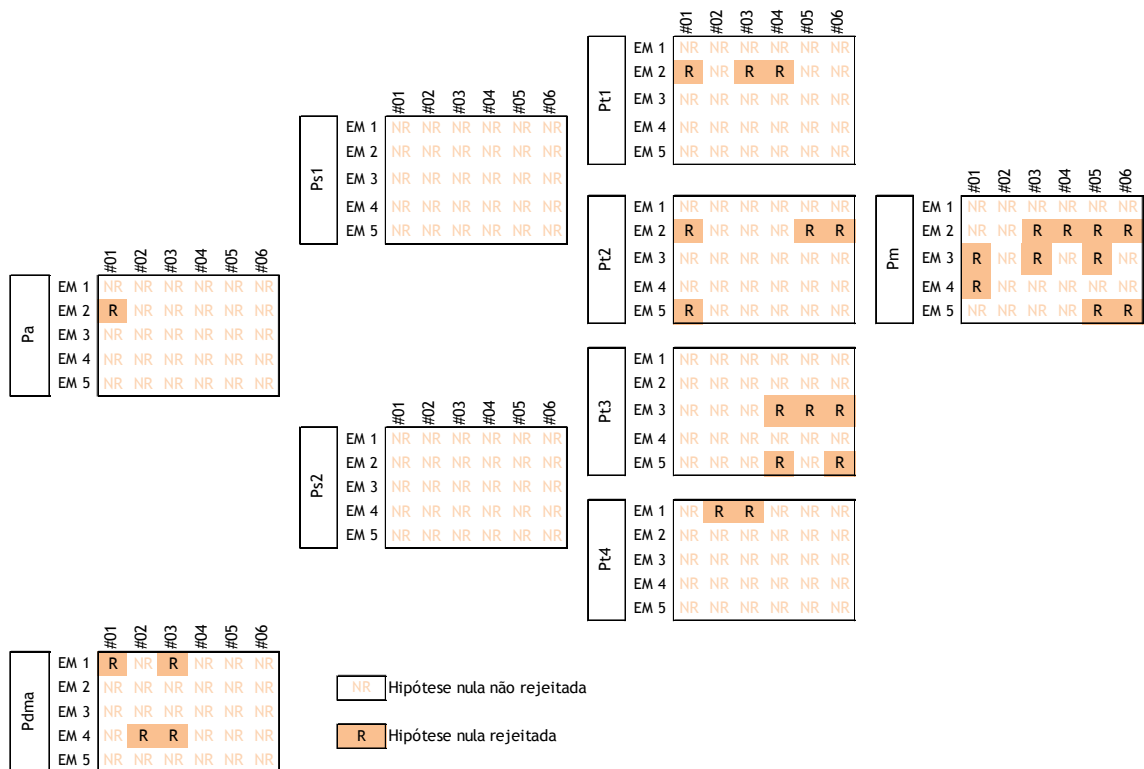


Figura 4.1 Resultados dos testes estatísticos para análise de aleatoriedade - testes #01, #02, #03, #04, #05 e #06.

4.2.2 HOMOGENEIDADE - TESTES #07 A #15

Tal como já descrito na subsecção 3.5.2, estes testes estatísticos avaliam se duas partes da mesma amostra, de dimensão semelhante, são estatisticamente diferentes, podendo identificar ou não o momento no tempo em que se tornam diferentes (ano de quebra). A apresentação dos resultados dos testes relativos à análise de homogeneidade das amostras foi subdividida em duas partes, em que, na primeira apenas se referem os resultados dos testes que identificam o ano de quebra (testes #07, #08, #09 e #10) e na segunda os restantes (testes #11, #12, #13, #14 e #15).

COM IDENTIFICAÇÃO DO ANO DE QUEBRA

A Tabela 4.2 apresenta as hipóteses nulas postas para os testes estatísticos #07, #08, #09 e #10, de acordo com formulação descrita no na secção 3.4.

Tabela 4.2 Hipótese nula dos testes estatísticos com identificação do ano de quebra para análise de homogeneidade, testes #07, #08, #09 e #10.

| Numeração / Designação do Teste | Hipótese nula |
|--|--|
| #07 Free Cusum | As médias das duas partes da amostra não são significativamente diferentes |
| #08 Desvio acumulado | |
| #09 Razão de verosimilhança de Worsley | |
| #10 T de-Student móvel | |

Os resultados do teste #10 são apresentados em separado, em que a existência de quebra de homogeneidade só pode ser afirmada após análise das respostas do teste aplicado aos sucessivos conjuntos de subséries (Portela & Quintela, 2001). O facto de ser composto por múltiplas respostas torna confusa a sua representação junto dos restantes.

A aplicação do teste #10, avalia a significância da diferença estatística da média entre sucessivos conjuntos de duas subséries, conforme descrito na secção 3.4. Apresentam-se na Tabela 4.3 e na Tabela 4.4 os diversos pares considerados na aplicação do teste, com indicação dos anos hidrológicos de início e fim, bem como a dimensão das subséries.

Tabela 4.3 Constituição dos sucessivos conjuntos de duas subséries, uma anterior e outra posterior, na aplicação do teste #10 T de-Student móvel, na análise das séries $P_w, P_m, P_{s1}, P_{s2}, P_{t1}, P_{t2}, P_{t3}$ e P_{t4} .

| i | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| início | 1933 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X1 fim | 1952 | 1953 | 1954 | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 | 1959 | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 |
| n1 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 |
| início | 1953 | 1954 | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 | 1959 | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 |
| X2 Fim | 2008 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n2 | 56 | 55 | 54 | 53 | 52 | 51 | 50 | 49 | 48 | 47 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 |

Tabela 4.4 Constituição dos sucessivos conjuntos de duas subséries, uma anterior e outra posterior, na aplicação do teste #10 T de-Student móvel, na análise da amostra P_{dma} .

| i | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| início | 1934 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| X1 fim | 1953 | 1954 | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 | 1959 | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 |
| n1 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 |
| início | 1954 | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 | 1959 | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 |
| X2 Fim | 1999 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| n2 | 46 | 45 | 44 | 43 | 42 | 41 | 40 | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 | 29 | 28 | 27 | 26 | 25 | 24 | 23 | 22 | 21 | 20 |

Na Figura 4.2 são apresentados os resultados da aplicação dos testes #07, #08 e #09, evidenciando os casos de rejeição da hipótese nula com indicação do ano de quebra de homogeneidade.

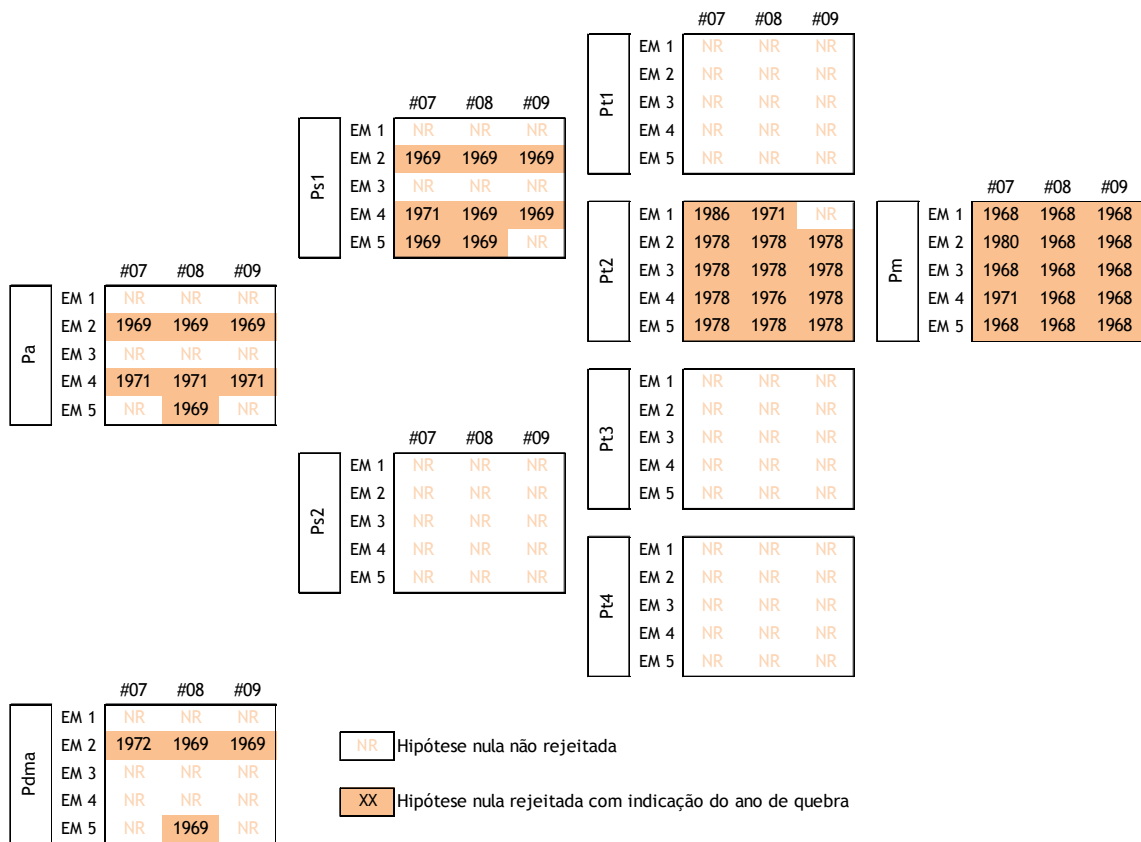


Figura 4.2 Resultado dos testes estatísticos para análise de homogeneidade com identificação do ano de quebra - testes #7, #08 e #09.

Na Figura 4.3 são apresentados os resultados da aplicação do teste #10, evidenciando os casos de rejeição da hipótese nula, em que as colunas aqui apresentadas correspondem às colunas da Tabela 4.3. Os quadros apresentados na Tabela 4.3 e na Figura 4.3 são apresentados também em anexo (Anexo III), a uma escala maior (Tabela A.20 e Tabela A.21).

De acordo com Portela & Quintela, 2001, uma quebra de homogeneidade assinalada num par de subséries só corresponderá a uma alteração real das características da correspondente série de precipitações se se mantiver entre subsequentes subséries (anteriores e posteriores). Assim, e como pode ser constatado na Figura 4.3, as detecções de quebra de homogeneidade pelo teste #10 nas séries anual, P_a , do primeiro semestre, P_{s1} e de máximos, P_{dma} no posto EM_3 não correspondem a uma alteração real das suas características, por não se manterem em número considerável de subséries subsequentes. Da mesma forma, consideram-se não significativas as não rejeições de hipótese nula pontuais.

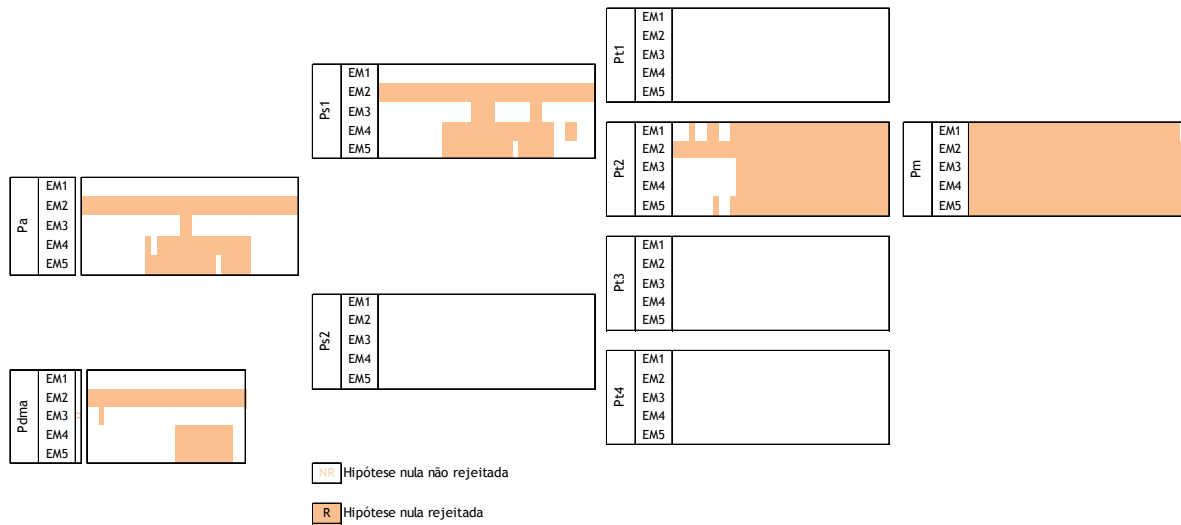


Figura 4.3 Resultados do teste estatístico para análise de homogeneidade - teste #10.

É ainda possível constatar, à semelhança dos restantes testes aplicados para análise de homogeneidade, não haver qualquer rejeição da hipótese nula das amostras P_{s2} , P_{t1} , P_{t3} e P_{t4} , por nenhum dos testes, em todos os postos.

Os resultados dos testes aplicados às amostras anual, P_a , e do primeiro semestre, P_{s1} , são muito semelhantes, apenas diferindo o resultado do teste #07 no posto EM_5 . Estas amostras, nos postos EM_4 e EM_5 , apresentam rejeição da hipótese nula na maioria das respostas aos testes #07, #08 e #09, enquanto no teste #10 apresentam rejeições para o período compreendido entre os pares de subséries de ordem $i = 13$ e $i = 31$. Nos postos EM_1 e EM_3 , os testes aplicados não resultam em qualquer rejeição, ao contrário do posto EM_2 que apresenta rejeição da hipótese nula em todos os testes. A identificação do ano de 1969 nos testes #07, #08 e #09 como ano de existência de quebra é maioritária.

Todos os testes aplicados às amostras do segundo trimestre, P_{t2} , identificam quebra de homogeneidade, à excepção do teste #09 no posto EM_1 . Neste trimestre é predominante a detecção de quebra no ano 1978.

Constata-se que todos os resultados dos testes aplicados às amostras de precipitação relativas ao mês de Março, P_m , são de rejeição da hipótese de homogeneidade, em todos os postos, sendo predominante a identificação de 1968 como ano de quebra da homogeneidade.

Relativamente às amostras de precipitação do segundo trimestre, o número de rejeições das hipóteses nulas pelos testes estatísticos é também bastante elevado, com rejeição em todos os postos nos testes #07, #08 e #09 (excepto teste #09 no posto EM_1), com indicação maioritária do ano de 1978 como ano de quebra de homogeneidade. Verifica-se que a partir

do par de amostras de ordem $i = 11$ do teste #10 a hipótese nula é sempre rejeitada, No posto EM_2 , a hipótese nula é rejeitada para todos os pares de amostras no período em análise.

A análise às precipitações do mês de Março, P_m , mostra quebras de homogeneidade para todos os testes em todos os postos.

À semelhança das amostras P_a e P_{s1} , a amostra P_{dma} apresenta rejeições da hipótese nula em todos os testes no posto EM_2 , ao contrário dos postos EM_1 e EM_3 , sem qualquer rejeição, quando aplicados os testes. Esta amostra, P_{dma} , nos postos EM_4 e EM_5 , apresenta respostas muito semelhantes aos testes, com rejeições para o período compreendido entre os pares de subséries de ordem $i = 15$ e $i = 24$.

As quebras de homogeneidade identificadas são sempre no sentido da diminuição das médias das precipitações nos períodos posteriores em relação às médias nos períodos anteriores.

SEM IDENTIFICAÇÃO DO ANO DE QUEBRA

A Tabela 4.5 apresenta as hipóteses nulas postas para os testes estatísticos #11, #12, #13, #14 e #15, de acordo com formulação descrita na secção 3.4.

Tabela 4.5 Hipótese nula dos testes estatísticos para análise de homogeneidade sem identificação do ano de quebra - testes #11, #12, #13, #14 e #15.

| Numeração / Designação do Teste | Hipótese nula |
|---------------------------------|--|
| #11 Wilconox | As medianas das duas partes da amostra não são significativamente diferentes |
| #12 Wald Wolfowitz | As duas partes da amostra não são significativamente diferentes |
| #13 Mann-Whitney | As médias das duas partes da amostra não são significativamente diferentes |
| # 14 T de Student (TREND) | |
| #15 T de-Student 20+20 | |

Na Figura 4.4 são apresentados os resultados da aplicação dos testes #11, #12, #13, #14 e #15, evidenciando os casos de rejeição da hipótese nula.

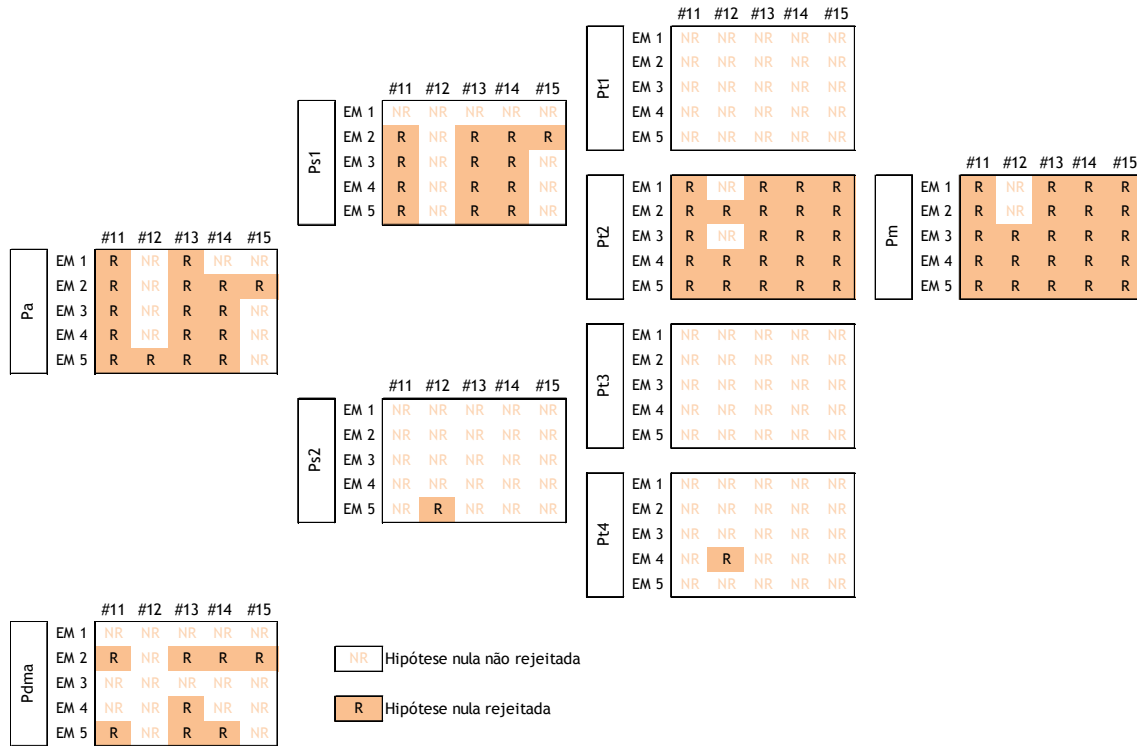


Figura 4.4 Resultados dos testes estatísticos para análise de homogeneidade sem identificação do ano de quebra - testes #11, #12, #13, #14 e #15.

À semelhança dos testes de homogeneidade aplicados anteriormente às amostras do período seco, P_{s2} , P_{t3} e P_{t4} e ao primeiro trimestre P_{t1} , observa-se na Figura 4.4 a quase não existência de rejeição de hipótese nula nos testes agora aplicados.

Tanto no mês de Março como no segundo trimestre, a aplicação dos testes estatísticos às amostras relativas ao mês de Março, P_m , e segundo trimestre, P_{t2} , resultam em rejeição generalizada (à exceção de dois resultados em cada amostra, ambos do teste #12).

As amostras relativas à precipitação anual e no primeiro semestre apresentam um padrão de rejeição da hipótese nula muito semelhante, em que os testes #11, #13 e #14 rejeitam a hipótese nula em quase todos os resultados, ao contrário dos testes #12 e #15 que quase não apresentam rejeições.

A análise às amostras de valores máximos, P_{dma} , apresenta maioria de respostas de não rejeição da hipótese nula, embora nos postos EM_2 e EM_5 prevaleçam as respostas de rejeição.

4.2.3 TENDÊNCIA - TESTES #16 A #19

A Tabela 4.6 apresenta as hipóteses nulas postas para os testes estatísticos #16, #17, #18 e #19, de acordo com formulação descrita na secção 3.4.

Tabela 4.6 Hipótese nula dos testes estatísticos para análise de tendência - testes #16, #17, #18 e #19.

| Numeração / Designação do Teste | Hipótese nula |
|---|---|
| #16 Mann-Whitney - Kendall | A série não apresenta tendência |
| #17 Coeficiente de correlação ordinal de Spearman | As variáveis não apresentam correlação significativa, a série não apresenta tendência |
| #18 Regressão linear | A série não apresenta tendência |
| #19 Ordenação | |

Na Figura 4.5 são apresentados os resultados da aplicação dos testes #16, #17, #18 e #19 evidenciando os casos de rejeição da hipótese nula.

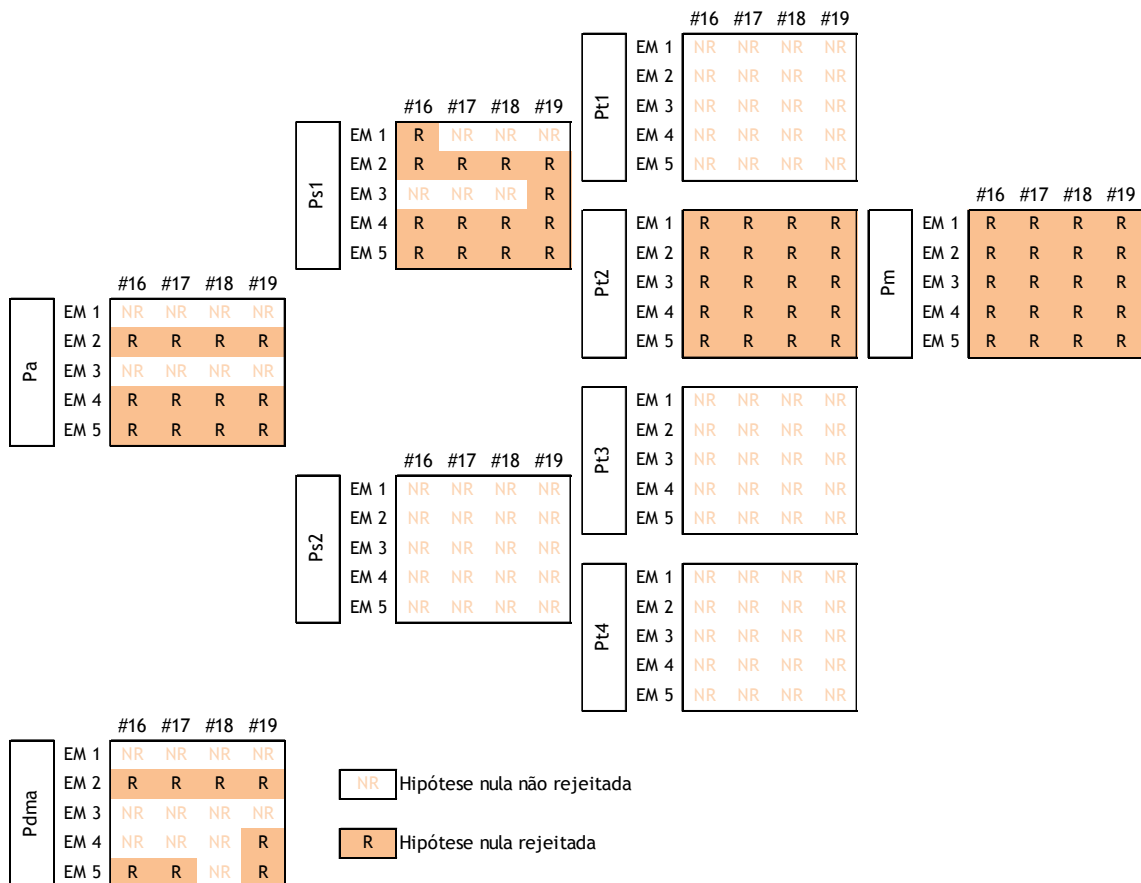


Figura 4.5 Resultados dos testes estatísticos para análise de tendência - testes #16, #17, #18 e #19.

A análise da Figura 4.5 permite constatar que, à semelhança dos resultados dos testes para detecção de quebras de homogeneidade, os resultados dos testes aplicados às amostras do período seco, P_{s2} , P_{t3} e P_{t4} , e ao primeiro trimestre, P_{t1} , não apresentam qualquer rejeição da hipótese nula.

Observando as amostras com escalas temporais menores, referentes ao mês de Março e segundo trimestre, observa-se uma rejeição da hipótese nula na totalidade dos testes e postos considerados. Esta hipótese é também rejeitada para a maioria das amostras relativas a precipitação anual e do primeiro semestre, excepto nos postos EM_1 e EM_3 , ambos só com uma rejeição de hipótese nula.

À semelhança das respostas aos testes de homogeneidade, as amostras P_{dma} , apresentam maioria de respostas de não rejeição da hipótese nula, à excepção dos postos EM_2 e EM_5 onde prevalecem as respostas de rejeição.

4.3 ANÁLISE GLOBAL AOS RESULTADOS

A análise das amostras de precipitação, quanto à sua independência temporal, apresenta resultados de não rejeição que nos permitem concluir que a aleatoriedade, como condição fundamental para aplicação de análise estatística, se verifica, confirmando que as amostras de precipitação podem ser consideradas como representativas de uma variável aleatória.

Verifica-se ainda uma grande concordância de respostas quanto à rejeição e não rejeição das hipóteses nulas, entre os testes para análise de homogeneidade e os testes para análise de tendências, reforçando a possibilidade de existência de alteração de comportamento das variáveis, mais evidente nas escalas temporais mais reduzidas.

O mês de Março apresenta quebra de homogeneidade e existência de tendência em todos os postos, assim como o segundo trimestre, P_{t2} que representa o Inverno, claramente influenciado pelo mês de Março. O primeiro semestre, P_{s1} , correspondente ao período húmido do ano, apresenta ainda bastantes rejeições das hipóteses nulas, mas de uma forma menos generalizada.

Contrariamente, as amostras referentes ao período seco do ano, P_{s2} , P_{t3} e P_{t4} (segundo semestre, Primavera e Verão), e o primeiro trimestre, P_{t1} , (Outono), não apresentam alterações significativas dos parâmetros estatísticos, sendo que o número de rejeições da hipótese nula nos diversos testes muito baixo. No conjunto dos treze testes para análise de quebra de homogeneidade e existência de tendência (#07 a #19) aplicados a estas amostras, nos cinco postos, apenas surgem dois resultados de rejeição das hipóteses nulas (teste #13 aplicado à amostra P_{s2} no posto EM_5 e amostra P_{t4} no posto EM_4). Estas amostras dizem respeito aos períodos do ano em que se verificam os menores quantitativos de precipitação, podendo a dimensão da sua variação não ser a suficiente para ter relevância na avaliação da variação dos parâmetros em análise.

A análise anual reflecte os resultados do primeiro semestre, em que, apesar de registarem mais situações de não rejeição da hipótese nula, os resultados de rejeição ainda são expressivos.

Os resultados da análise das amostras de valores máximos só por si não são expressivos quanto à existência de quebras de homogeneidade ou tendência, já que a maioria dos resultados assim obtidos conduz à não rejeição da hipótese nula. No entanto, evidenciam muitas semelhanças relativamente aos resultados das análises das amostras anual e de primeiro semestre.

Face aos resultados obtidos, a hipótese de existir tendência decrescente dos valores de precipitação, relativas aos mês de Março, P_m , e subsequente período temporal em que se inclui, P_{t2} , (segundo trimestre), não é rejeitada pela análise estatística efectuada, com a qual que se comprova a significância da alteração dos parâmetros estatísticos característicos.

Nas escalas temporais de maior dimensão (onde se inclui o mês de Março e o primeiro trimestre), P_{s1} e P_a (primeiro semestre e ano), assim como nos valores máximos, P_{dma} , a análise estatística não apresenta um resultado inequívoco, havendo alguma disparidade de respostas de rejeição e não rejeição entre testes e postos de medição. Pelos resultados obtidos, pode-se afirmar que existem indícios no sentido de haver alterações no comportamento destas amostras de precipitação, no entanto, não é possível afirmar que haja alterações significativas que o comprovem.

Relativamente aos restantes períodos em análise, P_{t1} , P_{t3} , P_{t4} e P_{s2} , a análise efectuada não comprova a existência de alterações significativas dos parâmetros estatísticos, pelo que a hipótese de os valores apresentarem tendência crescente, demonstradas pelas amostras, é rejeitada.

5 CONCLUSÕES E PROPOSTAS FUTURAS

No presente estudo, os comportamentos detectados na amostra EM_5 (obtida por ponderação das precipitações dos restantes postos, com objectivo de perceber se tais postos são efectivamente os necessários e suficientes para caracterizar a precipitação numa dada bacia hidrográfica) reflectem os comportamentos das amostras utilizadas na ponderação. Os testes de análise de tendência indiciam estar a haver uma amplificação das variações dos parâmetros característicos, na medida em que na amostra EM_5 detectam alteração significativa de comportamento, enquanto o posto EM_3 , não apresenta tendência significativa, não obstante ter o maior peso na bacia hidrográfica e, como tal, ser o mais influente no comportamento final da amostra ponderada.

Na análise estatística efectuada os resultados obtidos pelos testes aplicados às amostras do posto EM_5 estão enquadrados nos resultados dos restantes postos, pelo que se conclui que a utilização da amostra representativa desta região, em alternativa às amostras a partir das quais foi obtida, não compromete a fiabilidade dos resultados.

A análise estatística dos parâmetros das amostras permitiu identificar alteração significativa no comportamento da variável hidrológica no segundo trimestre do ano, correspondente ao Inverno, em particular no mês de Março, no sentido de diminuição do quantitativo de precipitação.

Nos restantes períodos considerados, a análise aos parâmetros estatísticos das amostras não permite concluir acerca da sua alteração significativa de comportamento, enquadrando-se assim as variações e tendências detectadas na variabilidade temporal, natural da precipitação.

A análise de valores máximos não identifica alterações significativas no comportamento das amostras de precipitação, indo ao encontro do apresentado por Portela, *et al.*, 2011, onde é constatado que as amostras de valores máximos exibem comportamentos individualizados, ao contrário do expectável aumento de valores extremados, não sendo assim possível generalizar o seu comportamento.

A metodologia de análise descrita no presente estudo, pelo alargado leque de testes estatísticos aplicados, apresenta-se como uma ferramenta de grande abrangência, já que não avalia apenas um parâmetro estatístico das amostras. Sugere-se assim o alargamento do estudo a outras amostras a nível nacional para caracterização espacial do fenómeno, assim como a sua aplicação a amostras em cada um dos sucessivos meses, abrangendo todo o ano hidrológico, para caracterização da variabilidade temporal intra-anual da precipitação.

A análise a nível nacional, com selecção de postos udométricos estratégicos, por exemplo, em termos da utilização mais intensiva da água, para além da ampla caracterização da precipitação a que conduziria, permitiria detectar num contexto mais abrangente eventuais mudanças de comportamento e concluir sobre a existência ou não de estruturas de correlação espacial que constituíssem indícios de alteração climática e da vulnerabilidade de algumas regiões a essa alteração. Seria, assim possível concluir sobre se o padrão espacial da precipitação no território nacional se está a alterar, por exemplo, no sentido de contribuir para agudizar a assimetria já existente entre um Norte, com alguma disponibilidade hídrica, e um Sul, sofrendo de escassez de recurso.

Para além da precipitação, outras variáveis hidrológicas devem ser objecto de análise afim à apresentada, com ênfase para o escoamento, mas também para a temperatura, enquanto vector fundamental da evapotranspiração e, logo, de utilizações consumptivas, como seja a irrigação.

A obtenção de resultados equivalentes aos obtidos precedendo as intervenções, ao nível dos recursos hídricos, em bacias hidrográficas concretas, torna possível a mais correcta integração das condições climáticas esperadas para o futuro nos parâmetros de projecto.

BIBLIOGRAFIA

Buishand, T. (1982). Some Methodes for Testing the Momogeneity of Rainfall Records. *Journal of Hydrology* , 58, pp. 11-27.

Chiew, F., & Siriwardena, L. (February de 2005). TREND - Trend/Change Detection Software. www.toolkit.net.au/trend .

Dollar, L., Dollar, E., & Moolman, J. (01 de July de 2006). Development of an automated desktop procedure for defining macro-reaches for river longitudinal profiles. <http://www.wrc.org.za> , p. Vol.32 nº3.

Durrant, J. (2009). *Steamflow trends in South-West Western Australia*. Surface water hydrology series - report nºHY32, Government of Western Australia, Department of Water .

Grayson, R. B., Argent, R. M., Nathan, R. J., McMahon, T. A., & Mein, R. G. (1996). *Hydrological Recipes: Estimation Techniques in Australian Hydrology*. Centre Office - Department of Civil Engineering - Monash University: Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology.

Grayson, R. B., Argent, R. M., Nathan, R. J., McMahon, T. A., & Mein, R. G. (1996). *Hydrological Recipes: Estimation Techniques in Australian Hydrology*.

Guimarães, R. C. (2011). *Probabilidade e Estatística Aplicada à Hidrologia*. Universidade de Évora: Departamento de Engenharia Rural.

Harding University. (2012). *Chapter 14 - Ordinal Measures of Correlation: Spearman's Rho and Gamma*. Obtido em Outubro de 2012, de <http://www.harding.edu/sbreezeel/460%20Files/Statbook/CHAPTER14.pdf>

Kendall, Maurice G. (s.d.). *The advanced theory of statistics*. Obtido de <http://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=mdp.39015068290124;seq=15;view=1up;num=ix>

Kundzewicz, Z. W., Graczyk, D., Maurer, T., Przymusińska, I., Radziejewski, M., Svensson, C., et al. (2004). *Detection of change in world-wide hydrological time series of maximum annual flow*. Federal Institute of Hydrology (BfG), Global Runoff Date Centre, Germany.

Kundzewicz, Z. W., & Robson, A. J. (February de 2004). Change Detection in Hydrological Records - A Review of the Methodology. *Hydrological Sciences - Journal des Sciences Hydrologiques* , p. 49 (1).

Mattos, R. S. (2011). *Econometria de séries temporais*. Obtido de http://www.ufjf.br/rogerio_mattos/files/2009/06/NotasEST.pdf

McDonald, J. (2009). *Handbook of Biological Statistics* (2nd ed.). Baltimore Maryland: Sparky House Publishing.

Naghetini, M., & Pinto, J. d. (2007). *Hidrologia Estatística*. Belo Horizonte: CPRM Serviço Geológico do Brasil.

- Pereira, S. B., Pruski, F. F., Novaes, L. F., Silva, D. D., & Ramos, M. M. (Jan/Dez de 2003). Distribuição Espacial das Variáveis Hidrológicas na Bacia do Rio São Francisco. (Universidade Federal de Viçosa, Ed.) *Revista de Engenharia da Agricultura* , pp. v.11 n.1-4.
- Pocinho, M. (17 de Setembro de 2010). http://docentes.ismt.pt/~m_pocinho/. Obtido em Outubro de 2012, de http://docentes.ismt.pt/~m_pocinho/Sebenta_estatistica_II_com_anexos_2010.pdf
- Portela, M. M. (2012). Risco, Incerteza e Dimensionamento Hidrológico. Lisboa - IST: FUNDEC - Ass. para a Formação e o Desenvolvimento em Eng. Civil e Arquitectura.
- Portela, M. M., & Almeida, A. B. (2011). Risco, Incerteza e Dimensionamento Hidrológico. Lisboa - IST: FUNDEC - Ass. para a Formação e o Desenvolvimento em Eng. Civil e Arquitectura.
- Portela, M. M., & Naghettini, M. (2011). Probabilidade e Estatística Aplicadas à Hidrologia. Lisboa: DECivil, IST.
- Portela, M. M., & Quintela, A. C. (Maio de 2011). Índices de Mudança Climática em Séries de Precipitação em Portugal Continental. (A. P. Hídricos, Ed.) *Recursos Hídricos* , pp. Vol.19 (2 e 3) 41 - 74.
- Portela, M. M., & Quintela, A. d. (Março de 2001). A Diminuição de Precipitação em épocas do Ano como Índice de Mudança Climática: Casos Estudados em Portugal Continental. *INGENIERÍA DEL AGUA* , pp. Vol 8 nº1 pp 79-92.
- Portela, M. M., Quintela, A. C., Santos, J. F., Martins, C., & Vaz, C. (Maio de 2011). Tendências em Séries Temporais de Variáveis Hidrológicas. *Revista Recursos Hídricos* , pp. Vol.32, Nº1, 43-60.
- Rao, A. R., Hamed, K. H., & Chen, H.-L. (2003). *Nonstationarities in Hydrologic and Environmental Time Series*. Obtido de <http://books.google.pt/books?id=gqvmxkIXMjcC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
- Reis, G. M., & Júnior, J. I. (2007). *Comparação de testes paramétricos e não paramétricos aplicados em delineamentos experimentais*. Obtido em Outubro de 2012, de <http://www.mat.ufrgs.br/>: <http://www.mat.ufrgs.br/~viali/estatistica/mat2282/material/textos/SA03.pdf>
- Santos, J. F. (2008). *Alterações em séries de variáveis hidro-climatológicas: seus efeitos nos volumes de água a fornecer para rega e na fiabilidade do fornecimento desses volumes a partir de albufeiras*. Lisboa: UTL IST.
- Santos, J. F., & Portela, M. M. (20??). *Tendências em Séries de Precipitação Mensal em Portugal Continental. Aplicação do Teste de Mann-Kendall*. Lisboa, Portugal?: Associação Portuguesa de Recursos Hídricos.
- UNESCO. (s.d.). *4.2 Non-parametric Measures of Bivariate Relationships*. Obtido em Outubro de 2012, de http://www.unesco.org/webworld/idams/advguide/Chapt4_2.htm
- UNESCO, W. /., & WMO, U. Expert Workshop on Trend/Change Deteccion.

Universidade Federal do Rio de Janeiro. (2011). Obtido em 2012, de http://www.iesc.ufrj.br/cursos/cabds/TesteHipotese_ComparaGrupos.pdf

University of Auckland. (2012). *Department of Statistics*. Obtido em Out de 2012, de <http://www.stat.auckland.ac.nz/~wild/ChanceEnc/Ch10.wilcoxon.pdf>

Wald, A., & Wolfowitz, J. (2012). *Institute of Mathematical Statistics*. Obtido de On a Test Whether Two Samples are from the Same Population: <http://projecteuclid.org/euclid.aoms/1177731909>

Zbigniew W. Kundzewicz and Alice Robson. (May 2000). *Detecting Trend and Other Changes in Hydrological Data*. UNESCO-WMO, World Climate Programme - Water, Geneva.

Zurich, U. o. (20 de Março de 2008). <http://www.qgd.uzh.ch/>. Obtido em Outubro de 2012, de Master's Degree in Computational Science: <http://www.qgd.uzh.ch/lectures/cs-arc/ksstat.php>

ANEXOS

Anexo I.

DADOS DE BASE DO SNIRH (EM_1 , EM_2 , EM_3 E EM_4) E EM_5

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

Tabela A.1 P_m e P_{dma} no posto EM_1 (1933/34 a 1970/71)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Precipitação mensal (mm) em TORRÃO (24H/01UG)

Peso 0.057

| Ano Hid. | Precipitação Mensal - P_m (mm) | | | | | | | | | | | | Precipitação máxima diária anual |
|----------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|----------------------------------|
| | OUT | NOV | DEZ | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | Pdma (mm) |
| 1933/34 | 154.1 | 68.6 | 56.7 | 31.4 | 1.5 | 78.4 | 83.9 | 7.0 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | |
| 1934/35 | 1.7 | 89.1 | 160.0 | 0.0 | 31.7 | 56.8 | 21.1 | 56.2 | 35.7 | 0.0 | 0.0 | 0.2 | 35.5 |
| 1935/36 | 11.8 | 80.9 | 119.1 | 148.8 | 153.9 | 126.5 | 86.4 | 36.0 | 16.7 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 35.7 |
| 1936/37 | 35.3 | 38.8 | 43.8 | 198.3 | 40.3 | 139.7 | 31.9 | 12.3 | 3.5 | 0.0 | 0.0 | 10.1 | 38.7 |
| 1937/38 | 91.4 | 173.7 | 94.2 | 30.5 | 19.7 | 9.8 | 114.4 | 92.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 78.7 | 45.0 |
| 1938/39 | 2.8 | 24.3 | 125.0 | 129.6 | 29.9 | 65.3 | 72.2 | 4.9 | 40.2 | 0.0 | 7.2 | 51.9 | 41.1 |
| 1939/40 | 106.4 | 57.0 | 71.3 | 180.7 | 132.4 | 101.4 | 45.6 | 57.3 | 41.2 | 0.0 | 0.0 | 57.7 | 46.0 |
| 1940/41 | 82.2 | 47.1 | 14.6 | 164.1 | 139.6 | 85.1 | 108.0 | 30.4 | 2.3 | 16.8 | 0.0 | 7.8 | 47.7 |
| 1941/42 | 0.0 | 120.7 | 39.7 | 52.1 | 31.4 | 149.9 | 101.2 | 11.0 | 18.4 | 0.0 | 0.0 | 43.2 | 43.5 |
| 1942/43 | 123.2 | 36.0 | 107.1 | 117.5 | 72.8 | 151.3 | 43.3 | 0.0 | 0.0 | 24.5 | 0.0 | 36.5 | 44.6 |
| 1943/44 | 25.1 | 31.2 | 60.7 | 2.0 | 32.8 | 40.1 | 31.7 | 14.5 | 70.3 | 0.4 | 10.0 | 8.2 | 44.6 |
| 1944/45 | 65.5 | 59.5 | 34.0 | 43.8 | 3.6 | 21.8 | 33.4 | 16.1 | 0.0 | 1.8 | 0.0 | 0.0 | 36.1 |
| 1945/46 | 37.0 | 93.7 | 128.5 | 42.3 | 19.4 | 77.3 | 132.1 | 97.4 | 4.2 | 0.0 | 0.0 | 14.3 | 60.4 |
| 1946/47 | 41.2 | 57.1 | 20.4 | 86.1 | 300.5 | 268.0 | 15.6 | 28.9 | 1.9 | 0.0 | 0.0 | 35.9 | 65.7 |
| 1947/48 | 114.9 | 34.3 | 102.6 | 180.5 | 135.5 | 22.9 | 148.6 | 123.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 88.5 |
| 1948/49 | 31.1 | 8.5 | 100.9 | 31.2 | 2.1 | 58.7 | 47.5 | 12.8 | 30.7 | 0.0 | 0.0 | 110.0 | 32.0 |
| 1949/50 | 3.6 | 82.5 | 98.4 | 61.3 | 40.0 | 69.0 | 21.2 | 119.7 | 33.4 | 0.0 | 0.0 | 4.1 | 37.5 |
| 1950/51 | 22.0 | 37.6 | 83.9 | 98.5 | 122.6 | 97.0 | 54.3 | 24.9 | 21.4 | 0.0 | 1.5 | 9.3 | 35.4 |
| 1951/52 | 37.7 | 191.8 | 69.6 | 85.3 | 44.4 | 168.6 | 77.0 | 70.7 | 42.6 | 0.0 | 8.8 | 31.8 | 79.4 |
| 1952/53 | 58.9 | 79.9 | 72.3 | 79.7 | 20.8 | 60.8 | 32.8 | 6.8 | 1.5 | 0.0 | 0.0 | 54.9 | 48.4 |
| 1953/54 | 123.4 | 47.0 | 122.0 | 26.5 | 28.0 | 95.0 | 52.5 | 6.1 | 22.2 | 0.0 | 2.3 | 0.0 | 73.7 |
| 1954/55 | 23.2 | 123.3 | 83.5 | 138.3 | 95.6 | 148.3 | 7.5 | 28.3 | 9.3 | 0.0 | 0.0 | 2.6 | 44.6 |
| 1955/56 | 19.2 | 101.7 | 130.4 | 158.3 | 37.6 | 130.4 | 60.1 | 25.3 | 0.0 | 0.0 | 6.8 | 45.1 | 51.5 |
| 1956/57 | 50.0 | 18.7 | 32.8 | 19.6 | 63.2 | 93.9 | 48.7 | 54.3 | 18.8 | 5.2 | 3.5 | 9.0 | 17.7 |
| 1957/58 | 55.5 | 61.0 | 59.6 | 103.6 | 56.8 | 66.5 | 36.3 | 0.0 | 11.4 | 0.0 | 19.0 | 0.0 | 26.0 |
| 1958/59 | 17.2 | 24.4 | 254.8 | 100.9 | 41.2 | 118.9 | 43.6 | 50.9 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 26.7 | 37.8 |
| 1959/60 | 78.0 | 74.4 | 123.7 | 61.4 | 102.5 | 118.0 | 44.5 | 98.4 | 4.1 | 0.0 | 1.2 | 18.9 | 28.2 |
| 1960/61 | 129.1 | 120.8 | 79.0 | 47.3 | 4.7 | 33.2 | 26.5 | 79.7 | 14.6 | 0.0 | 0.0 | 53.0 | 43.0 |
| 1961/62 | 29.9 | 98.7 | 61.8 | 60.4 | 63.2 | 153.2 | 5.4 | 14.1 | 19.4 | 0.0 | 0.0 | 19.5 | 45.0 |
| 1962/63 | 116.2 | 49.3 | 57.4 | 177.0 | 158.9 | 53.4 | 94.1 | 17.7 | 34.9 | 0.0 | 0.0 | 8.6 | 56.6 |
| 1963/64 | 9.6 | 140.6 | 201.8 | 24.5 | 157.2 | 121.3 | 23.8 | 16.0 | 18.6 | 77.0 | 1.8 | 46.8 | 74.0 |
| 1964/65 | 4.3 | 43.2 | 37.0 | 76.7 | 60.4 | 99.4 | 0.0 | 0.0 | 12.5 | 0.0 | 0.0 | 81.0 | 39.0 |
| 1965/66 | 135.8 | 77.5 | 48.8 | 123.0 | 178.8 | 0.0 | 130.5 | 4.5 | 16.6 | 0.0 | 4.8 | 10.2 | 40.5 |
| 1966/67 | 95.2 | 40.6 | 11.7 | 65.5 | 59.2 | 44.7 | 69.9 | 22.7 | 55.5 | 0.0 | 0.5 | 1.4 | 37.8 |
| 1967/68 | 74.9 | 77.6 | 27.1 | 0.1 | 165.5 | 118.7 | 39.3 | 18.5 | 2.8 | 0.0 | 3.5 | 3.5 | 41.0 |
| 1968/69 | 69.4 | 190.6 | 77.3 | 86.8 | 139.3 | 128.4 | 17.9 | 52.3 | 31.9 | 0.0 | 0.0 | 37.9 | 45.0 |
| 1969/70 | 90.3 | 111.0 | 45.3 | 287.3 | 15.4 | 26.9 | 14.2 | 43.3 | 81.4 | 0.3 | 1.0 | 0.3 | 42.0 |
| 1970/71 | 10.5 | 36.4 | 34.8 | 127.3 | 2.8 | 31.8 | 142.6 | 96.6 | 36.0 | 16.7 | 0.0 | 5.0 | 38.0 |
| 1971/72 | 8.8 | 11.0 | 57.6 | 110.0 | 91.5 | 83.8 | 3.5 | 19.6 | 0.2 | 9.5 | 0.0 | 17.0 | 37.0 |
| 1972/73 | 193.0 | 27.3 | 100.7 | 87.8 | 13.8 | 13.6 | 8.5 | 58.5 | 14.5 | 2.0 | 0.0 | 9.7 | 63.0 |
| 1973/74 | 17.3 | 38.2 | 82.7 | 71.4 | 58.4 | 34.2 | 78.7 | 23.9 | 19.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 27.0 |
| 1974/75 | 0.0 | 45.4 | 18.0 | 63.2 | 108.2 | 108.1 | 19.1 | 25.4 | 36.0 | 0.0 | 0.0 | 31.6 | 30.2 |
| 1975/76 | 14.2 | 10.0 | 97.5 | 36.6 | 41.0 | 32.0 | 75.5 | 12.0 | 0.8 | 0.0 | 25.6 | 32.7 | 31.0 |
| 1976/77 | 92.1 | 104.2 | 127.1 | 140.3 | 22.5 | 22.6 | 8.4 | 0.7 | 50.8 | 58.1 | 0.0 | 13.0 | 56.1 |
| 1977/78 | 113.3 | 55.7 | 199.8 | 21.3 | 176.6 | 33.7 | 52.8 | 44.4 | 15.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 69.0 |
| 1978/79 | 12.3 | 50.9 | 193.0 | 111.3 | 134.4 | 61.5 | 73.5 | 1.0 | 3.2 | 29.5 | 0.0 | 3.0 | 38.8 |
| 1979/80 | 168.0 | 5.9 | 11.1 | 45.7 | 60.8 | 67.5 | 70.0 | 65.2 | 3.2 | 0.0 | 2.6 | 30.5 | 61.5 |
| 1980/81 | 53.5 | 78.1 | 4.5 | 3.5 | 24.8 | 68.3 | 84.1 | 33.7 | 0.8 | 0.0 | 7.5 | 34.0 | 33.5 |
| 1981/82 | 36.2 | 0.2 | 185.8 | 71.3 | 94.5 | 28.5 | 29.9 | 2.0 | 1.2 | 11.0 | 13.7 | 23.1 | 34.5 |
| 1982/83 | 12.5 | 78.1 | 40.1 | 0.0 | 34.2 | 4.5 | 91.3 | 25.6 | 11.0 | 0.0 | 0.0 | 3.6 | 34.5 |
| 1983/84 | 49.4 | 290.7 | 92.8 | 28.6 | 14.4 | 43.7 | 110.7 | 55.3 | 15.8 | 1.6 | 0.0 | 4.5 | 73.0 |
| 1984/85 | 68.8 | 117.6 | 78.9 | 165.7 | 134.9 | 21.0 | 83.5 | 10.8 | 7.6 | 14.0 | 0.0 | 6.7 | 42.5 |
| 1985/86 | 0.0 | 67.1 | 52.2 | 55.3 | 143.4 | 40.0 | 58.6 | 12.7 | 2.5 | 0.0 | 0.0 | 63.1 | 44.0 |
| 1986/87 | 81.0 | 30.3 | 34.3 | 99.1 | 114.3 | 11.5 | 72.4 | 0.0 | 1.5 | 4.6 | 28.3 | 40.2 | 35.6 |
| 1987/88 | 84.0 | 53.2 | 158.0 | 109.1 | 42.6 | 3.0 | 45.0 | 102.2 | 85.8 | 32.8 | 0.0 | 2.5 | 40.0 |
| 1988/89 | 82.6 | 85.8 | 10.4 | 27.3 | 39.9 | 21.2 | 94.7 | 95.7 | 1.2 | 0.0 | 0.0 | 25.0 | 37.5 |
| 1989/90 | 90.5 | 162.2 | 273.0 | 51.0 | 5.0 | 42.5 | 101.4 | 22.3 | 3.1 | 0.0 | 0.0 | 6.0 | 39.5 |

Tabela A.2 P_m e P_{dma} no posto EM_1 (1971/72 a 2008/09)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS
Relatório do parâmetro Precipitação mensal (mm) em TORRÃO (24H/01UG)
Peso 0.057

| Ano Hid. | Precipitação Mensal - Pm (mm) | | | | | | | | | | | | Precipitação máxima diária anual |
|----------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|----------------------------------|
| | OUT | NOV | DEZ | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | Pdma (mm) |
| 1990/91 | 167.8 | 135.3 | 29.4 | 19.1 | 125.1 | 117.7 | 19.3 | 0.0 | 20.9 | 0.0 | 0.0 | 18.5 | 88.0 |
| 1991/92 | 48.4 | 11.8 | 45.3 | 32.9 | 10.5 | 21.3 | 52.3 | 39.5 | 32.7 | 0.0 | 12.8 | 10.5 | 21.0 |
| 1992/93 | 47.8 | 7.2 | 85.2 | 19.6 | 33.7 | 41.5 | 57.7 | 105.7 | 23.4 | 0.0 | 0.0 | 27.6 | 27.5 |
| 1993/94 | 152.1 | 111.9 | 6.6 | 74.6 | 99.4 | 11.3 | 24.0 | 69.0 | 0.0 | 0.8 | 0.0 | 32.4 | 40.0 |
| 1994/95 | 56.6 | 48.5 | 52.0 | 38.1 | 40.3 | 30.0 | 17.7 | 16.4 | 10.2 | 1.2 | 0.0 | 14.0 | 22.0 |
| 1995/96 | 17.0 | 250.1 | 244.0 | 326.1 | 68.7 | 88.7 | 27.9 | 113.9 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 32.7 | 74.5 |
| 1996/97 | 24.5 | 34.0 | 221.7 | 176.2 | 14.5 | 0.0 | 63.5 | 46.2 | 25.8 | 12.0 | 28.5 | 56.0 | 44.5 |
| 1997/98 | 85.8 | 255.2 | 156.8 | 52.5 | 89.8 | 21.0 | 51.4 | 89.8 | 4.8 | 0.0 | 0.0 | 54.2 | 42.5 |
| 1998/99 | 9.5 | 23.0 | 24.3 | 102.5 | 16.3 | 63.0 | 49.0 | 37.7 | 0.0 | 2.0 | 16.0 | 97.2 | 62.0 |
| 1999/00 | 125.1 | 30.0 | 63.0 | 4.8 | 11.9 | 14.4 | 195.0 | 79.8 | 0.5 | 1.9 | 0.0 | 11.7 | 52.0 |
| 2000/01 | 46.2 | 160.0 | 271.8 | 78.8 | 73.1 | 127.1 | 0.0 | 23.9 | 26.0 | 2.7 | 1.2 | 57.8 | |
| 2001/02 | 118.4 | 33.5 | 56.1 | 45.3 | 22.4 | 102.8 | 59.8 | 15.0 | 2.4 | 0.2 | 0.2 | 83.9 | |
| 2002/03 | 34.3 | 91.2 | 103.2 | 58.3 | 74.6 | 40.7 | 0.2 | 0.8 | 1.0 | 1.9 | 0.7 | 9.3 | |
| 2003/04 | 117.1 | 47.1 | 45.2 | 30.8 | 49.8 | 49.8 | 22.4 | 22.0 | 0.0 | 0.0 | 4.5 | 3.7 | |
| 2004/05 | 128.6 | 17.4 | 26.3 | 1.0 | 10.3 | 22.9 | 8.5 | 36.7 | 5.2 | 5.9 | 0.0 | 2.1 | |
| 2005/06 | 167.4 | 73.7 | 65.8 | 26.0 | 46.6 | 80.5 | 40.6 | 0.4 | 16.0 | 0.6 | 3.7 | 58.0 | |
| 2006/07 | 156.9 | 173.6 | 34.8 | 11.8 | 45.4 | 9.8 | 41.1 | 34.3 | 12.9 | 0.2 | 8.1 | 27.8 | |
| 2007/08 | 21.9 | 32.8 | 21.9 | 49.6 | 51.7 | 26.6 | 86.4 | 36.5 | 12.9 | 0.0 | 0.4 | 35.2 | |
| 2008/09 | 46.8 | 32.2 | 48.0 | 90.8 | 68.9 | 70.1 | 27.7 | 0.2 | 0.1 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | |

Tabela A.3 P_m e P_{dma} no posto EM_2 (1933/34 a 1970/71)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS
Relatório do parâmetro Precipitação mensal (mm) em SANTIAGO DO ESCOURAL (22H/02UG)
Peso 0.179

| Ano Hid. | Precipitação Mensal - Pm (mm) | | | | | | | | | | | | Precipitação máxima diária anual |
|----------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-----|-------|----------------------------------|
| | OUT | NOV | DEZ | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | Pdma (mm) |
| 1933/34 | 159.6 | 93.0 | 109.8 | 60.2 | 2.0 | 143.0 | 190.8 | 3.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 53.2 |
| 1934/35 | 8.6 | 71.2 | 337.0 | 2.0 | 86.2 | 58.2 | 23.6 | 63.8 | 56.2 | 0.0 | 7.2 | 0.0 | 61.6 |
| 1935/36 | 18.4 | 209.2 | 370.4 | 220.8 | 367.8 | 263.4 | 141.4 | 39.8 | 24.8 | 2.2 | 0.0 | 0.0 | 99.4 |
| 1936/37 | 34.5 | 86.2 | 59.0 | 439.6 | 69.2 | 307.6 | 83.2 | 23.4 | 12.8 | 0.0 | 0.0 | 33.6 | 89.4 |
| 1937/38 | 133.0 | 287.8 | 131.4 | 84.8 | 35.6 | 17.0 | 132.0 | 107.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 89.2 | 63.6 |
| 1938/39 | 12.6 | 43.8 | 221.2 | 330.0 | 73.8 | 60.7 | 121.4 | 25.4 | 91.6 | 5.0 | 0.0 | 102.2 | 67.4 |
| 1939/40 | 161.6 | 71.6 | 164.0 | 381.8 | 252.8 | 167.2 | 52.8 | 85.0 | 48.0 | 0.0 | 2.4 | 7.6 | 122.6 |
| 1940/41 | 159.0 | 120.2 | 34.8 | 513.2 | 210.2 | 116.4 | 176.4 | 52.6 | 26.6 | 43.4 | 1.6 | 1.0 | 105.0 |
| 1941/42 | 3.0 | 128.8 | 33.4 | 111.4 | 50.8 | 230.8 | 156.8 | 27.6 | 33.4 | 0.0 | 2.4 | 48.4 | 39.0 |
| 1942/43 | 175.8 | 134.6 | 196.2 | 300.2 | 129.2 | 234.0 | 69.0 | 3.0 | 0.0 | 24.0 | 0.0 | 108.8 | 59.0 |
| 1943/44 | 81.4 | 18.8 | 181.8 | 1.6 | 60.4 | 87.2 | 115.6 | 1.4 | 14.8 | 0.0 | 6.2 | 10.2 | 42.0 |
| 1944/45 | 75.8 | 70.0 | 98.8 | 84.4 | 7.2 | 28.0 | 34.4 | 19.0 | 21.2 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 28.6 |
| 1945/46 | 87.4 | 119.8 | 277.0 | 58.2 | 26.8 | 138.0 | 96.6 | 222.6 | 6.4 | 0.0 | 0.0 | 9.6 | 77.6 |
| 1946/47 | 133.4 | 90.6 | 27.8 | 175.6 | 525.2 | 262.2 | 58.2 | 20.4 | 4.4 | 0.0 | 1.6 | 23.6 | 73.0 |
| 1947/48 | 79.0 | 52.8 | 173.6 | 308.0 | 105.6 | 41.2 | 91.6 | 146.6 | 2.6 | 0.0 | 2.0 | 1.6 | 80.0 |
| 1948/49 | 89.4 | 8.8 | 203.8 | 61.8 | 21.2 | 60.8 | 89.6 | 11.2 | 5.6 | 0.0 | 0.0 | 95.2 | 108.0 |
| 1949/50 | 11.6 | 177.8 | 154.2 | 94.4 | 122.2 | 104.4 | 15.2 | 166.8 | 38.8 | 0.0 | 0.0 | 6.4 | 58.0 |
| 1950/51 | 60.6 | 61.8 | 144.8 | 138.8 | 202.0 | 198.4 | 28.2 | 36.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.8 | 52.4 |
| 1951/52 | 40.6 | 353.4 | 59.8 | 91.6 | 38.8 | 184.4 | 55.2 | 83.2 | 62.4 | 0.0 | 3.6 | 85.8 | 101.4 |

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

Tabela A.4 P_m e P_{dma} no posto EM_2 (1971/72 a 2008/09)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Precipitação mensal (mm) em SANTIAGO DO ESCOURAL (22H/02UG)

Peso 0.179

| Ano Hid. | Precipitação Mensal - P_m (mm) | | | | | | | | | | | | Precipitação máxima diária anual |
|----------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|----------------------------------|
| | OUT | NOV | DEZ | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | Pdma (mm) |
| 1952/53 | 79.6 | 76.6 | 100.6 | 72.2 | 3.6 | 50.0 | 60.0 | 6.2 | 6.4 | 2.2 | 0.0 | 80.2 | 40.4 |
| 1953/54 | 158.4 | 65.6 | 160.8 | 35.0 | 37.4 | 158.0 | 64.4 | 18.8 | 24.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 95.4 |
| 1954/55 | 29.6 | 155.0 | 61.4 | 266.6 | 162.8 | 124.6 | 5.0 | 40.0 | 15.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 44.0 |
| 1955/56 | 63.0 | 177.6 | 256.0 | 197.0 | 61.8 | 233.0 | 144.6 | 95.8 | 0.0 | 2.4 | 66.0 | 75.6 | 72.2 |
| 1956/57 | 44.8 | 0.0 | 66.4 | 36.6 | 150.0 | 136.0 | 133.8 | 113.4 | 34.2 | 6.4 | 0.0 | 28.6 | 37.2 |
| 1957/58 | 74.6 | 98.8 | 66.2 | 170.4 | 57.0 | 127.2 | 43.4 | 0.0 | 59.6 | 9.2 | 17.4 | 0.6 | 56.8 |
| 1958/59 | 27.4 | 12.6 | 450.2 | 174.6 | 52.8 | 174.2 | 96.2 | 68.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 24.4 | 82.4 |
| 1959/60 | 65.6 | 143.8 | 201.0 | 146.0 | 203.6 | 199.6 | 93.8 | 119.0 | 89.8 | 0.0 | 16.0 | 38.6 | 81.2 |
| 1960/61 | 240.6 | 202.2 | 106.4 | 50.8 | 14.2 | 41.2 | 59.6 | 94.4 | 30.2 | 0.0 | 0.0 | 49.4 | 42.0 |
| 1961/62 | 73.8 | 136.8 | 140.6 | 101.2 | 77.0 | 224.2 | 12.6 | 19.4 | 27.0 | 0.0 | 0.0 | 47.2 | 53.0 |
| 1962/63 | 100.4 | 64.8 | 90.4 | 260.4 | 255.6 | 161.8 | 167.4 | 44.6 | 45.4 | 0.0 | 1.6 | 26.2 | 94.2 |
| 1963/64 | 8.2 | 317.2 | 278.4 | 42.4 | 257.0 | 197.8 | 27.4 | 27.4 | 20.6 | 9.0 | 5.8 | 40.6 | 61.4 |
| 1964/65 | 19.0 | 52.8 | 56.0 | 129.6 | 97.0 | 133.0 | 1.6 | 15.0 | 12.8 | 0.0 | 0.0 | 92.6 | 45.4 |
| 1965/66 | 186.0 | 187.0 | 112.4 | 263.0 | 259.6 | 0.0 | 221.2 | 8.0 | 18.8 | 0.0 | 9.0 | 15.6 | 68.6 |
| 1966/67 | 231.2 | 59.4 | 35.2 | 78.4 | 169.0 | 70.4 | 49.0 | 40.0 | 37.6 | 0.0 | 5.0 | 10.1 | 62.8 |
| 1967/68 | 50.0 | 125.4 | 27.0 | 1.8 | 258.4 | 114.2 | 94.0 | 37.8 | 1.8 | 0.0 | 11.7 | 14.8 | 35.4 |
| 1968/69 | 41.3 | 250.2 | 117.6 | 160.9 | 166.2 | 237.9 | 33.4 | 88.3 | 81.3 | 2.2 | 0.0 | 53.0 | 82.4 |
| 1969/70 | 115.1 | 139.3 | 49.9 | 395.2 | 27.6 | 33.8 | 14.4 | 82.9 | 112.6 | 1.1 | 0.5 | 1.5 | 69.7 |
| 1970/71 | 3.0 | 57.0 | 25.8 | 181.0 | 9.8 | 37.4 | 161.3 | 131.3 | 46.5 | 6.2 | 5.2 | 2.5 | 34.2 |
| 1971/72 | 3.4 | 5.0 | 55.1 | 162.7 | 203.8 | 109.3 | 5.0 | 24.5 | 1.5 | 5.7 | 0.1 | 35.5 | 59.0 |
| 1972/73 | 187.2 | 41.4 | 135.6 | 135.1 | 17.3 | 31.0 | 19.5 | 66.0 | 27.4 | 27.6 | 0.0 | 20.7 | 62.0 |
| 1973/74 | 36.9 | 61.1 | 96.3 | 93.5 | 123.2 | 45.7 | 81.2 | 43.1 | 58.8 | 0.0 | 0.0 | 1.3 | 33.7 |
| 1974/75 | 17.8 | 72.1 | 23.7 | 67.0 | 109.2 | 158.6 | 55.5 | 77.8 | 43.5 | 0.0 | 0.0 | 42.3 | 52.0 |
| 1975/76 | 24.6 | 32.6 | 70.7 | 46.8 | 83.5 | 50.2 | 121.2 | 8.0 | 0.0 | 0.9 | 32.0 | 89.0 | 42.9 |
| 1976/77 | 137.3 | 111.4 | 181.7 | 192.9 | 268.2 | 21.9 | 19.8 | 7.4 | 43.0 | 25.5 | 3.0 | 6.0 | 43.7 |
| 1977/78 | 143.6 | 65.2 | 219.7 | 41.3 | 228.0 | 86.7 | 104.1 | 61.2 | 28.2 | 0.0 | 0.0 | 9.7 | 51.2 |
| 1978/79 | 19.9 | 75.8 | 304.1 | 128.0 | 261.5 | 131.6 | 103.8 | 9.7 | 7.7 | 30.6 | 0.0 | 28.9 | 50.1 |
| 1979/80 | 247.4 | 32.4 | 37.0 | 63.2 | 79.3 | 89.3 | 34.4 | 76.3 | 3.5 | 1.3 | 11.3 | 18.8 | 78.0 |
| 1980/81 | 64.6 | 58.4 | 20.4 | 3.0 | 39.8 | 104.8 | 90.7 | 34.7 | 6.5 | 6.7 | 1.0 | 48.8 | 40.4 |
| 1981/82 | 39.6 | 3.4 | 295.5 | 74.4 | 75.5 | 25.7 | 40.0 | 15.7 | 11.0 | 9.5 | 18.7 | 56.2 | 42.5 |
| 1982/83 | 24.9 | 133.9 | 66.6 | 0.4 | 38.6 | 6.9 | 103.8 | 54.8 | 11.0 | 1.0 | 1.0 | 7.7 | 65.0 |
| 1983/84 | 49.0 | 265.7 | 103.2 | 71.1 | 21.6 | 114.9 | 118.2 | 97.6 | 44.1 | 1.8 | 2.8 | 0.0 | 38.9 |
| 1984/85 | 91.6 | 163.9 | 81.8 | 241.5 | 203.3 | 27.6 | 175.2 | 25.6 | 6.4 | 11.8 | 0.0 | 11.8 | 50.1 |
| 1985/86 | 1.1 | 131.1 | 111.5 | 91.9 | 201.2 | 36.7 | 62.6 | 30.3 | 9.3 | 0.0 | 1.6 | 67.2 | 43.8 |
| 1986/87 | 45.1 | 52.7 | 50.5 | 155.6 | 144.9 | 24.3 | 116.9 | 1.9 | 1.2 | 5.8 | 38.9 | 46.3 | 38.0 |
| 1987/88 | 157.0 | 69.1 | 211.5 | 173.3 | 49.2 | 4.9 | 40.3 | 98.1 | 148.2 | 63.4 | 0.0 | 3.4 | 54.4 |
| 1988/89 | 127.7 | 83.2 | 13.1 | 39.3 | 77.1 | 44.2 | 95.0 | 100.1 | 14.8 | 0.0 | 3.9 | 71.4 | 39.4 |
| 1989/90 | 112.9 | 211.2 | 305.6 | 62.3 | 21.4 | 24.7 | 119.2 | 35.2 | 4.6 | 0.0 | 0.0 | 20.8 | 49.7 |
| 1990/91 | 224.2 | 97.7 | 58.5 | 21.0 | 100.3 | 121.6 | 30.8 | 0.0 | 14.0 | 0.0 | 0.0 | 4.1 | 50.2 |
| 1991/92 | 66.6 | 23.5 | 32.1 | 39.4 | 17.4 | 19.6 | 87.7 | 46.7 | 65.6 | 0.0 | 15.0 | 36.7 | 44.0 |
| 1992/93 | 88.2 | 7.6 | 125.0 | 24.1 | 42.1 | 26.0 | 66.1 | 77.7 | 17.9 | 0.0 | 4.7 | 59.6 | 33.8 |
| 1993/94 | 192.5 | 129.3 | 12.3 | 104.3 | 136.4 | 3.0 | 23.6 | 126.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 6.8 | 48.4 |
| 1994/95 | 71.9 | 112.6 | 40.8 | 70.9 | 61.2 | 33.5 | 18.8 | 17.0 | 7.4 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 30.5 |
| 1995/96 | 19.3 | 217.1 | 361.3 | 367.9 | 90.3 | 60.1 | 52.2 | 129.2 | 0.0 | 0.0 | 0.5 | 125.1 | 56.8 |
| 1996/97 | 40.8 | 85.4 | 249.2 | 159.5 | 1.7 | 0.0 | 75.0 | 121.2 | 41.7 | 8.1 | 56.3 | 9.2 | 39.0 |
| 1997/98 | 155.2 | 286.0 | 223.4 | 60.4 | 91.2 | 25.4 | 83.2 | 91.4 | 12.0 | 1.9 | 0.0 | 77.8 | 58.8 |
| 1998/99 | 11.0 | 10.4 | 26.8 | 76.5 | 19.2 | 72.7 | 35.8 | 56.4 | 0.0 | 1.8 | 19.4 | 80.8 | 60.7 |
| 1999/00 | 187.7 | 18.6 | 69.2 | 5.6 | 18.9 | 17.2 | 212.4 | 111.4 | 2.4 | 12.7 | 1.8 | 17.1 | 58.8 |
| 2000/01 | 68.6 | 206.3 | 297.3 | 126.2 | 108.0 | 223.5 | 11.1 | 59.8 | 19.5 | 3.1 | 1.2 | 88.7 | |
| 2001/02 | 118.4 | 45.9 | 36.2 | 64.8 | 26.0 | 106.7 | 63.6 | 23.2 | 9.1 | 0.2 | 0.4 | 118.9 | |
| 2002/03 | 73.7 | 137.0 | 148.4 | 101.8 | 81.8 | 10.4 | 8.0 | 0.8 | 3.1 | 5.3 | 2.0 | 48.5 | |
| 2003/04 | 161.2 | 102.1 | 70.0 | 49.8 | 60.0 | 49.2 | 33.1 | 19.6 | 0.0 | 0.0 | 10.6 | 32.4 | |
| 2004/05 | 155.6 | 19.8 | 19.9 | 0.3 | 5.0 | 40.4 | 11.4 | 32.6 | 3.8 | 0.4 | 1.0 | 3.2 | |
| 2005/06 | 173.4 | 94.1 | 59.1 | 38.7 | 69.0 | 115.1 | 63.7 | 0.5 | 19.3 | 4.2 | 4.5 | 45.8 | |
| 2006/07 | 204.6 | 238.6 | 53.6 | 26.2 | 127.1 | 7.9 | 11.9 | 59.1 | 47.3 | 1.7 | 3.9 | 22.1 | |
| 2007/08 | 40.4 | 39.3 | 21.3 | 65.9 | 58.2 | 22.8 | 121.1 | 86.2 | 19.3 | 4.2 | 4.5 | 33.4 | |
| 2008/09 | 87.1 | 108.5 | 130.0 | 126.2 | 107.5 | 18.4 | 28.8 | 10.6 | 19.3 | 1.6 | 1.1 | 9.0 | |

Tabela A.5 P_m e P_{dma} no posto EM_3 (1933/34 a 1970/71)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Precipitação mensal (mm) em VIANA DO ALENTEJO (241/01C)

Peso 0.601

| Ano Hid. | Precipitação Mensal - Pm (mm) | | | | | | | | | | | | Precipitação máxima diária anual |
|----------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|----------------------------------|
| | OUT | NOV | DEZ | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | Pdma (mm) |
| 1933/34 | 146.6 | 100.7 | 64.0 | 47.1 | 0.8 | 97.2 | 133.5 | 31.2 | 0.0 | 0.3 | 2.2 | 0.5 | |
| 1934/35 | 2.9 | 81.5 | 185.8 | 0.9 | 42.9 | 57.3 | 24.3 | 74.0 | 30.9 | 0.0 | 6.3 | 1.1 | 38.7 |
| 1935/36 | 10.5 | 98.4 | 161.6 | 166.7 | 178.4 | 168.9 | 118.9 | 44.7 | 16.7 | 4.6 | 0.0 | 0.0 | 50.5 |
| 1936/37 | 12.9 | 80.7 | 43.6 | 245.0 | 53.1 | 172.4 | 37.6 | 11.1 | 3.2 | 0.0 | 0.0 | 8.9 | 44.4 |
| 1937/38 | 101.0 | 201.0 | 96.4 | 36.0 | 25.3 | 13.1 | 69.8 | 100.5 | 0.0 | 0.7 | 0.0 | 79.2 | 39.4 |
| 1938/39 | 3.9 | 27.3 | 145.1 | 208.9 | 43.3 | 56.0 | 77.9 | 26.8 | 60.6 | 0.2 | 18.5 | 40.5 | 48.0 |
| 1939/40 | 97.3 | 53.4 | 92.3 | 238.3 | 135.7 | 91.5 | 34.6 | 75.9 | 43.3 | 0.0 | 7.5 | 35.5 | 54.9 |
| 1940/41 | 84.0 | 57.0 | 16.7 | 250.1 | 136.2 | 85.2 | 156.1 | 30.8 | 9.1 | 26.9 | 0.0 | 2.1 | 46.1 |
| 1941/42 | 18.5 | 138.2 | 27.9 | 62.7 | 38.0 | 135.7 | 112.6 | 21.2 | 36.0 | 0.0 | 0.0 | 72.3 | 42.2 |
| 1942/43 | 164.0 | 76.6 | 133.1 | 145.3 | 75.2 | 157.0 | 77.8 | 1.3 | 0.0 | 40.6 | 0.2 | 51.0 | 50.0 |
| 1943/44 | 49.4 | 17.1 | 71.3 | 8.4 | 42.8 | 53.1 | 69.0 | 25.9 | 32.3 | 3.0 | 18.1 | 22.3 | 23.5 |
| 1944/45 | 127.8 | 77.5 | 38.2 | 43.4 | 3.4 | 32.0 | 16.2 | 22.9 | 0.4 | 7.4 | 0.7 | 0.0 | 87.5 |
| 1945/46 | 38.0 | 101.0 | 166.7 | 39.7 | 24.3 | 101.3 | 108.1 | 158.2 | 7.1 | 0.0 | 0.3 | 10.0 | 41.6 |
| 1946/47 | 97.6 | 72.8 | 29.4 | 103.3 | 287.8 | 231.3 | 24.9 | 18.2 | 0.5 | 0.0 | 0.9 | 18.8 | 63.8 |
| 1947/48 | 115.8 | 39.9 | 132.6 | 165.0 | 137.1 | 42.9 | 88.0 | 123.4 | 6.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 50.3 |
| 1948/49 | 121.1 | 6.0 | 129.7 | 30.3 | 7.9 | 51.8 | 49.6 | 52.7 | 14.0 | 0.0 | 0.0 | 104.0 | 71.6 |
| 1949/50 | 4.1 | 114.8 | 124.8 | 59.7 | 59.3 | 75.4 | 25.0 | 119.8 | 9.9 | 17.1 | 0.0 | 5.2 | 61.4 |
| 1950/51 | 15.4 | 60.6 | 73.1 | 147.0 | 145.6 | 147.3 | 44.6 | 20.7 | 16.5 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 66.5 |
| 1951/52 | 37.5 | 307.7 | 52.0 | 87.0 | 25.5 | 162.1 | 99.8 | 60.7 | 50.5 | 1.5 | 17.7 | 51.2 | 121.0 |
| 1952/53 | 54.8 | 84.0 | 98.2 | 66.3 | 21.3 | 99.1 | 55.3 | 11.5 | 4.6 | 0.0 | 0.0 | 55.6 | 39.7 |
| 1953/54 | 167.7 | 59.4 | 93.5 | 10.8 | 28.8 | 124.7 | 48.5 | 0.2 | 21.7 | 0.0 | 8.0 | 0.0 | 78.0 |
| 1954/55 | 22.9 | 125.8 | 84.3 | 184.8 | 130.7 | 120.4 | 5.9 | 54.3 | 9.4 | 0.0 | 25.5 | 2.6 | 53.2 |
| 1955/56 | 46.1 | 130.0 | 179.6 | 194.5 | 32.6 | 190.8 | 126.0 | 9.2 | 0.0 | 27.2 | 16.7 | 48.3 | 60.4 |
| 1956/57 | 97.0 | 29.9 | 11.6 | 12.9 | 78.5 | 72.0 | 64.6 | 81.2 | 14.8 | 19.1 | 1.3 | 10.2 | 40.2 |
| 1957/58 | 74.8 | 62.9 | 50.4 | 159.3 | 76.7 | 122.2 | 64.4 | 9.9 | 21.0 | 20.6 | 16.0 | 3.5 | 47.0 |
| 1958/59 | 18.0 | 31.2 | 336.2 | 111.0 | 48.5 | 146.0 | 68.6 | 79.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 24.1 | 54.9 |
| 1959/60 | 76.4 | 122.7 | 158.2 | 119.8 | 127.4 | 146.2 | 36.3 | 100.2 | 23.2 | 0.0 | 10.9 | 47.2 | 45.1 |
| 1960/61 | 207.6 | 145.7 | 74.4 | 40.9 | 4.9 | 29.8 | 43.9 | 102.8 | 23.8 | 0.0 | 0.0 | 42.8 | 43.3 |
| 1961/62 | 45.3 | 118.7 | 89.0 | 66.1 | 59.1 | 156.3 | 14.3 | 14.5 | 21.8 | 0.0 | 0.0 | 37.6 | 44.5 |
| 1962/63 | 190.1 | 79.6 | 72.2 | 219.1 | 202.5 | 88.5 | 123.1 | 35.1 | 42.4 | 0.0 | 0.2 | 7.3 | 73.0 |
| 1963/64 | 13.7 | 187.9 | 201.3 | 25.2 | 227.9 | 139.1 | 24.5 | 15.7 | 39.6 | 48.5 | 3.0 | 42.2 | 48.5 |
| 1964/65 | 7.4 | 48.3 | 42.3 | 107.5 | 108.9 | 120.2 | 0.5 | 2.6 | 17.7 | 0.0 | 0.0 | 84.2 | 45.5 |
| 1965/66 | 152.4 | 110.8 | 63.9 | 182.6 | 185.0 | 0.0 | 152.1 | 5.9 | 15.4 | 0.0 | 10.2 | 35.7 | 44.2 |
| 1966/67 | 127.6 | 50.4 | 19.9 | 73.4 | 79.5 | 57.0 | 38.3 | 75.0 | 23.0 | 0.0 | 0.0 | 6.4 | 44.5 |
| 1967/68 | 80.0 | 79.3 | 19.5 | 0.0 | 221.2 | 107.4 | 46.1 | 32.2 | 12.5 | 0.0 | 4.2 | 10.6 | 41.4 |
| 1968/69 | 54.0 | 182.9 | 109.2 | 110.4 | 185.4 | 201.7 | 35.0 | 76.1 | 51.1 | 0.0 | 0.0 | 36.6 | 66.5 |
| 1969/70 | 61.8 | 133.8 | 54.5 | 394.0 | 14.3 | 34.3 | 11.1 | 56.3 | 101.2 | 0.7 | 8.2 | 0.8 | 52.3 |
| 1970/71 | 8.8 | 39.3 | 41.4 | 180.8 | 5.3 | 45.9 | 125.2 | 105.3 | 48.7 | 9.5 | 1.3 | 0.6 | 36.3 |
| 1971/72 | 8.0 | 8.3 | 63.2 | 132.8 | 173.4 | 90.8 | 1.9 | 21.3 | 1.0 | 2.5 | 0.0 | 16.5 | 43.5 |
| 1972/73 | 121.7 | 49.3 | 112.8 | 114.4 | 11.3 | 21.8 | 10.9 | 96.7 | 18.0 | 7.1 | 0.0 | 0.6 | 40.0 |
| 1973/74 | 32.1 | 40.2 | 92.6 | 78.9 | 82.8 | 56.8 | 95.5 | 18.2 | 44.0 | 0.0 | 0.0 | 1.7 | 33.5 |
| 1974/75 | 9.2 | 54.1 | 18.3 | 67.5 | 113.3 | 114.0 | 37.7 | 55.1 | 20.4 | 0.0 | 0.0 | 29.0 | 32.7 |
| 1975/76 | 11.9 | 10.6 | 107.8 | 36.6 | 64.3 | 43.9 | 90.9 | 11.2 | 6.9 | 0.0 | 19.8 | 51.0 | 45.0 |
| 1976/77 | 90.4 | 110.7 | 156.9 | 157.8 | 211.8 | 19.0 | 13.9 | 4.0 | 48.8 | 74.5 | 3.2 | 18.4 | 40.5 |
| 1977/78 | 105.2 | 56.0 | 230.2 | 33.6 | 232.5 | 57.4 | 103.2 | 55.0 | 24.3 | 0.0 | 0.0 | 4.9 | 66.0 |
| 1978/79 | 45.2 | 88.5 | 270.3 | 116.7 | 183.2 | 81.6 | 107.1 | 3.4 | 0.5 | 8.3 | 0.0 | 37.5 | 39.8 |
| 1979/80 | 270.1 | 18.0 | 23.3 | 42.0 | 74.8 | 70.2 | 26.7 | 77.7 | 4.1 | 1.3 | 8.7 | 86.9 | 91.5 |
| 1980/81 | 46.5 | 88.2 | 8.2 | 5.4 | 35.4 | 79.3 | 94.2 | 30.3 | 4.1 | 0.4 | 21.3 | 41.9 | 39.8 |
| 1981/82 | 17.5 | 2.5 | 230.0 | 83.1 | 68.4 | 44.3 | 57.6 | 1.5 | 6.0 | 6.8 | 19.7 | 52.2 | 47.0 |
| 1982/83 | 11.4 | 50.9 | 41.4 | 0.0 | 30.3 | 7.0 | 65.6 | 33.5 | 12.0 | 0.0 | 7.0 | 7.0 | 15.4 |
| 1983/84 | 25.9 | 218.6 | 102.8 | 22.5 | 11.4 | 42.5 | 75.3 | 55.7 | 16.5 | 1.0 | 1.5 | 3.5 | 47.2 |
| 1984/85 | 58.5 | 132.1 | 58.8 | 221.2 | 139.5 | 58.3 | 105.5 | 15.9 | 4.6 | 15.6 | 0.0 | 3.6 | 50.2 |
| 1985/86 | 0.0 | 79.0 | 71.9 | 78.0 | 206.0 | 34.1 | 83.1 | 34.1 | 2.4 | 0.0 | 0.3 | 68.0 | 46.1 |
| 1986/87 | 76.0 | 49.6 | 43.6 | 149.4 | 115.2 | 21.2 | 87.2 | 0.5 | 2.3 | 2.9 | 27.3 | 64.3 | 34.8 |
| 1987/88 | 117.1 | 64.7 | 222.2 | 153.4 | 34.7 | 3.5 | 55.0 | 84.0 | 99.5 | 41.5 | 0.0 | 3.2 | 57.3 |
| 1988/89 | 76.9 | 97.4 | 14.9 | 44.8 | 49.5 | 14.9 | 109.1 | 79.9 | 9.8 | 0.0 | 4.7 | 56.3 | 42.4 |
| 1989/90 | 143.8 | 181.9 | 317.0 | 51.7 | 5.6 | 31.7 | 121.0 | 28.9 | 3.4 | 0.0 | 3.8 | 24.7 | 45.4 |

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

Tabela A.6 P_m e P_{dma} no posto EM_3 (1971/72 a 2008/09)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS
Relatório do parâmetro Precipitação mensal (mm) em VIANA DO ALENTEJO (241/01C)
Peso 0.601

| Ano Hid. | Precipitação Mensal - Pm (mm) | | | | | | | | | | | Precipitação máxima diária anual | |
|----------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|----------------------------------|-----------|
| | OUT | NOV | DEZ | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | Pdma (mm) |
| 1990/91 | 192.6 | 122.1 | 37.1 | 28.9 | 115.6 | 148.4 | 15.1 | 0.0 | 21.5 | 0.0 | 0.4 | 20.9 | 46.7 |
| 1991/92 | 54.1 | 21.4 | 49.8 | 25.9 | 16.2 | 17.1 | 72.4 | 60.7 | 53.6 | 0.0 | 12.7 | 17.2 | 30.6 |
| 1992/93 | 70.5 | 9.5 | 130.8 | 25.1 | 47.2 | 36.1 | 60.8 | 137.9 | 9.8 | 0.0 | 8.3 | 60.0 | 48.0 |
| 1993/94 | 181.1 | 107.0 | 8.4 | 99.1 | 131.4 | 11.9 | 35.8 | 87.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.4 | 44.8 |
| 1994/95 | 67.7 | 72.2 | 48.7 | 51.5 | 59.1 | 34.9 | 21.8 | 22.9 | 22.9 | 0.0 | 0.0 | 14.2 | 33.1 |
| 1995/96 | 18.9 | 218.1 | 275.0 | 325.6 | 69.0 | 60.4 | 34.0 | 93.5 | 0.0 | 0.5 | 0.5 | 47.6 | 72.3 |
| 1996/97 | 45.3 | 47.1 | 225.9 | 169.6 | 6.5 | 0.0 | 44.2 | 100.2 | 36.4 | 14.2 | 44.1 | 48.3 | 43.2 |
| 1997/98 | 82.9 | 237.9 | 196.0 | 62.1 | 77.0 | 31.6 | 56.9 | 120.6 | 7.9 | 0.0 | 0.0 | 31.6 | 50.2 |
| 1998/99 | 13.9 | 18.5 | 22.3 | 101.4 | 35.7 | 73.4 | 29.2 | 47.1 | 1.2 | 0.0 | 18.8 | 110.1 | 80.5 |
| 1999/00 | 185.2 | 28.0 | 76.8 | 8.1 | 13.2 | 14.2 | 197.1 | 94.0 | 0.0 | 2.4 | 0.6 | 11.4 | 71.6 |
| 2000/01 | 51.1 | 147.0 | 336.4 | 186.5 | 87.9 | 165.2 | 10.5 | 35.8 | 25.7 | 0.8 | 0.4 | 72.9 | |
| 2001/02 | 125.1 | 51.3 | 80.7 | 74.1 | 18.0 | 104.4 | 67.9 | 21.8 | 2.8 | 1.1 | 1.0 | 90.3 | |
| 2002/03 | 46.9 | 92.0 | 50.5 | 77.8 | 70.1 | 36.2 | 86.2 | 11.2 | 3.7 | 5.6 | 0.7 | 11.8 | |
| 2003/04 | 138.1 | 63.8 | 58.2 | 50.5 | 51.3 | 45.9 | 31.0 | 51.7 | 0.6 | 0.4 | 13.8 | 4.6 | |
| 2004/05 | 139.5 | 22.0 | 36.1 | 1.3 | 9.0 | 27.6 | 7.4 | 32.1 | 1.6 | 4.3 | 2.5 | 4.1 | |
| 2005/06 | 122.0 | 60.9 | 76.5 | 26.1 | 48.0 | 103.0 | 63.3 | 0.9 | 33.9 | 14.3 | 5.8 | 49.7 | |
| 2006/07 | 200.9 | 137.4 | 42.0 | 20.2 | 97.3 | 77.2 | 76.2 | 49.6 | 18.9 | 2.4 | 9.3 | 28.2 | |
| 2007/08 | 48.5 | 47.1 | 16.0 | 59.5 | 71.8 | 34.4 | 105.2 | 85.9 | 2.1 | 1.4 | 1.5 | 22.3 | |
| 2008/09 | 34.0 | 24.9 | 53.7 | 117.7 | 60.7 | 20.4 | 1.7 | 9.5 | 33.0 | 1.8 | 0.0 | 6.6 | |

Tabela A.7 P_m e P_{dma} no posto EM_4 (1933/34 a 1970/71)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS
Relatório do parâmetro Precipitação mensal (mm) em ALCÁÇOVAS (231/01C)
Peso 0.164

| Ano Hid. | Precipitação Mensal - Pm (mm) | | | | | | | | | | | Precipitação máxima diária anual | |
|----------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|----------------------------------|-----------|
| | OUT | NOV | DEZ | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | Pdma (mm) |
| 1933/34 | 125.4 | 143.0 | 82.0 | 63.8 | 1.4 | 153.2 | 144.8 | 9.4 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 58.2 |
| 1934/35 | 5.8 | 73.6 | 254.0 | 0.6 | 65.6 | 71.8 | 20.6 | 63.4 | 25.4 | 0.0 | 17.4 | 2.8 | 57.2 |
| 1935/36 | 15.4 | 150.8 | 217.2 | 195.4 | 229.4 | 157.0 | 103.4 | 55.2 | 25.2 | 3.4 | 0.0 | 0.0 | 59.4 |
| 1936/37 | 14.8 | 65.8 | 63.6 | 303.0 | 50.2 | 221.6 | 48.6 | 18.6 | 8.8 | 0.0 | 0.0 | 24.6 | 68.0 |
| 1937/38 | 99.0 | 247.2 | 134.4 | 47.2 | 25.6 | 14.4 | 82.6 | 115.6 | 0.1 | 2.1 | 1.6 | 79.2 | 50.4 |
| 1938/39 | 2.5 | 11.5 | 187.3 | 203.3 | 35.0 | 50.9 | 72.4 | 11.9 | 72.4 | 3.8 | 2.5 | 77.0 | 50.4 |
| 1939/40 | 113.4 | 55.8 | 77.5 | 218.2 | 143.8 | 95.7 | 39.7 | 65.2 | 28.5 | 0.0 | 2.8 | 19.1 | 54.0 |
| 1940/41 | 85.2 | 59.2 | 7.3 | 286.4 | 182.8 | 131.5 | 146.0 | 48.4 | 6.6 | 23.5 | 0.0 | 3.9 | 50.8 |
| 1941/42 | 8.8 | 179.5 | 45.9 | 53.2 | 46.8 | 170.0 | 120.8 | 19.2 | 27.8 | 0.0 | 0.0 | 34.0 | 44.2 |
| 1942/43 | 196.2 | 78.0 | 165.3 | 183.6 | 95.4 | 151.4 | 54.9 | 0.0 | 0.0 | 2.8 | 0.0 | 52.4 | 50.4 |
| 1943/44 | 77.6 | 12.4 | 108.6 | 9.2 | 41.0 | 52.3 | 65.5 | 13.4 | 90.2 | 6.1 | 18.6 | 34.2 | 52.8 |
| 1944/45 | 65.7 | 58.7 | 37.0 | 36.6 | 3.5 | 31.4 | 21.0 | 12.6 | 9.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 30.4 |
| 1945/46 | 48.4 | 99.0 | 162.6 | 45.0 | 20.2 | 117.0 | 95.0 | 190.2 | 9.6 | 0.0 | 0.0 | 18.4 | 44.6 |
| 1946/47 | 62.9 | 71.6 | 32.3 | 122.2 | 334.3 | 225.2 | 37.8 | 19.5 | 5.6 | 0.0 | 15.8 | 46.2 | 50.8 |
| 1947/48 | 64.1 | 47.7 | 112.3 | 199.3 | 115.2 | 32.6 | 90.6 | 124.9 | 4.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 45.0 |
| 1948/49 | 58.1 | 5.7 | 119.8 | 45.4 | 11.8 | 59.0 | 56.0 | 43.6 | 12.8 | 0.0 | 0.0 | 139.8 | 36.0 |
| 1949/50 | 8.0 | 116.6 | 112.2 | 66.6 | 65.5 | 92.8 | 27.8 | 103.4 | 27.6 | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 50.0 |
| 1950/51 | 24.8 | 40.8 | 104.4 | 144.2 | 189.3 | 107.2 | 80.6 | 26.9 | 22.6 | 0.0 | 0.0 | 14.0 | 50.0 |
| 1951/52 | 30.0 | 227.6 | 62.8 | 82.4 | 36.0 | 146.9 | 80.9 | 63.5 | 50.7 | 0.0 | 11.0 | 42.9 | 77.8 |

APLICAÇÃO À PRECIPITAÇÃO A DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS

Tabela A.8 P_m e P_{dma} no posto EM_4 (1971/72 a 2008/09)

SNIRH - SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

Relatório do parâmetro Precipitação mensal (mm) em ALCÁÇOVAS (231/01C)

Peso 0.164

| Ano Hid. | Precipitação Mensal - P_m (mm) | | | | | | | | | | | | Precipitação máxima |
|----------|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|---------------------|
| | OUT | NOV | DEZ | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | diária anual |
| | | | | | | | | | | | | | P_{dma} (mm) |
| 1952/53 | 45.0 | 72.3 | 101.8 | 75.7 | 19.2 | 80.0 | 42.8 | 12.6 | 4.2 | 0.0 | 0.0 | 37.2 | 48.0 |
| 1953/54 | 134.2 | 75.2 | 104.5 | 25.6 | 36.6 | 128.6 | 83.2 | 13.3 | 16.2 | 0.0 | 1.2 | 0.0 | 66.8 |
| 1954/55 | 24.5 | 190.4 | 46.8 | 248.9 | 129.8 | 157.5 | 3.8 | 25.6 | 14.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 96.6 |
| 1955/56 | 39.6 | 110.9 | 171.4 | 200.0 | 59.8 | 196.0 | 121.5 | 34.6 | 0.0 | 0.8 | 6.4 | 29.9 | 58.2 |
| 1956/57 | 46.7 | 22.6 | 36.3 | 10.9 | 100.0 | 70.8 | 74.0 | 90.2 | 7.6 | 6.3 | 3.2 | 3.8 | 32.1 |
| 1957/58 | 76.2 | 88.1 | 58.0 | 116.1 | 51.3 | 79.6 | 48.4 | 0.0 | 47.5 | 6.8 | 16.1 | 0.0 | 50.2 |
| 1958/59 | 12.4 | 9.8 | 342.3 | 150.9 | 57.9 | 130.5 | 53.2 | 47.1 | 0.0 | 4.2 | 0.0 | 75.2 | 62.6 |
| 1959/60 | 83.4 | 120.8 | 186.8 | 107.0 | 160.8 | 193.2 | 49.2 | 120.2 | 5.8 | 0.0 | 7.4 | 29.0 | 48.2 |
| 1960/61 | 258.0 | 198.4 | 84.2 | 48.8 | 9.4 | 30.6 | 38.8 | 97.4 | 11.2 | 0.0 | 0.0 | 39.0 | 45.8 |
| 1961/62 | 63.7 | 137.6 | 98.8 | 83.4 | 87.0 | 212.4 | 6.0 | 20.8 | 13.6 | 0.0 | 0.0 | 36.6 | 61.2 |
| 1962/63 | 185.0 | 74.8 | 78.2 | 263.6 | 237.6 | 111.6 | 99.4 | 38.6 | 47.6 | 0.0 | 0.0 | 19.1 | 94.0 |
| 1963/64 | 15.0 | 259.2 | 264.2 | 28.2 | 227.2 | 154.2 | 40.4 | 21.6 | 19.2 | 16.4 | 4.6 | 56.6 | 50.0 |
| 1964/65 | 14.2 | 34.0 | 55.0 | 162.8 | 81.8 | 126.2 | 0.0 | 3.4 | 20.8 | 0.2 | 0.0 | 99.4 | 53.6 |
| 1965/66 | 166.0 | 175.0 | 91.8 | 218.4 | 246.0 | 0.0 | 216.0 | 11.2 | 7.6 | 0.0 | 5.4 | 9.2 | 60.0 |
| 1966/67 | 145.0 | 60.8 | 32.2 | 89.0 | 111.2 | 66.6 | 52.2 | 36.0 | 36.2 | 0.0 | 1.6 | 8.4 | 48.8 |
| 1967/68 | 82.6 | 110.6 | 24.4 | 1.0 | 242.8 | 138.6 | 64.4 | 34.4 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 21.6 | 46.0 |
| 1968/69 | 41.2 | 239.3 | 124.4 | 156.8 | 178.4 | 279.6 | 27.2 | 81.2 | 50.4 | 0.0 | 0.0 | 43.2 | 84.8 |
| 1969/70 | 89.4 | 131.8 | 90.8 | 484.4 | 22.0 | 25.7 | 8.0 | 66.6 | 118.2 | 0.0 | 2.0 | 0.0 | 60.8 |
| 1970/71 | 6.0 | 67.4 | 35.8 | 203.3 | 10.0 | 67.2 | 179.0 | 148.6 | 56.6 | 4.8 | 0.0 | 3.0 | 38.0 |
| 1971/72 | 5.0 | 11.0 | 57.2 | 211.2 | 249.6 | 108.2 | 0.0 | 21.2 | 0.0 | 32.8 | 0.0 | 33.2 | 66.4 |
| 1972/73 | 197.9 | 48.0 | 89.8 | 136.2 | 9.6 | 11.0 | 10.4 | 97.0 | 9.2 | 3.4 | 0.0 | 16.8 | 51.8 |
| 1973/74 | 22.0 | 56.4 | 116.4 | 106.6 | 108.6 | 48.8 | 81.6 | 49.0 | 50.6 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 56.4 |
| 1974/75 | 6.8 | 73.4 | 26.6 | 121.2 | 112.6 | 151.2 | 31.6 | 40.8 | 27.2 | 0.0 | 0.0 | 33.0 | 43.4 |
| 1975/76 | 12.6 | 7.2 | 91.2 | 34.2 | 65.2 | 40.2 | 101.0 | 9.4 | 0.0 | 0.0 | 21.0 | 54.0 | 31.4 |
| 1976/77 | 118.6 | 119.8 | 233.4 | 177.0 | 283.6 | 26.6 | 14.2 | 5.0 | 75.6 | 0.0 | 0.0 | 8.2 | 50.0 |
| 1977/78 | 157.0 | 68.6 | 173.0 | 31.0 | 114.8 | 34.8 | 62.6 | 43.1 | 20.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 50.0 |
| 1978/79 | 14.7 | 42.9 | 145.2 | 94.5 | 97.6 | 59.8 | 38.8 | 5.2 | 8.1 | 31.6 | 0.0 | 12.8 | 27.7 |
| 1979/80 | 97.8 | 12.0 | 17.3 | 43.0 | 35.7 | 43.1 | 14.5 | 39.2 | 2.7 | 0.0 | 2.7 | 22.0 | 27.6 |
| 1980/81 | 63.4 | 43.0 | 5.4 | 2.2 | 17.0 | 47.3 | 36.1 | 24.7 | 5.4 | 0.0 | 13.0 | 27.3 | 22.4 |
| 1981/82 | 25.4 | 2.6 | 203.7 | 128.4 | 81.1 | 26.0 | 34.4 | 2.3 | 4.1 | 4.6 | 16.7 | 30.6 | 31.1 |
| 1982/83 | 16.9 | 116.1 | 51.7 | 0.4 | 30.2 | 8.6 | 95.3 | 36.1 | 14.2 | 0.8 | 0.6 | 8.2 | 50.4 |
| 1983/84 | 43.2 | 280.5 | 125.6 | 41.0 | 12.0 | 80.1 | 78.6 | 85.7 | 24.3 | 1.3 | 2.1 | 1.6 | 67.0 |
| 1984/85 | 107.6 | 111.8 | 86.2 | 225.8 | 156.9 | 19.7 | 110.7 | 28.3 | 3.1 | 3.8 | 0.0 | 2.7 | 61.0 |
| 1985/86 | 0.2 | 104.3 | 55.7 | 67.6 | 184.2 | 35.1 | 53.1 | 22.9 | 1.7 | 0.0 | 0.7 | 73.5 | 43.0 |
| 1986/87 | 59.8 | 47.1 | 46.6 | 126.7 | 133.6 | 16.4 | 77.7 | 6.9 | 0.4 | 3.0 | 29.3 | 29.7 | 31.2 |
| 1987/88 | 119.4 | 47.3 | 183.4 | 137.7 | 48.8 | 5.4 | 39.2 | 95.7 | 81.3 | 43.7 | 0.0 | 0.0 | 39.5 |
| 1988/89 | 109.0 | 81.4 | 8.4 | 34.9 | 42.1 | 23.2 | 79.9 | 91.2 | 2.5 | 0.0 | 0.0 | 31.1 | 33.0 |
| 1989/90 | 95.9 | 204.4 | 267.5 | 55.2 | 10.5 | 54.0 | 112.2 | 13.0 | 3.6 | 0.0 | 0.0 | 11.7 | 40.5 |
| 1990/91 | 211.5 | 115.8 | 31.0 | 27.4 | 105.5 | 119.2 | 130.4 | 0.0 | 25.0 | 0.0 | 0.3 | 17.8 | 113.5 |
| 1991/92 | 49.5 | 19.7 | 43.4 | 34.5 | 19.0 | 16.9 | 62.9 | 40.3 | 51.3 | 0.0 | 3.5 | 15.5 | 24.3 |
| 1992/93 | 67.4 | 6.0 | 91.2 | 20.4 | 43.1 | 30.0 | 65.4 | 100.3 | 37.9 | 0.0 | 0.0 | 29.7 | 26.6 |
| 1993/94 | 187.5 | 105.5 | 10.0 | 91.1 | 114.0 | 4.0 | 35.8 | 84.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.2 | 38.0 |
| 1994/95 | 60.6 | 66.7 | 67.1 | 50.2 | 57.6 | 36.3 | 22.6 | 20.9 | 13.2 | 8.6 | 0.0 | 23.7 | 33.0 |
| 1995/96 | 13.6 | 215.9 | 263.9 | 280.0 | 73.5 | 87.2 | 33.8 | 141.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 37.2 | 55.0 |
| 1996/97 | 19.5 | 58.4 | 190.5 | 173.7 | 11.8 | 0.0 | 46.1 | 135.0 | 32.5 | 17.6 | 16.2 | 25.9 | 37.5 |
| 1997/98 | 73.2 | 267.1 | 170.4 | 46.7 | 94.9 | 36.0 | 58.0 | 108.6 | 8.2 | 0.0 | 0.0 | 62.5 | 48.5 |
| 1998/99 | 9.0 | 14.0 | 20.7 | 83.0 | 29.5 | 66.5 | 35.0 | 45.0 | 0.5 | 0.0 | 19.5 | 89.0 | 69.5 |
| 1999/00 | 163.0 | 20.5 | 74.5 | 3.5 | 9.5 | 17.5 | 182.0 | 102.0 | 0.0 | 3.0 | 0.5 | 12.0 | 55.5 |
| 2000/01 | 42.0 | 157.0 | 271.8 | 235.3 | 52.5 | 168.9 | 4.2 | 50.7 | 35.9 | 0.4 | 1.0 | 40.8 | |
| 2001/02 | 97.1 | 58.0 | 51.6 | 60.7 | 19.4 | 103.9 | 77.4 | 13.9 | 21.5 | 6.2 | 0.0 | 89.9 | |
| 2002/03 | 29.2 | 118.0 | 127.2 | 81.6 | 79.0 | 44.4 | 97.2 | 6.3 | 5.3 | 4.1 | 5.3 | 7.3 | |
| 2003/04 | 148.6 | 74.8 | 53.9 | 42.9 | 57.0 | 52.7 | 59.1 | 18.3 | 0.4 | 1.7 | 12.3 | 11.4 | |
| 2004/05 | 149.6 | 19.7 | 25.1 | 110.5 | 86.7 | 31.9 | 63.0 | 36.1 | 1.9 | 1.9 | 2.5 | 5.0 | |
| 2005/06 | 73.4 | 92.5 | 64.1 | 110.5 | 48.1 | 96.1 | 54.1 | 49.1 | 20.0 | 5.2 | 14.9 | 51.7 | |
| 2006/07 | 218.3 | 212.6 | 47.9 | 25.0 | 103.4 | 19.8 | 79.2 | 54.1 | 43.8 | 3.4 | 7.8 | 27.9 | |
| 2007/08 | 73.4 | 51.1 | 21.6 | 110.5 | 66.8 | 82.8 | 63.0 | 79.6 | 2.1 | 1.3 | 0.9 | 24.7 | |
| 2008/09 | 24.7 | 31.1 | 57.5 | 111.4 | 56.9 | 25.9 | 23.8 | 18.9 | 15.1 | 1.9 | 0.0 | 27.9 | |

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

Tabela A.9 P_m e P_{dma} no posto EM_5 (1933/34 a 1970/71)

Posto EM_5 - Média ponderada dos postos

| | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| Posto | EM1 | EM2 | EM3 | EM4 |
| Peso | 0.057 | 0.179 | 0.601 | 0.164 |

| Ano Hid. | Precipitação Mensal - Pm (mm) | | | | | | | | | | | | Precipitação máxima diária anual |
|----------|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|----------------------------------|
| | OUT | NOV | DEZ | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | ? Pdma (mm) ? |
| 1933/34 | 146.00 | 104.51 | 74.80 | 51.34 | 1.15 | 113.61 | 142.92 | 21.26 | 0.02 | 0.34 | 1.32 | 0.30 | 19.07 |
| 1934/35 | 4.33 | 78.88 | 222.76 | 1.00 | 53.78 | 59.87 | 23.41 | 69.50 | 34.83 | 0.00 | 7.93 | 1.13 | 45.69 |
| 1935/36 | 12.80 | 125.93 | 205.83 | 180.24 | 219.45 | 181.62 | 118.65 | 45.09 | 19.56 | 3.83 | 0.00 | 0.00 | 59.92 |
| 1936/37 | 18.37 | 76.93 | 49.69 | 286.93 | 54.83 | 202.98 | 47.28 | 14.61 | 5.86 | 0.00 | 0.00 | 15.97 | 56.04 |
| 1937/38 | 105.95 | 222.76 | 108.87 | 46.29 | 26.90 | 13.84 | 85.65 | 103.80 | 0.01 | 0.76 | 0.26 | 81.04 | 45.90 |
| 1938/39 | 5.16 | 27.52 | 164.64 | 225.35 | 46.68 | 56.59 | 84.54 | 22.88 | 66.98 | 1.64 | 11.94 | 58.22 | 51.52 |
| 1939/40 | 112.07 | 57.31 | 101.60 | 257.65 | 157.94 | 106.39 | 39.36 | 74.79 | 41.64 | 0.00 | 5.40 | 29.12 | 66.42 |
| 1940/41 | 97.60 | 68.17 | 18.30 | 298.50 | 157.42 | 98.46 | 155.49 | 37.60 | 11.44 | 28.75 | 0.29 | 2.53 | 57.55 |
| 1941/42 | 13.10 | 142.43 | 32.54 | 69.32 | 41.40 | 159.29 | 121.32 | 21.46 | 33.22 | 0.00 | 0.43 | 60.15 | 42.07 |
| 1942/43 | 169.23 | 84.97 | 148.33 | 177.87 | 88.12 | 169.70 | 70.58 | 1.32 | 0.00 | 30.55 | 0.12 | 60.80 | 45.51 |
| 1943/44 | 58.42 | 17.45 | 96.66 | 6.96 | 45.13 | 58.38 | 74.71 | 18.84 | 40.86 | 2.83 | 15.61 | 21.30 | 32.84 |
| 1944/45 | 104.88 | 72.13 | 48.65 | 49.69 | 4.11 | 30.64 | 21.24 | 20.15 | 5.54 | 4.55 | 0.53 | 0.00 | 64.75 |
| 1945/46 | 48.53 | 103.72 | 183.76 | 44.07 | 23.82 | 109.18 | 105.37 | 171.67 | 7.23 | 0.00 | 0.18 | 11.56 | 49.65 |
| 1946/47 | 95.20 | 74.97 | 29.11 | 118.46 | 338.93 | 238.15 | 32.47 | 19.44 | 2.11 | 0.00 | 3.42 | 25.15 | 63.49 |
| 1947/48 | 100.80 | 43.21 | 135.03 | 197.27 | 127.92 | 39.81 | 92.61 | 127.93 | 4.94 | 0.00 | 0.36 | 0.41 | 56.97 |
| 1948/49 | 100.08 | 6.60 | 139.83 | 38.50 | 10.60 | 55.04 | 57.74 | 41.56 | 13.27 | 0.00 | 0.00 | 108.74 | 70.09 |
| 1949/50 | 6.06 | 124.65 | 126.62 | 67.19 | 70.54 | 83.16 | 23.51 | 125.64 | 19.33 | 10.28 | 0.00 | 4.80 | 57.62 |
| 1950/51 | 25.42 | 56.32 | 91.76 | 142.46 | 161.70 | 147.15 | 48.17 | 24.82 | 14.84 | 0.24 | 0.09 | 3.86 | 59.56 |
| 1951/52 | 36.87 | 296.45 | 56.22 | 87.06 | 30.71 | 164.13 | 87.52 | 65.82 | 52.26 | 0.90 | 13.59 | 54.98 | 108.16 |
| 1952/53 | 57.92 | 80.61 | 97.84 | 69.73 | 17.78 | 85.09 | 52.86 | 10.48 | 4.68 | 0.39 | 0.00 | 57.00 | 41.72 |
| 1953/54 | 158.18 | 62.45 | 109.07 | 18.46 | 31.60 | 129.73 | 57.31 | 6.01 | 21.40 | 0.00 | 5.14 | 0.00 | 79.11 |
| 1954/55 | 24.40 | 141.60 | 74.09 | 207.49 | 134.43 | 128.95 | 5.49 | 45.61 | 11.28 | 0.00 | 15.33 | 1.71 | 58.23 |
| 1955/56 | 46.57 | 133.90 | 189.31 | 193.98 | 42.61 | 195.95 | 124.96 | 29.79 | 0.00 | 16.91 | 23.29 | 50.04 | 61.70 |
| 1956/57 | 76.83 | 22.74 | 26.68 | 17.21 | 94.03 | 84.58 | 77.69 | 86.99 | 17.33 | 13.95 | 1.51 | 12.39 | 37.09 |
| 1957/58 | 73.97 | 73.41 | 55.05 | 151.19 | 67.95 | 113.06 | 56.48 | 5.95 | 31.73 | 15.14 | 16.45 | 2.21 | 48.13 |
| 1958/59 | 18.74 | 24.00 | 353.30 | 128.46 | 50.44 | 147.11 | 69.66 | 70.90 | 0.00 | 0.69 | 0.00 | 32.71 | 60.17 |
| 1959/60 | 75.78 | 123.53 | 168.74 | 119.18 | 145.23 | 162.01 | 49.21 | 106.84 | 31.20 | 0.00 | 10.70 | 41.11 | 51.15 |
| 1960/61 | 217.51 | 163.18 | 82.07 | 44.37 | 7.30 | 32.20 | 44.93 | 99.20 | 22.38 | 0.00 | 0.00 | 43.98 | 43.50 |
| 1961/62 | 52.59 | 124.02 | 98.38 | 74.96 | 67.17 | 177.63 | 12.14 | 16.40 | 21.27 | 0.00 | 0.00 | 38.16 | 48.83 |
| 1962/63 | 169.19 | 74.52 | 75.67 | 231.61 | 215.48 | 103.50 | 125.61 | 36.42 | 43.40 | 0.00 | 0.41 | 12.70 | 79.38 |
| 1963/64 | 12.71 | 220.23 | 225.65 | 28.76 | 229.19 | 151.21 | 27.61 | 18.79 | 31.70 | 37.84 | 3.70 | 44.58 | 52.56 |
| 1964/65 | 10.42 | 46.52 | 46.58 | 118.88 | 99.67 | 122.41 | 0.59 | 4.81 | 17.05 | 0.03 | 0.00 | 88.10 | 46.49 |
| 1965/66 | 159.85 | 133.18 | 76.36 | 199.65 | 208.19 | 0.00 | 173.87 | 7.07 | 14.81 | 0.00 | 8.90 | 26.34 | 50.99 |
| 1966/67 | 147.28 | 53.21 | 24.21 | 76.48 | 99.64 | 60.33 | 44.33 | 59.43 | 29.65 | 0.00 | 1.19 | 7.11 | 48.14 |
| 1967/68 | 74.85 | 92.67 | 22.10 | 0.49 | 228.45 | 114.49 | 57.33 | 32.81 | 7.99 | 0.00 | 4.98 | 12.76 | 41.10 |
| 1968/69 | 50.56 | 204.82 | 111.49 | 125.81 | 178.37 | 216.98 | 32.49 | 77.84 | 55.35 | 0.39 | 0.00 | 40.73 | 71.19 |
| 1969/70 | 77.55 | 133.29 | 59.16 | 403.35 | 18.02 | 32.41 | 11.37 | 62.07 | 105.00 | 0.63 | 5.40 | 0.77 | 56.27 |
| 1970/71 | 7.41 | 46.95 | 37.35 | 181.66 | 6.74 | 47.11 | 141.60 | 116.66 | 48.93 | 8.56 | 1.71 | 1.59 | 36.34 |
| 1971/72 | 6.74 | 8.31 | 60.51 | 149.84 | 186.84 | 96.66 | 2.24 | 21.78 | 0.88 | 8.44 | 0.02 | 22.68 | 49.70 |
| 1972/73 | 150.11 | 46.47 | 112.53 | 120.28 | 12.25 | 21.23 | 12.23 | 89.17 | 18.06 | 9.88 | 0.00 | 7.37 | 47.22 |
| 1973/74 | 30.49 | 46.52 | 96.69 | 85.71 | 92.95 | 52.27 | 89.80 | 28.05 | 46.38 | 0.00 | 0.00 | 1.32 | 36.95 |
| 1974/75 | 9.83 | 60.05 | 20.63 | 76.04 | 112.27 | 127.86 | 38.86 | 55.18 | 26.56 | 0.00 | 0.00 | 32.21 | 37.80 |
| 1975/76 | 14.43 | 13.96 | 97.96 | 38.07 | 66.62 | 43.79 | 97.19 | 10.39 | 4.19 | 0.16 | 22.53 | 57.30 | 41.64 |
| 1976/77 | 103.61 | 112.06 | 172.34 | 166.39 | 223.09 | 20.99 | 14.71 | 4.59 | 52.32 | 52.65 | 2.46 | 14.22 | 43.56 |
| 1977/78 | 121.14 | 59.75 | 217.44 | 33.88 | 209.44 | 57.64 | 93.93 | 53.61 | 23.88 | 0.00 | 0.00 | 4.68 | 60.96 |
| 1978/79 | 33.84 | 76.69 | 251.70 | 114.89 | 180.58 | 85.91 | 93.50 | 4.69 | 3.19 | 17.33 | 0.00 | 29.98 | 39.64 |
| 1979/80 | 232.23 | 18.92 | 24.10 | 46.21 | 68.47 | 69.09 | 28.57 | 70.50 | 3.72 | 1.01 | 7.84 | 60.94 | 76.99 |
| 1980/81 | 52.96 | 74.97 | 9.72 | 4.34 | 32.60 | 78.07 | 83.56 | 30.39 | 4.56 | 1.44 | 15.54 | 40.33 | 36.73 |
| 1981/82 | 23.83 | 2.55 | 235.12 | 88.38 | 73.31 | 37.11 | 49.12 | 4.20 | 6.32 | 7.17 | 18.71 | 47.77 | 42.92 |
| 1982/83 | 14.79 | 78.05 | 47.57 | 0.14 | 32.02 | 7.11 | 78.84 | 37.32 | 12.14 | 0.31 | 4.48 | 7.14 | 31.12 |
| 1983/84 | 34.24 | 241.51 | 106.14 | 34.60 | 13.51 | 61.74 | 85.61 | 68.15 | 22.70 | 1.23 | 1.75 | 2.62 | 50.48 |
| 1984/85 | 73.12 | 133.77 | 68.62 | 222.65 | 153.65 | 44.38 | 117.69 | 19.42 | 4.87 | 12.88 | 0.00 | 5.07 | 51.56 |
| 1985/86 | 0.23 | 91.88 | 75.28 | 77.57 | 198.20 | 35.10 | 73.20 | 30.40 | 3.53 | 0.00 | 0.58 | 68.55 | 45.11 |
| 1986/87 | 68.17 | 48.69 | 44.84 | 144.07 | 123.60 | 20.44 | 90.20 | 1.77 | 1.75 | 3.54 | 29.79 | 54.09 | 34.86 |
| 1987/88 | 122.85 | 62.04 | 210.48 | 152.02 | 40.09 | 4.04 | 49.26 | 89.56 | 104.55 | 45.33 | 0.00 | 2.67 | 52.93 |
| 1988/89 | 91.66 | 91.67 | 13.27 | 41.24 | 52.73 | 21.88 | 101.08 | 86.35 | 9.02 | 0.00 | 3.52 | 53.14 | 40.08 |
| 1989/90 | 127.52 | 189.89 | 304.65 | 54.18 | 9.20 | 34.75 | 118.24 | 27.07 | 3.63 | 0.00 | 2.28 | 20.83 | 45.08 |

Tabela A.10 P_m e P_{dma} no posto EM_5 (1971/72 a 2008/09)

Posto EM_5 - Média ponderada dos postos

| Posto | EM1 | EM2 | EM3 | EM4 |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peso | 0.057 | 0.179 | 0.601 | 0.164 |

| Ano Hid. | Precipitação Mensal - P_m (mm) | | | | | | | | | | | Precipitação máxima diária anual | |
|----------|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|----------------------------------|--------------------|
| | OUT | NOV | DEZ | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | ? P_{dma} (mm) ? |
| 1990/91 | 200.14 | 117.57 | 39.53 | 26.71 | 111.86 | 137.21 | 37.07 | 0.00 | 20.72 | 0.00 | 0.29 | 17.27 | 60.68 |
| 1991/92 | 55.31 | 20.97 | 45.38 | 30.15 | 16.57 | 17.77 | 72.51 | 53.70 | 54.23 | 0.00 | 11.62 | 20.05 | 31.45 |
| 1992/93 | 71.94 | 8.46 | 120.80 | 23.86 | 44.89 | 33.64 | 62.39 | 119.26 | 16.64 | 0.00 | 5.83 | 53.17 | 40.83 |
| 1993/94 | 182.72 | 111.13 | 9.27 | 97.42 | 127.75 | 8.99 | 32.98 | 93.11 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | 4.76 | 44.10 |
| 1994/95 | 66.72 | 77.25 | 50.54 | 54.05 | 58.22 | 34.63 | 21.18 | 21.17 | 17.83 | 1.50 | 0.00 | 13.22 | 32.02 |
| 1995/96 | 18.01 | 219.60 | 287.14 | 326.05 | 73.60 | 66.42 | 36.91 | 109.05 | 0.00 | 0.30 | 0.45 | 58.97 | 66.89 |
| 1996/97 | 39.12 | 55.11 | 224.25 | 169.01 | 6.97 | 0.00 | 51.17 | 106.69 | 36.14 | 13.55 | 40.86 | 38.11 | 41.63 |
| 1997/98 | 94.50 | 252.50 | 194.67 | 58.79 | 83.28 | 30.64 | 61.53 | 111.77 | 8.51 | 0.34 | 0.00 | 46.26 | 51.07 |
| 1998/99 | 12.34 | 16.59 | 22.98 | 94.09 | 30.66 | 71.62 | 32.49 | 47.93 | 0.80 | 0.44 | 18.88 | 100.77 | 74.18 |
| 1999/00 | 178.77 | 25.23 | 74.35 | 6.72 | 13.55 | 15.30 | 197.44 | 97.72 | 0.47 | 4.31 | 0.76 | 12.55 | 65.63 |
| 2000/01 | 52.50 | 160.14 | 315.46 | 177.76 | 84.95 | 174.24 | 9.00 | 41.89 | 26.31 | 1.26 | 0.69 | 69.68 | |
| 2001/02 | 119.05 | 50.47 | 66.63 | 68.67 | 19.93 | 104.74 | 68.30 | 20.39 | 6.98 | 1.72 | 0.68 | 95.08 | |
| 2002/03 | 48.13 | 104.37 | 83.66 | 81.69 | 73.98 | 33.22 | 69.19 | 7.95 | 3.70 | 5.10 | 1.69 | 17.50 | |
| 2003/04 | 142.90 | 71.57 | 58.92 | 48.06 | 53.76 | 47.87 | 35.53 | 38.84 | 0.43 | 0.51 | 12.46 | 10.64 | |
| 2004/05 | 143.56 | 20.99 | 30.87 | 19.01 | 21.11 | 30.36 | 17.31 | 33.14 | 2.25 | 3.30 | 2.09 | 3.98 | |
| 2005/06 | 125.94 | 72.82 | 70.82 | 42.21 | 51.74 | 102.85 | 60.63 | 8.70 | 28.01 | 10.23 | 6.95 | 49.85 | |
| 2006/07 | 202.11 | 170.05 | 44.68 | 21.60 | 100.77 | 51.62 | 63.26 | 51.22 | 27.72 | 2.32 | 8.03 | 27.07 | |
| 2007/08 | 49.67 | 45.59 | 18.22 | 68.50 | 67.47 | 39.86 | 100.16 | 82.19 | 5.79 | 1.80 | 1.88 | 25.44 | |
| 2008/09 | 42.74 | 41.32 | 67.72 | 116.78 | 68.99 | 23.80 | 11.66 | 10.72 | 25.76 | 1.70 | 0.20 | 10.16 | |

Anexo II.

COMPARAÇÃO DAS AMOSTRAS DE PRECIPITAÇÃO E SEUS PARÂMETROS PARA OS
DIVERSOS POSTOS DE MEDIÇÃO

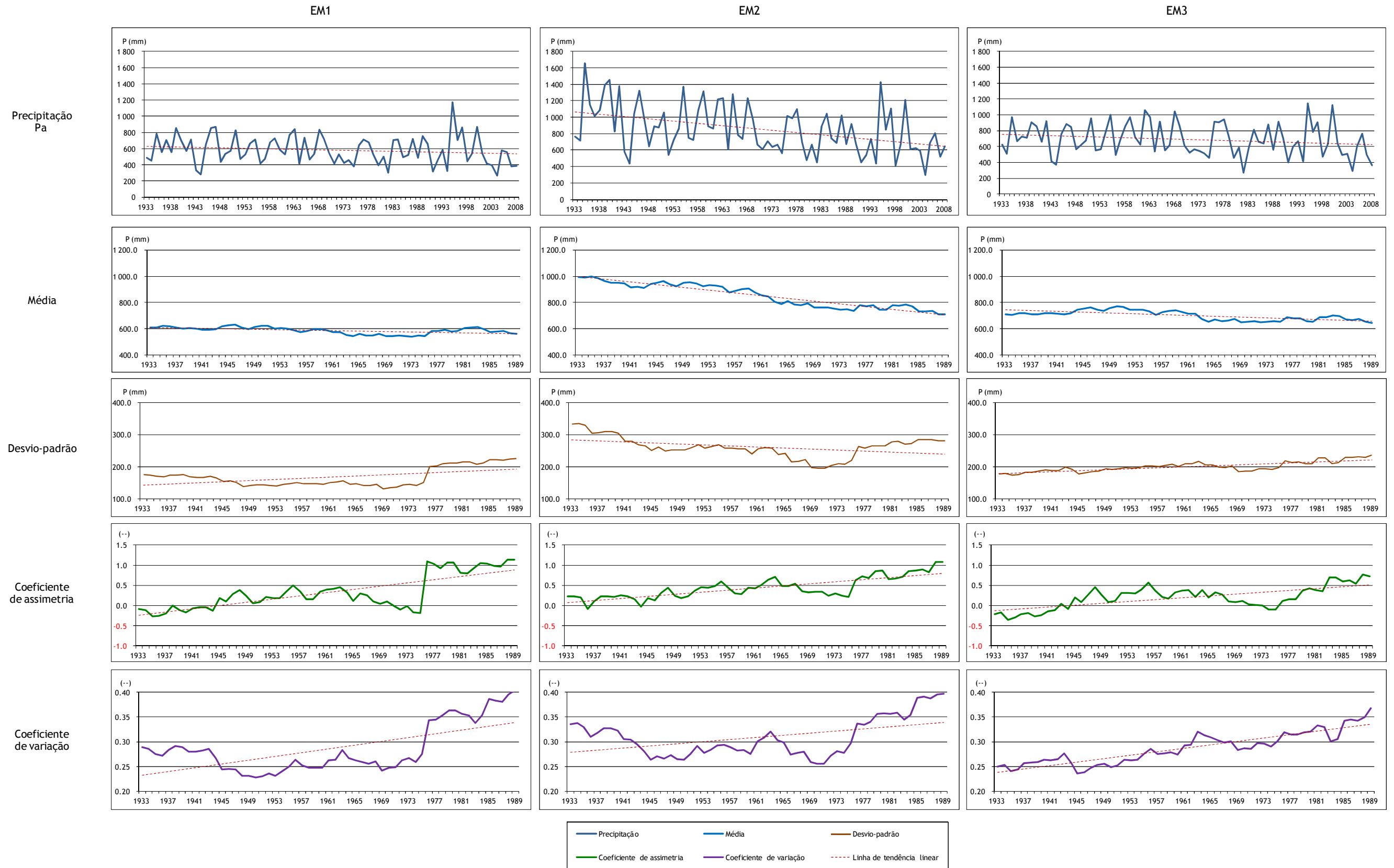


Gráfico A.1 Representação gráfica da série P_a nos postos EM_1 , EM_2 e EM_3 e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação P_a b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação.

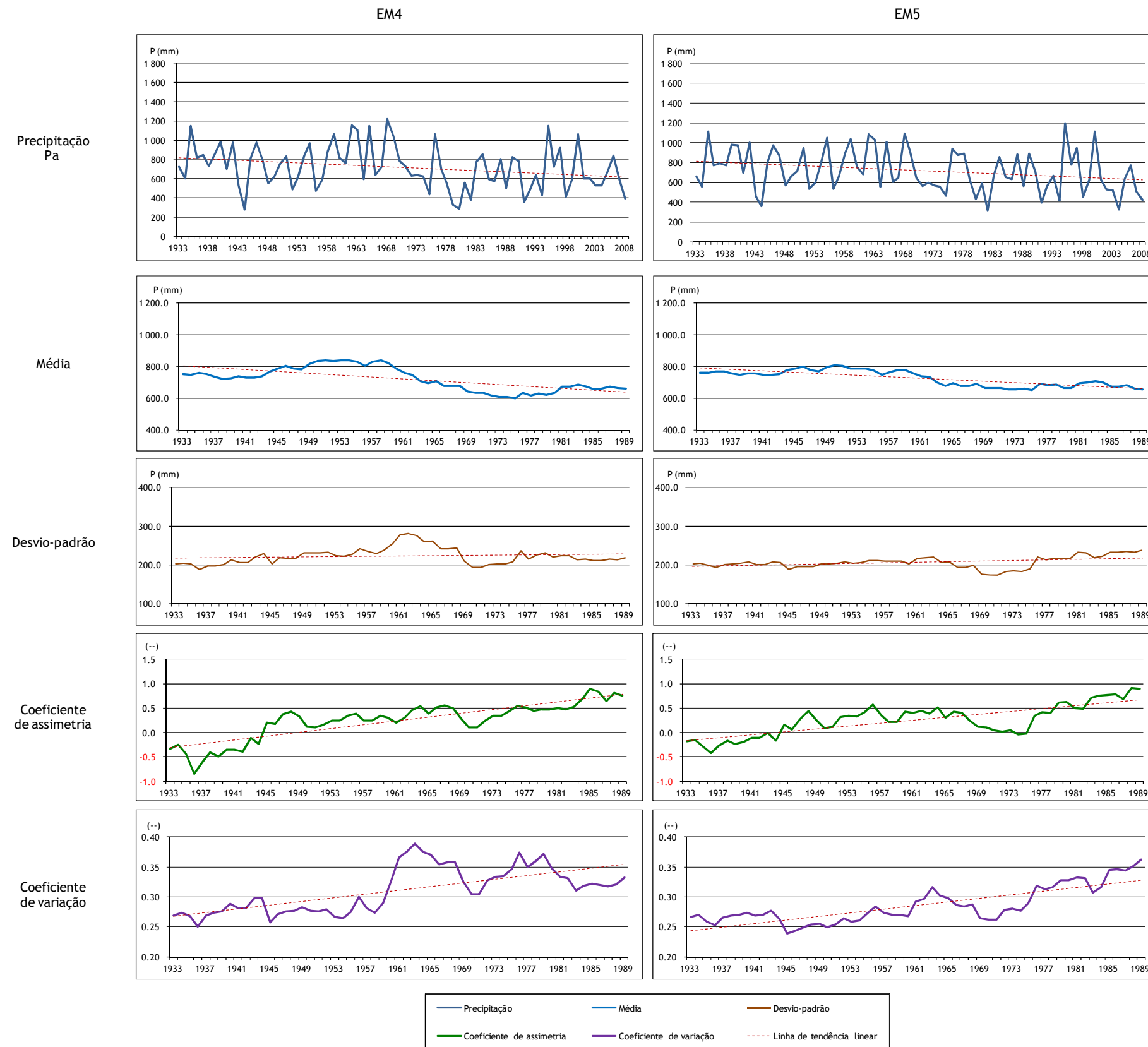
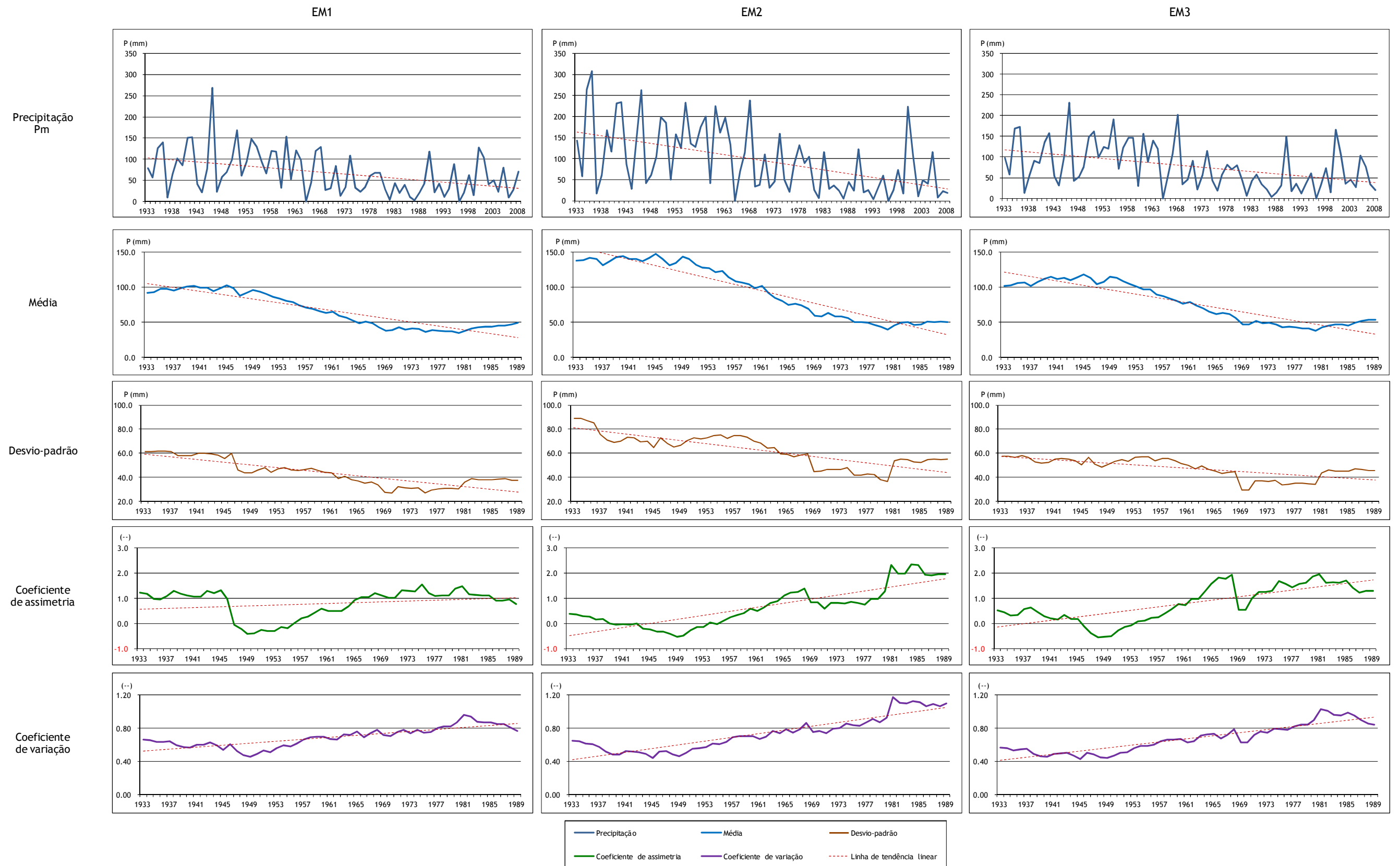


Gráfico A.2 Representação gráfica da série P_a nos postos EM_4 e EM_5 e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação.



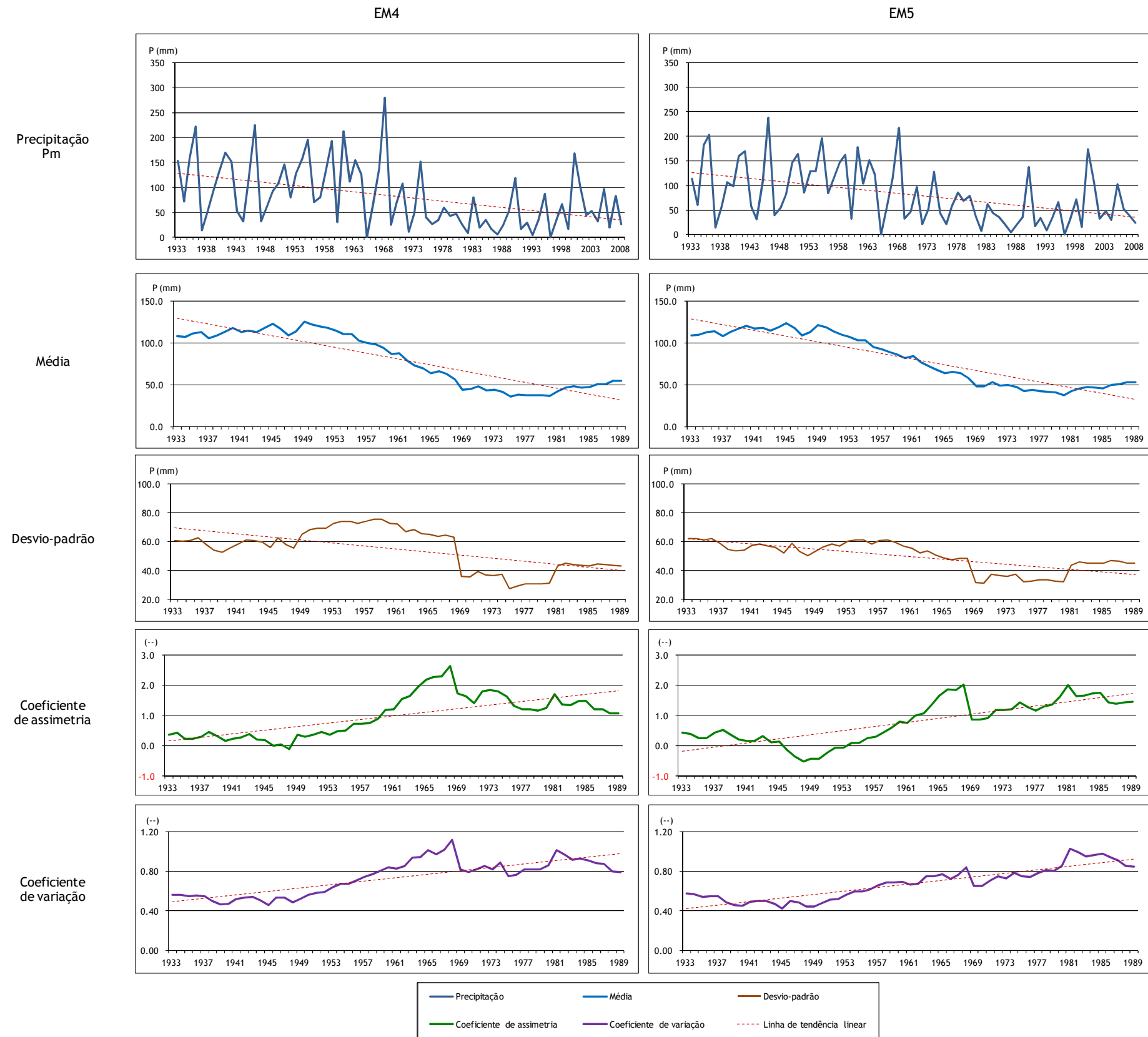


Gráfico A.4 Representação gráfica da série P_m nos postos EM_4 e EM_5 e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação.

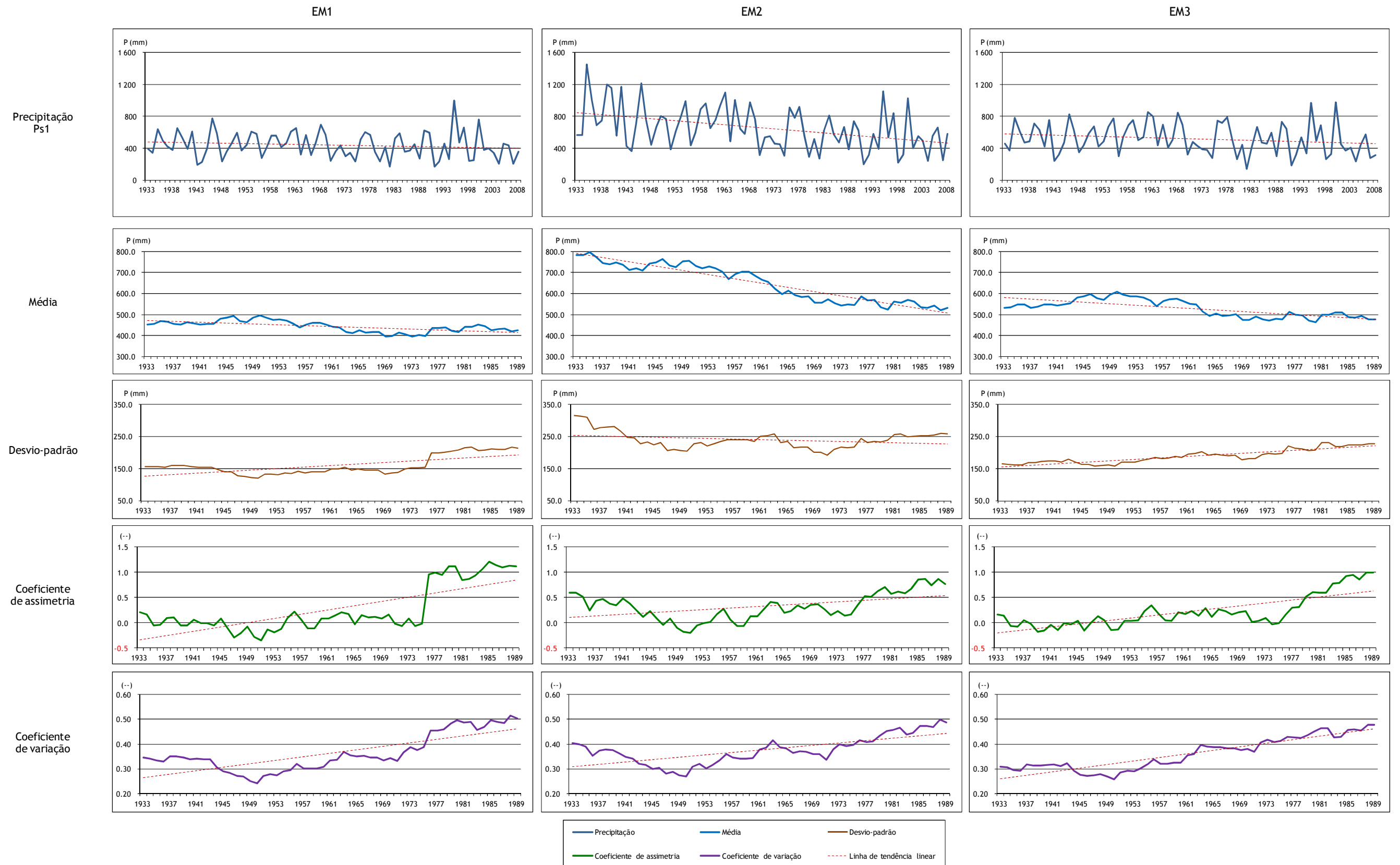


Gráfico A.5 Representação gráfica da série P_{s1} nos postos EM_1 , EM_2 e EM_3 e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação.

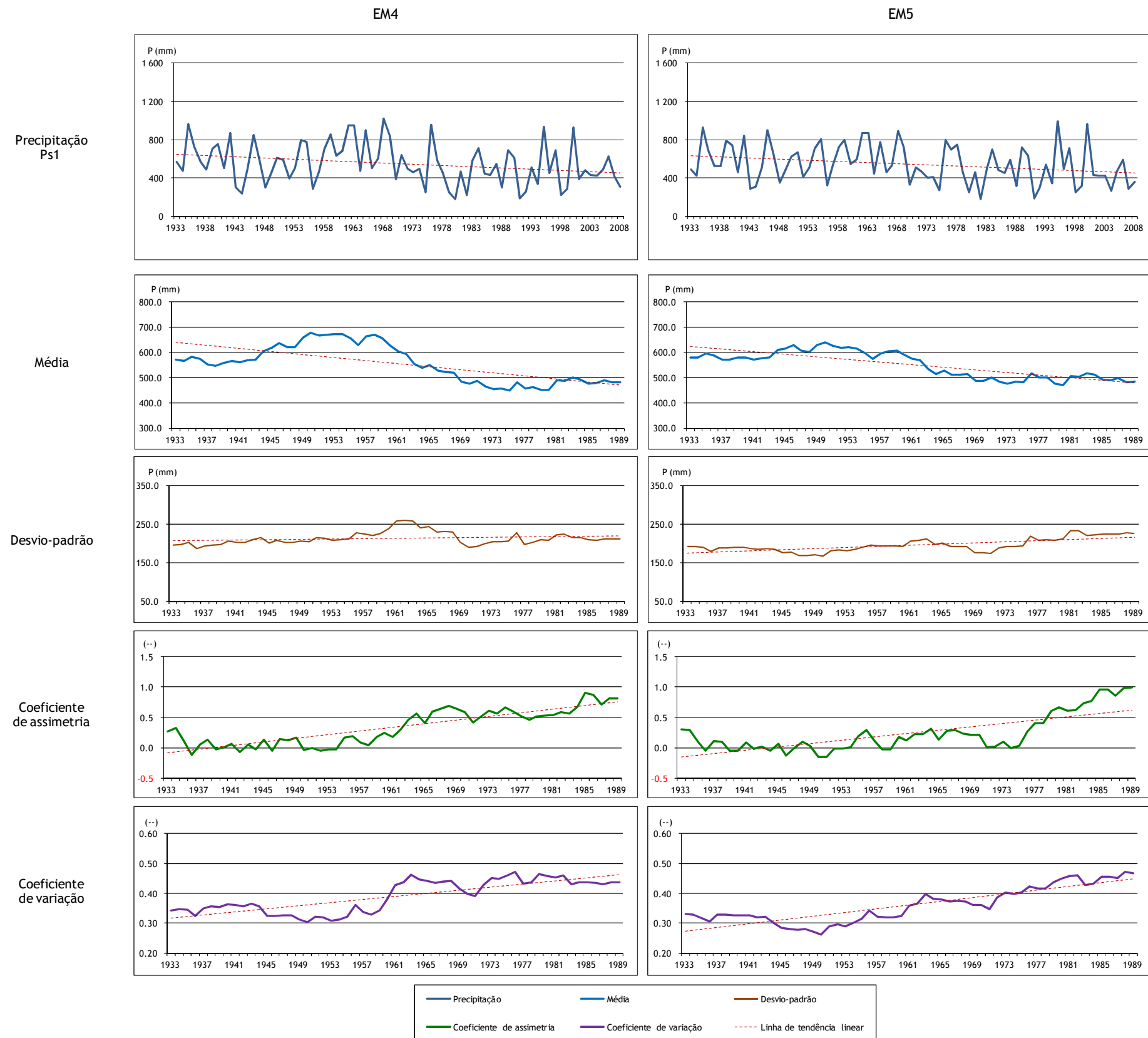


Gráfico A.6 Representação gráfica da série P_{s1} nos postos EM_4 e EM_5 e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação.

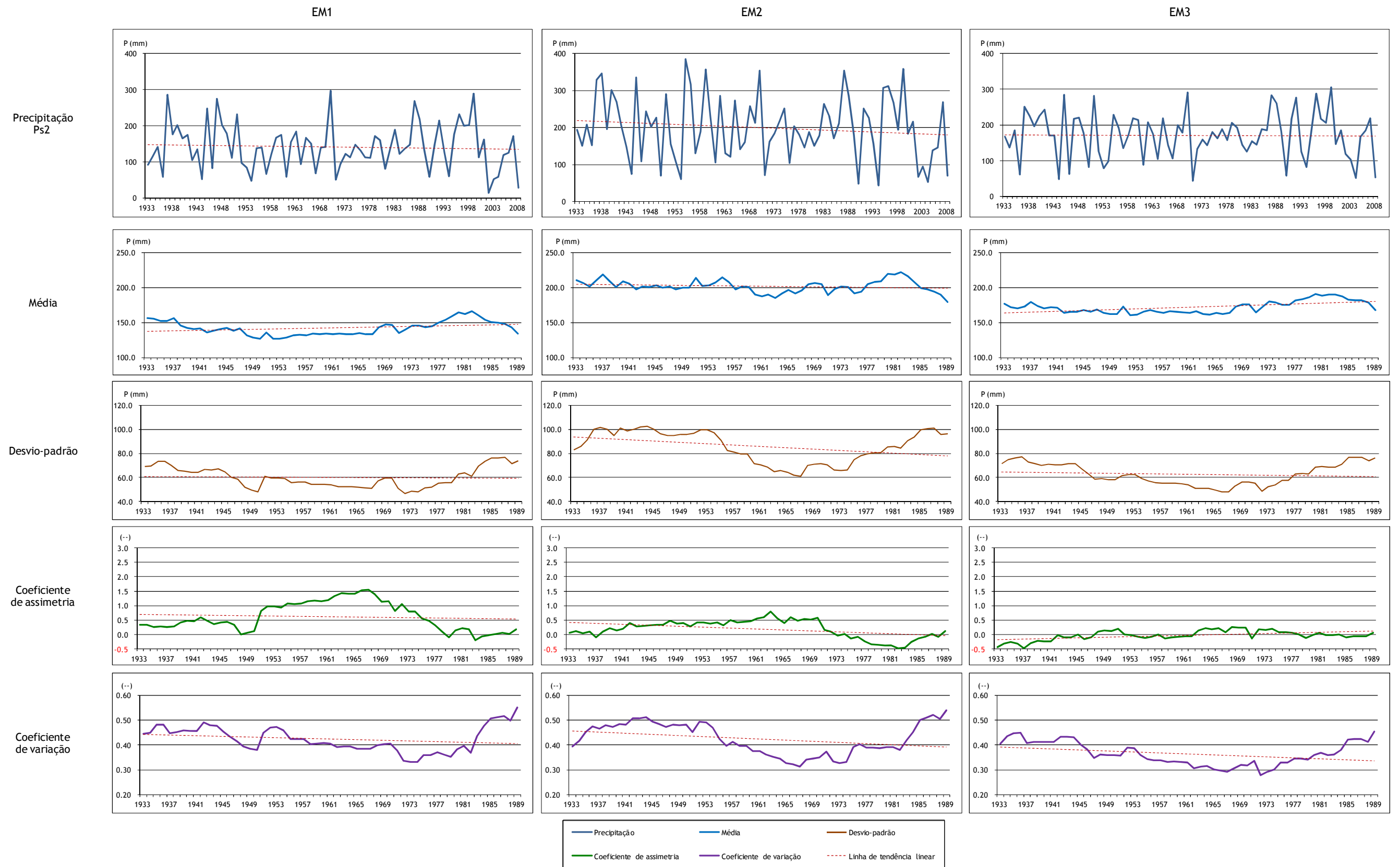


Gráfico A.7 Representação gráfica da série P_{s2} nos postos EM_1 , EM_2 e EM_3 e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação.



Gráfico A.8 Representação gráfica da série P_{s2} nos postos EM_4 e EM_5 e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação



Gráfico A.9 Representação gráfica da série P_{t1} nos postos EM_1 , EM_2 e EM_3 e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação.

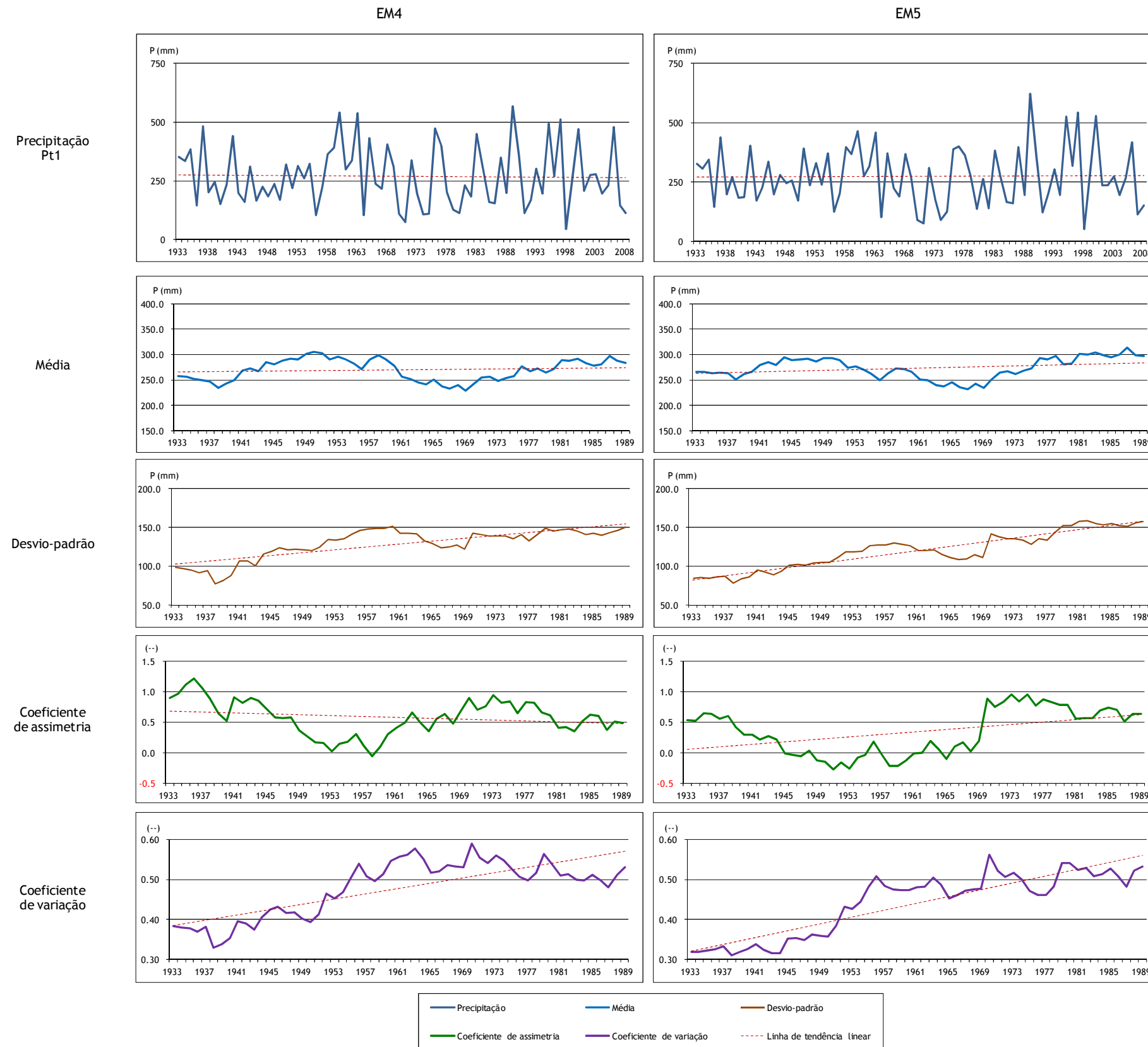
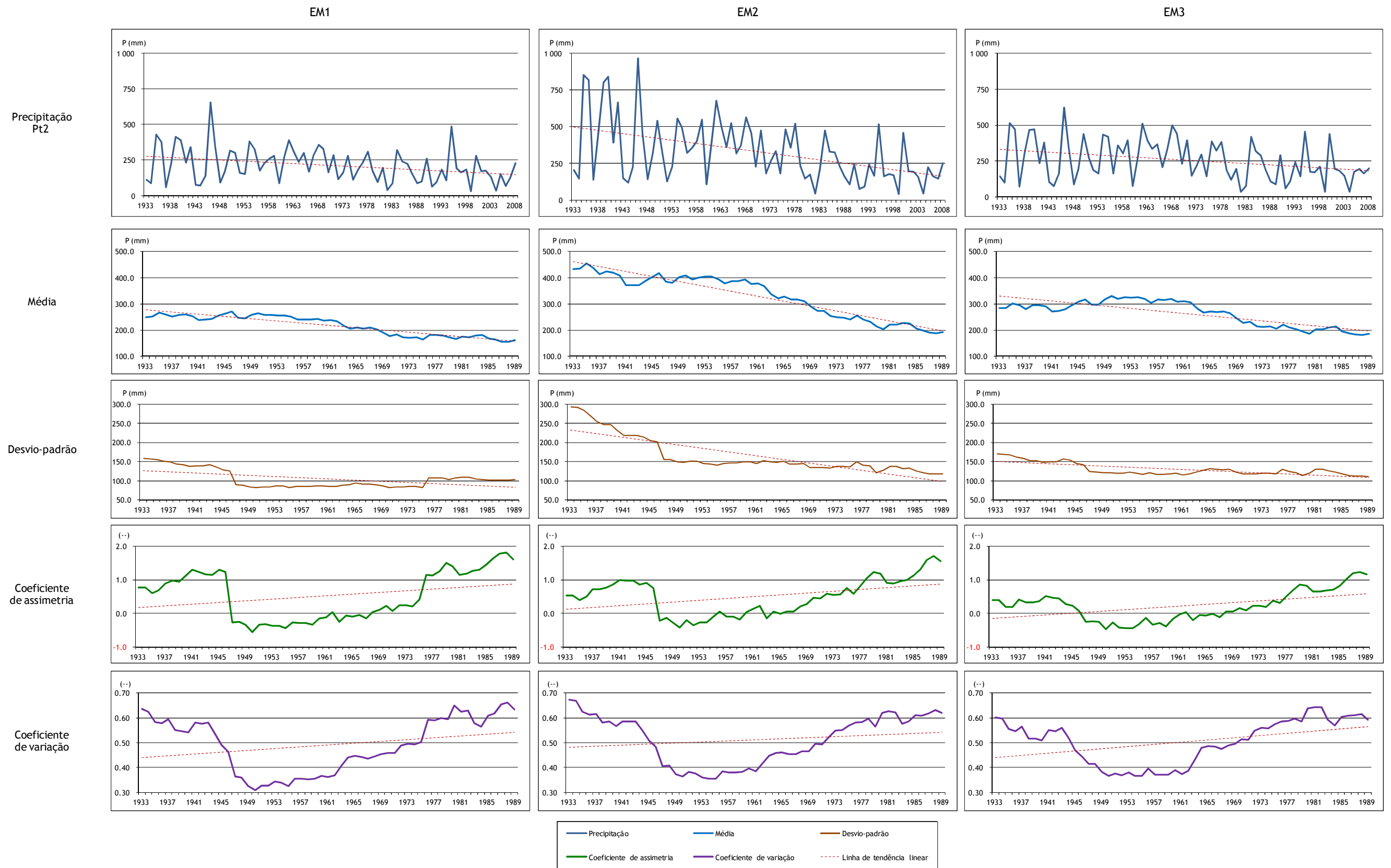


Gráfico A.10 Representação gráfica da série P_{t1} nos postos EM_4 e EM_5 e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação.



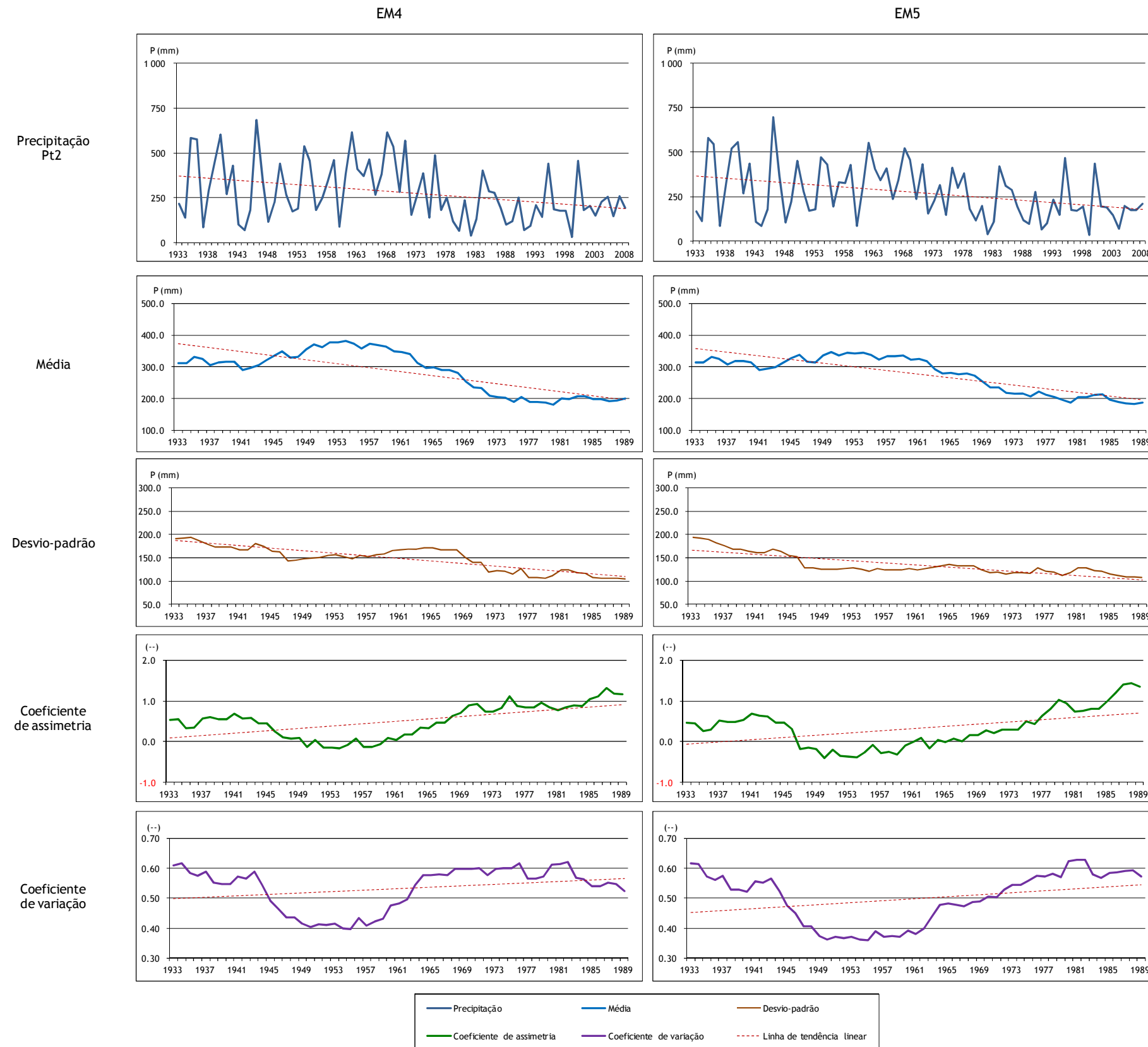


Gráfico A.12 Representação gráfica da série P_{t2} nos postos EM_4 e EM_5 e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação.

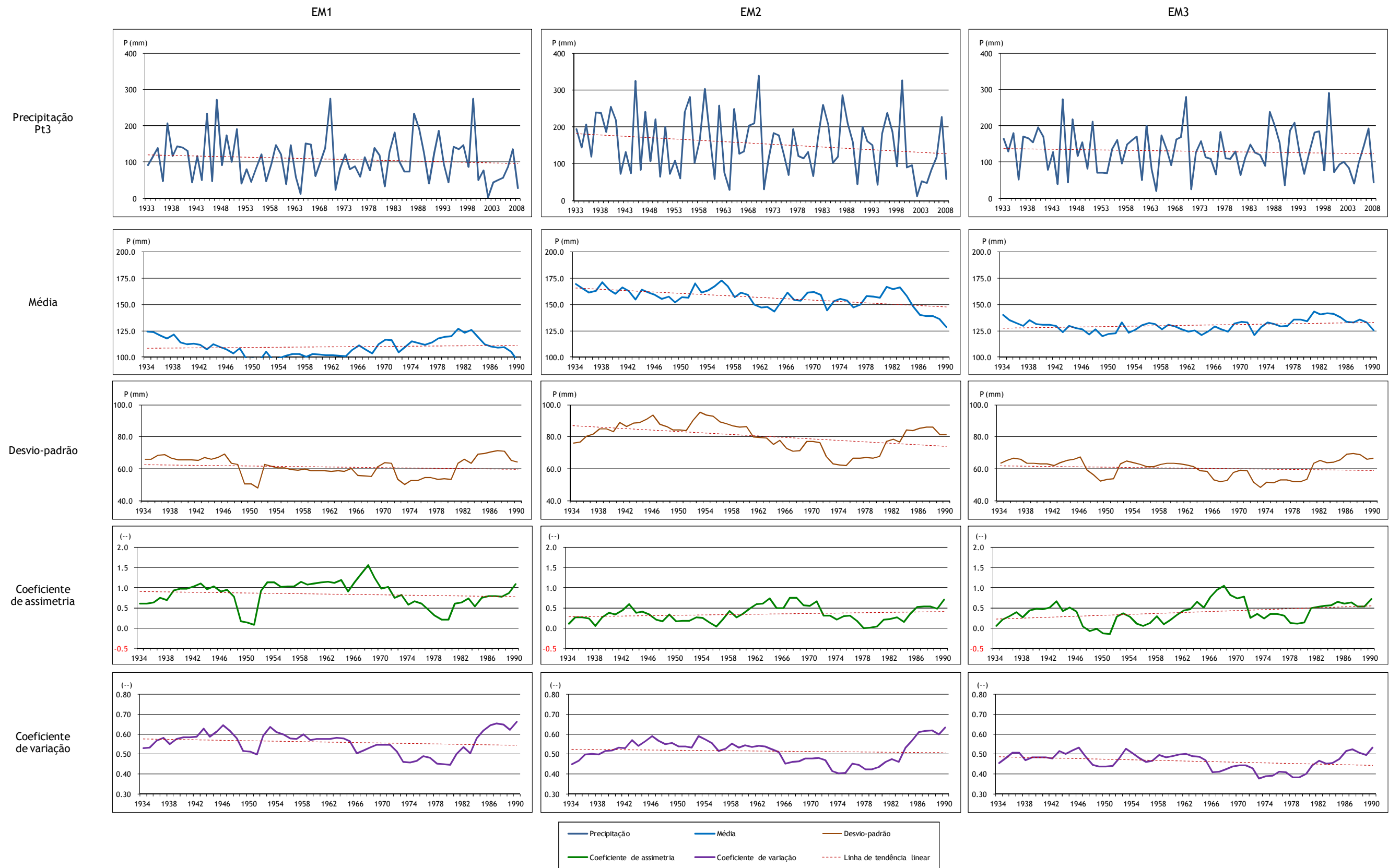


Gráfico A.13 Representação gráfica da série P_{t3} nos postos EM_1 , EM_2 e EM_3 e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação.



Gráfico A.14 Representação gráfica da série P_{t3} nos postos EM_4 e EM_5 e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação.

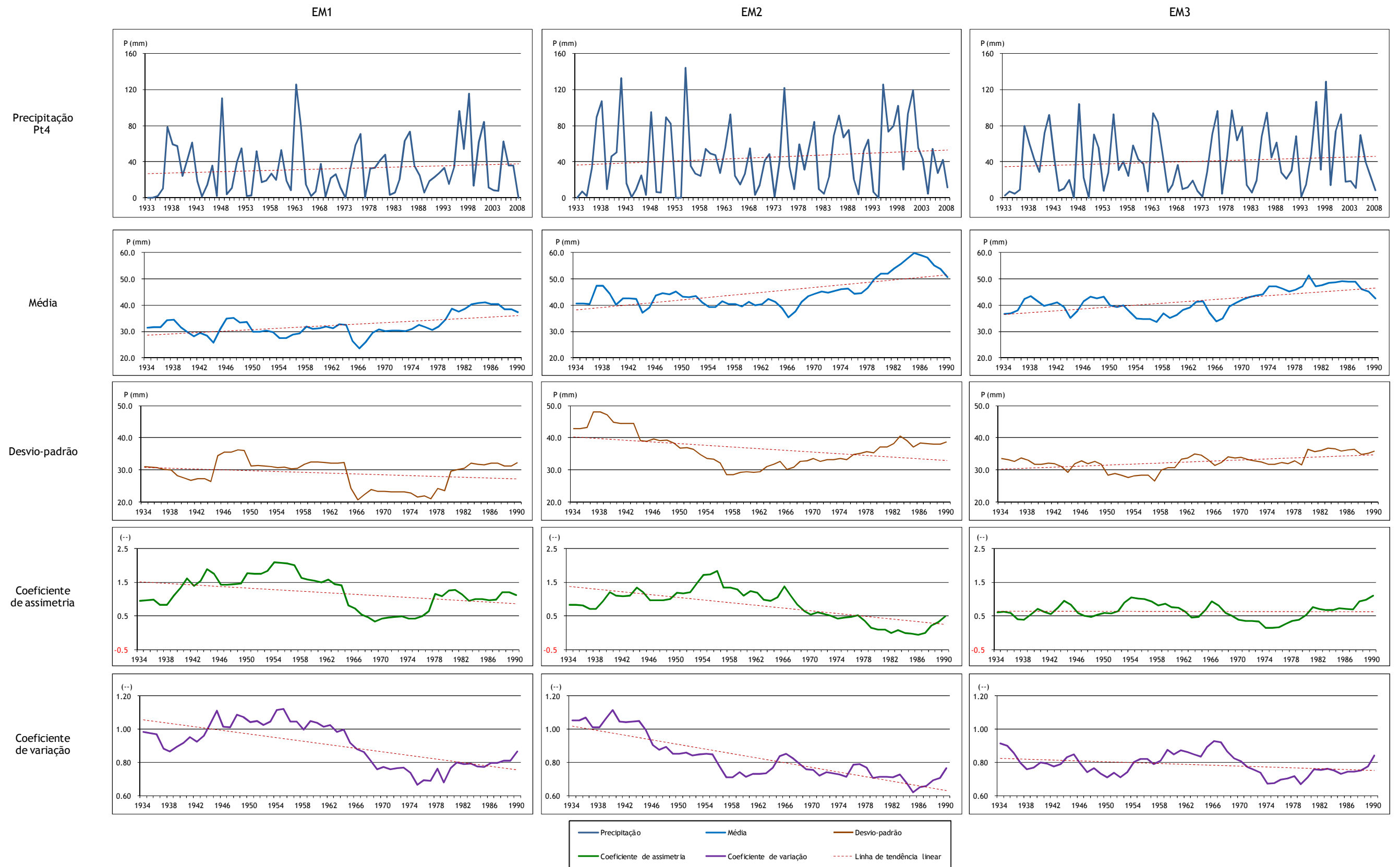


Gráfico A.15 Representação gráfica da série P_{t4} nos postos EM_1 , EM_2 e EM_3 e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação.

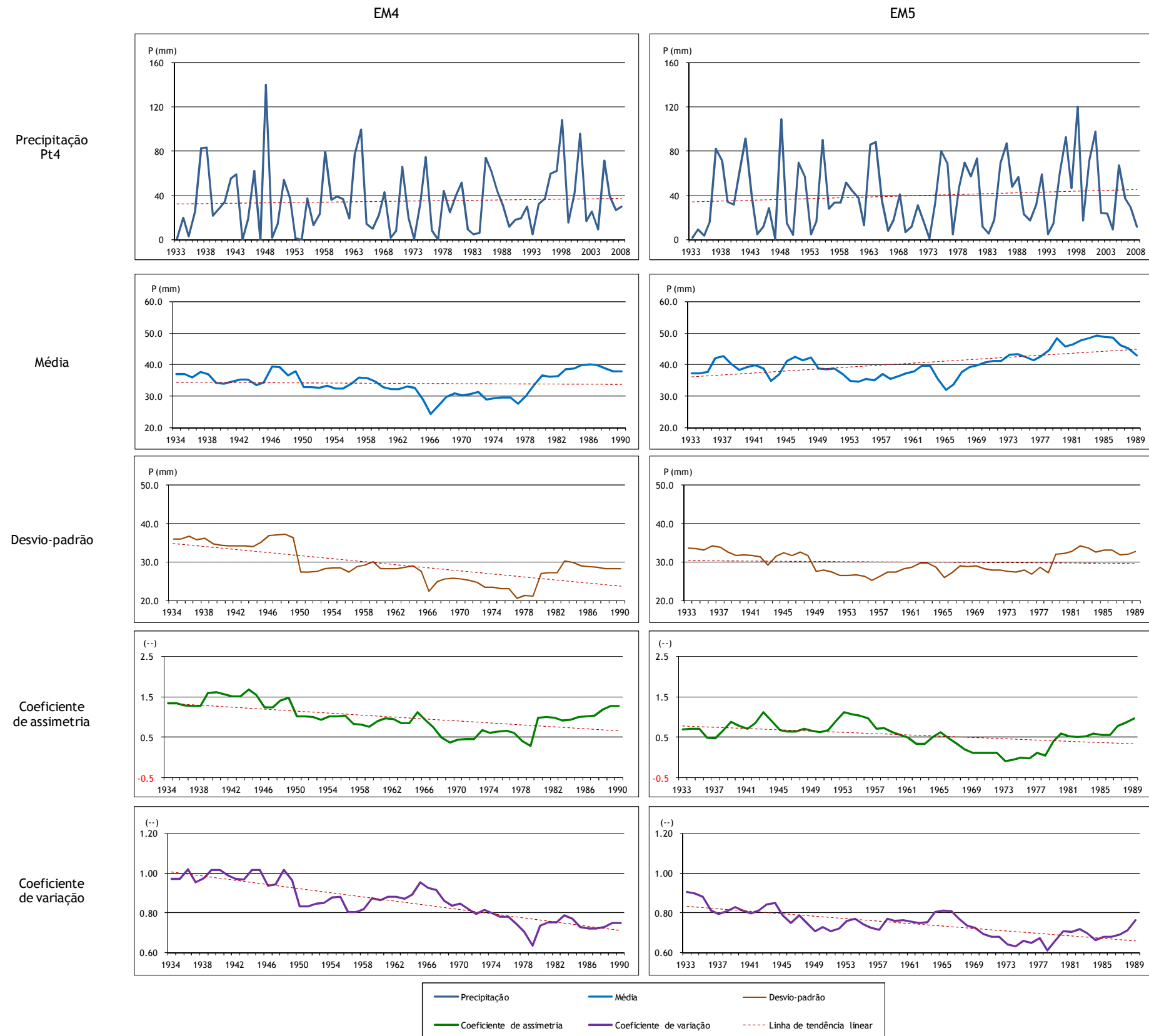


Gráfico A.16 Representação gráfica da série P_{t4} nos postos EM_4 e EM_5 e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação.

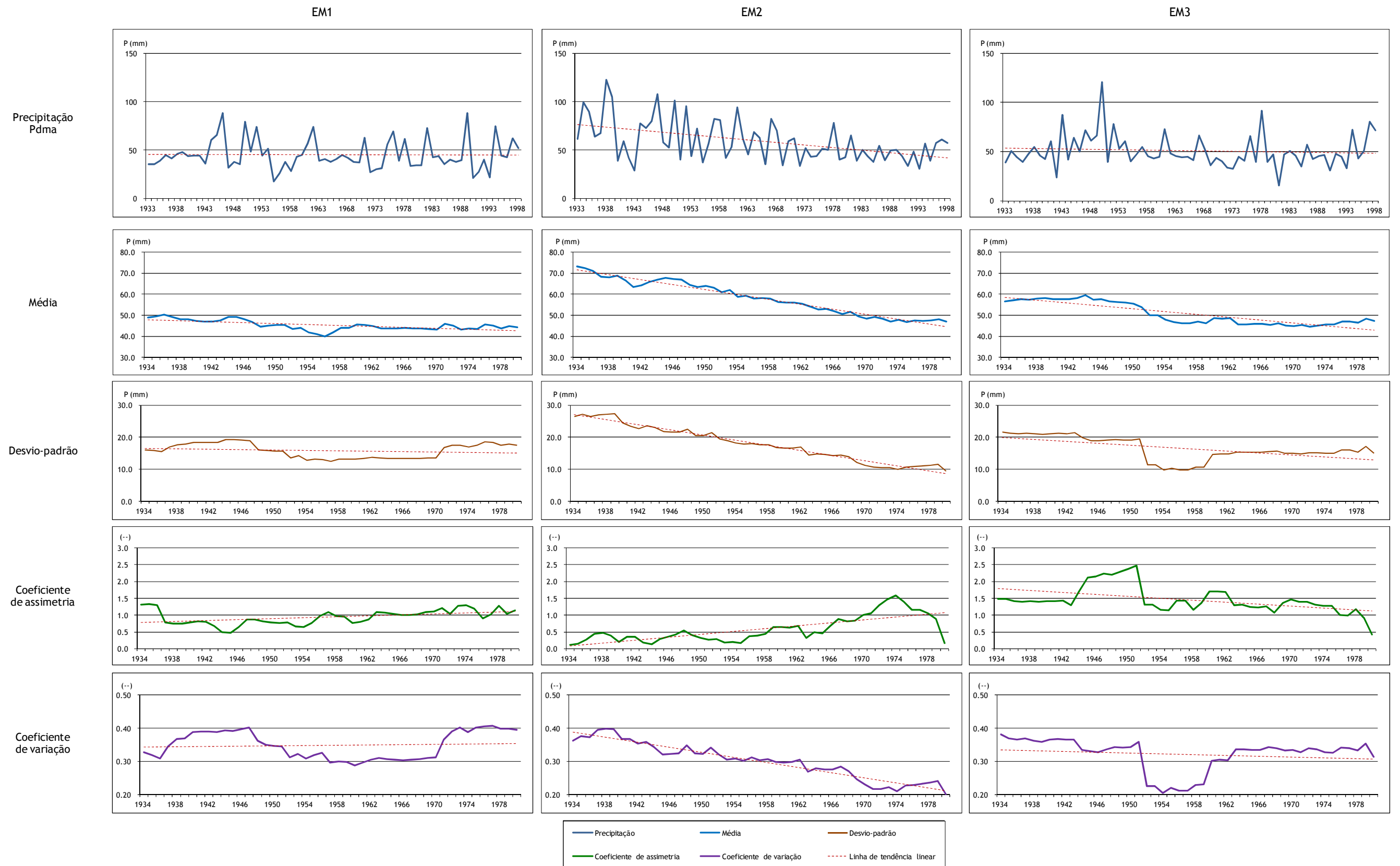


Gráfico A.17 Representação gráfica da série P_{dma} nos postos EM_1 , EM_2 e EM_3 e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação.

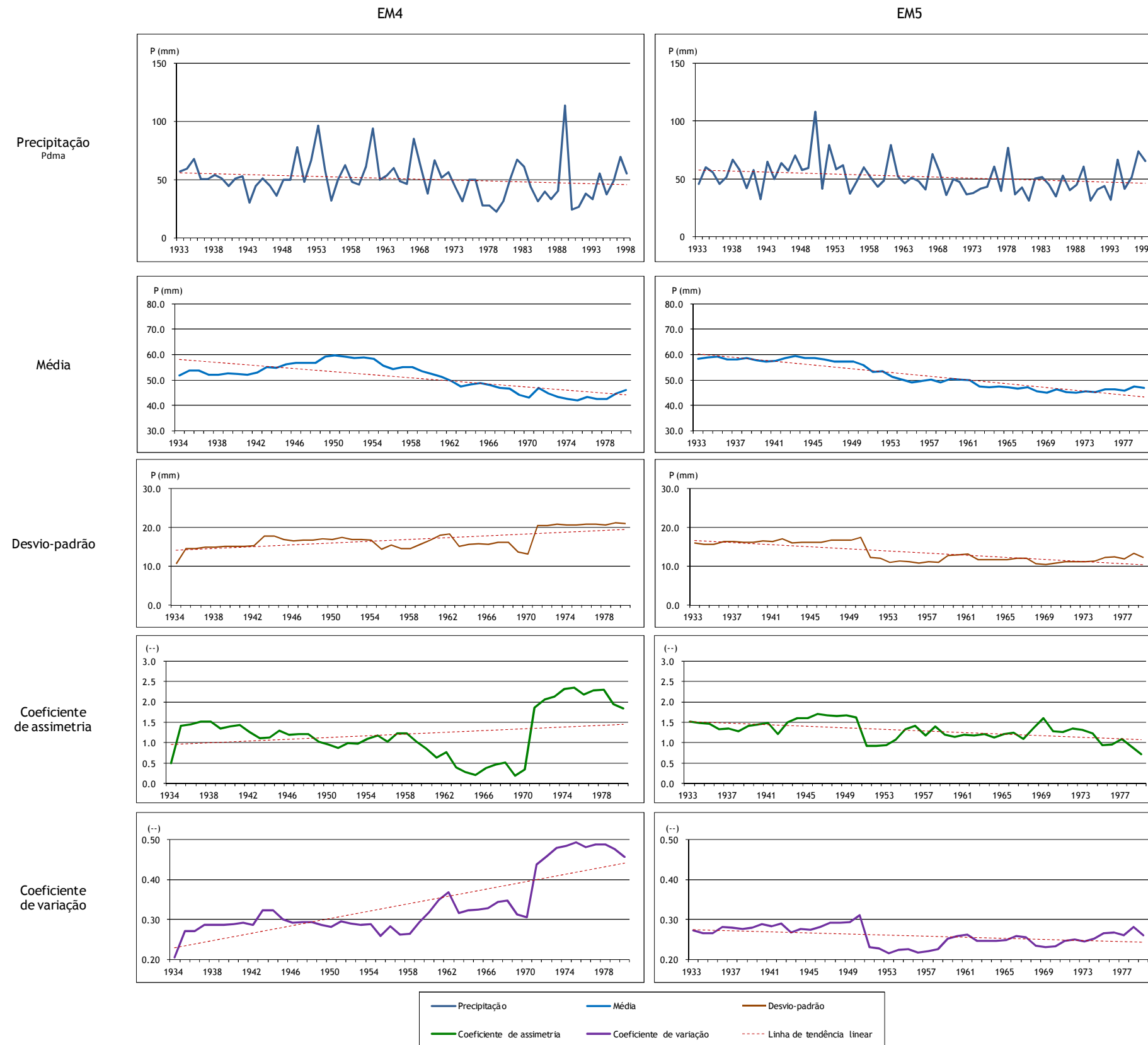


Gráfico A.18 Representação gráfica da série P_{dma} nos postos EM_4 e EM_5 e seus parâmetros móveis para período de 20 anos: a) precipitação, b) média, c) desvio-padrão, d) assimetria, e) coeficiente de variação.

Anexo III.

RESULTADOS DOS TESTES ESTATÍSTICOS

Tabela A.11 Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série P_a nos postos EM_1 , EM_2 , EM_3 , EM_1 , EM_4 e EM_5 .

Data file : EM1_Pa.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|--------------------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 1.27 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #02 | Turning Point | -0.642 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | -0.664 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | 0.761 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 9 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS | |
| #08 | Cumulative deviation | 0.875 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS | |
| #09 | Worsley likelihood | 2.574 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS | |
| #11 | Rank Sum | 2.104 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | mediana.in < mediana.fin |
| #14 | Student's t | 1.684 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.1) | média in > média fin |
| #16 | Mann-Kendall | -1.727 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | tend decrescente |
| #17 | Spearman's Rho | -1.677 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | tend decrescente |
| #18 | Linear regression | -1.327 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS | |

Data file : EM2_Pa.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|---------------------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 2.194 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | não aleatório |
| #02 | Turning Point | 0.459 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | -1.699 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | não aleatório |
| #05 | Auto Correlation | 1.742 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | não aleatório |
| #07 | Cusum | 15 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.01) | 1969 média in > média fin |
| #08 | Cumulative deviation | 1.893 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | S (0.01) | 1969 média in > média fin |
| #09 | Worsley likelihood | 4.149 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | S (0.01) | 1969 média in > média fin |
| #11 | Rank Sum | 3.662 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | mediana.in < mediana.fin |
| #14 | Student's t | 3.613 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.01) | média in > média fin |
| #16 | Mann-Kendall | -3.763 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | tend decrescente |
| #17 | Spearman's Rho | -3.592 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | tend decrescente |
| #18 | Linear regression | -3.968 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.01) | tend decrescente |

Data file : EM3_Pa.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|---------------------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 1.27 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #02 | Turning Point | -0.367 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | -0.89 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | 0.978 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 11 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.1) | 1969 média in > média fin |
| #08 | Cumulative deviation | 1.078 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS | |
| #09 | Worsley likelihood | 2.669 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS | |
| #11 | Rank Sum | 2.249 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | mediana.in < mediana.fin |
| #14 | Student's t | 2.054 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.05) | média in > média fin |
| #16 | Mann-Kendall | -1.861 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | tend decrescente |
| #17 | Spearman's Rho | -1.875 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | tend decrescente |
| #18 | Linear regression | -1.623 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS | |

Data file : EM4_Pa.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|---------------------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 1.501 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #02 | Turning Point | -0.918 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | -1.262 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | 1.475 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 15 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.01) | 1971 média in > média fin |
| #08 | Cumulative deviation | 1.6 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | S (0.01) | 1971 média in > média fin |
| #09 | Worsley likelihood | 3.396 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | S (0.05) | 1971 média in > média fin |
| #11 | Rank Sum | 3.236 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | mediana.in < mediana.fin |
| #14 | Student's t | 3.162 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.01) | média in > média fin |
| #16 | Mann-Kendall | -2.444 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | tend decrescente |
| #17 | Spearman's Rho | -2.518 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | tend decrescente |
| #18 | Linear regression | -2.288 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.05) | tend decrescente |

Data file : EM5_Pa.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|---------------------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 1.732 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | não aleatório |
| #02 | Turning Point | -0.918 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | -1.174 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | 0.966 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 11 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.1) | 1969 média in > média fin |
| #08 | Cumulative deviation | 1.399 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | S (0.05) | 1969 média in > média fin |
| #09 | Worsley likelihood | 2.915 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | S (0.1) | 1969 média in > média fin |
| #11 | Rank Sum | 2.893 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | mediana.in < mediana.fin |
| #14 | Student's t | 2.706 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.01) | média in > média fin |
| #16 | Mann-Kendall | -2.574 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | tend decrescente |
| #17 | Spearman's Rho | -2.526 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | tend decrescente |
| #18 | Linear regression | -2.333 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.05) | tend decrescente |

Tabela A.12 Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série P_m nos postos EM_1 , EM_2 , EM_3 , EM_4 e EM_5 .

Data file : EM1_Pm.cdt

| Test statistic | Test | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|----------------|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 1.27 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #02 | Turning Point | -1.193 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | -1.247 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #05 | Auto Correlation | 1.449 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #07 | Cusum | 16 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.01) |
| #08 | Cumulative deviation | 2.18 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | S (0.01) |
| #09 | Worsley likelihood | 4.976 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | S (0.01) |
| #11 | Rank Sum | 3.984 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #14 | Student's t | 4.015 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.01) |
| #16 | Mann-Kendall | -3.574 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #17 | Spearman's Rho | -3.549 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #18 | Linear regression | -3.938 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.01) |

Data file : EM2_Pm.cdt

| Test statistic | Test | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|----------------|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 1.501 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #02 | Turning Point | 0.734 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | -2.137 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) |
| #05 | Auto Correlation | 2.423 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) |
| #07 | Cusum | 16 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.01) |
| #08 | Cumulative deviation | 2.425 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | S (0.01) |
| #09 | Worsley likelihood | 5.772 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | S (0.01) |
| #11 | Rank Sum | -4.618 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #14 | Student's t | 4.478 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.01) |
| #16 | Mann-Kendall | -4.821 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #17 | Spearman's Rho | -4.645 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #18 | Linear regression | -5.123 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.01) |

Data file : EM3_Pm.cdt

| Test statistic | Test | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|----------------|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 1.963 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) |
| #02 | Turning Point | -0.918 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | -2.005 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) |
| #05 | Auto Correlation | 2.039 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) |
| #07 | Cusum | 16 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.01) |
| #08 | Cumulative deviation | 2.264 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | S (0.01) |
| #09 | Worsley likelihood | 5.24 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | S (0.01) |
| #11 | Rank Sum | 4.098 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #14 | Student's t | 4.168 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.01) |
| #16 | Mann-Kendall | -3.826 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #17 | Spearman's Rho | -3.715 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #18 | Linear regression | -4.041 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.01) |

Data file : EM4_Pm.cdt

| Test statistic | Test | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|----------------|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 2.425 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) |
| #02 | Turning Point | -0.918 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | -1.597 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #05 | Auto Correlation | 1.786 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) |
| #07 | Cusum | 21 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.01) |
| #08 | Cumulative deviation | 2.363 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | S (0.01) |
| #09 | Worsley likelihood | 5.561 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | S (0.01) |
| #11 | Rank Sum | 4.42 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #14 | Student's t | 4.463 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.01) |
| #16 | Mann-Kendall | -3.812 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #17 | Spearman's Rho | -3.859 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #18 | Linear regression | -4.162 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.01) |

Data file : EM5_Pm.cdt

| Test statistic | Test | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|----------------|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 1.501 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #02 | Turning Point | -0.918 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | -1.94 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) |
| #05 | Auto Correlation | 2.119 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) |
| #07 | Cusum | 16 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.01) |
| #08 | Cumulative deviation | 2.372 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | S (0.01) |
| #09 | Worsley likelihood | 5.589 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | S (0.01) |
| #11 | Rank Sum | 4.337 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #14 | Student's t | 4.371 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.01) |
| #16 | Mann-Kendall | -4.077 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #17 | Spearman's Rho | -4.005 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #18 | Linear regression | -4.428 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.01) |

Tabela A.13 Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série P_{s1} nos postos EM_1 , EM_2 , EM_3 , EM_4 e EM_5 .

Data file : EM1_Ps1.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|---------|--------------------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 0.115 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #02 | Turning Point | -0.642 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | -0.051 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | 0.076 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 7 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS | |
| #08 | Cumulative deviation | 0.926 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS | |
| #09 | Worsley likelihood | 1.871 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS | |
| #11 | Rank Sum | 1.875 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | mediana.in < mediana.fin |
| #14 | Student's t | 1.567 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS | |
| #16 | Mann-Kendall | -1.435 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #17 | Spearman's Rho | -1.502 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #18 | Linear regression | -1.202 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS | |

Data file : EM2_Ps1.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|---------------------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 1.27 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #02 | Turning Point | -0.642 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | -0.744 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | 1.337 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 15 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.01) | 1969 média in > média fin |
| #08 | Cumulative deviation | 1.922 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | S (0.01) | 1969 média in > média fin |
| #09 | Worsley likelihood | 4.229 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | S (0.01) | 1969 média in > média fin |
| #11 | Rank Sum | 3.537 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | mediana.in < mediana.fin |
| #14 | Student's t | 3.531 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.01) | média in > média fin |
| #16 | Mann-Kendall | -3.35 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | tend decrescente |
| #17 | Spearman's Rho | -3.358 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | tend decrescente |
| #18 | Linear regression | -3.886 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.01) | tend decrescente |

Data file : EM3_Ps1.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|---------------------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 0.808 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #02 | Turning Point | -0.642 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | -0.379 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | 0.482 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 11 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.1) | 1969 média in > média fin |
| #08 | Cumulative deviation | 1.167 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | S (0.1) | 1969 média in > média fin |
| #09 | Worsley likelihood | 2.39 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS | |
| #11 | Rank Sum | 2.353 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | mediana.in < mediana.fin |
| #14 | Student's t | 2.082 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.05) | média in > média fin |
| #16 | Mann-Kendall | -1.933 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | tend decrescente |
| #17 | Spearman's Rho | -2.016 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | tend decrescente |
| #18 | Linear regression | -1.68 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.1) | tend decrescente |

Data file : EM4_Ps1.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|---------------------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 0.115 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #02 | Turning Point | -0.918 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | -0.62 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | 1.03 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 13 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.05) | 1971 média in > média fin |
| #08 | Cumulative deviation | 1.586 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | S (0.01) | 1969 média in > média fin |
| #09 | Worsley likelihood | 3.362 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | S (0.05) | 1969 média in > média fin |
| #11 | Rank Sum | 3.111 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | mediana.in < mediana.fin |
| #14 | Student's t | 2.979 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.01) | média in > média fin |
| #16 | Mann-Kendall | -2.48 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | tend decrescente |
| #17 | Spearman's Rho | -2.577 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | tend decrescente |
| #18 | Linear regression | -2.307 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.05) | tend decrescente |

Data file : EM5_Ps1.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|---------------------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 0.808 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #02 | Turning Point | -0.642 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | -0.503 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | 0.528 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 15 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.01) | 1969 média in > média fin |
| #08 | Cumulative deviation | 1.453 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | S (0.05) | 1969 média in > média fin |
| #09 | Worsley likelihood | 3.042 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | S (0.1) | 1969 média in > média fin |
| #11 | Rank Sum | 2.831 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | mediana.in < mediana.fin |
| #14 | Student's t | 2.637 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.05) | média in > média fin |
| #16 | Mann-Kendall | -2.426 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | tend decrescente |
| #17 | Spearman's Rho | -2.448 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | tend decrescente |
| #18 | Linear regression | -2.326 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.05) | tend decrescente |

Tabela A.14 Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série P_{s2} nos postos EM_1 , EM_2 , EM_3 , EM_4 e EM_5 .

Data file : EM1_Ps2.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 0.346 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #02 | Turning Point | -1.193 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | -0.875 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #05 | Auto Correlation | 0.377 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #07 | Cusum | 6 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS |
| #08 | Cumulative deviation | 0.769 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS |
| #09 | Worsley likelihood | 2.698 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS |
| #11 | Rank Sum | 0.514 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #14 | Student's t | 0.587 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS |
| #16 | Mann-Kendall | -0.283 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #17 | Spearman's Rho | -0.347 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #18 | Linear regression | -0.53 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS |

Data file : EM2_Ps2.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 0.346 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #02 | Turning Point | -0.367 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | -0.007 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #05 | Auto Correlation | -0.087 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #07 | Cusum | 5 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS |
| #08 | Cumulative deviation | 0.745 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS |
| #09 | Worsley likelihood | 2.661 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS |
| #11 | Rank Sum | 1.013 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #14 | Student's t | 1.188 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS |
| #16 | Mann-Kendall | -0.915 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #17 | Spearman's Rho | -1.033 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #18 | Linear regression | -1.123 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS |

Data file : EM3_Ps2.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 0.346 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #02 | Turning Point | -0.367 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | -0.314 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #05 | Auto Correlation | -0.684 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #07 | Cusum | 4 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS |
| #08 | Cumulative deviation | 0.554 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS |
| #09 | Worsley likelihood | 1.877 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS |
| #11 | Rank Sum | 0.639 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #14 | Student's t | 0.302 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS |
| #16 | Mann-Kendall | -0.305 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #17 | Spearman's Rho | -0.406 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #18 | Linear regression | -0.136 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS |

Data file : EM4_Ps2.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 577 | 1645 | 35063 | 2576 | NS |
| #02 | Turning Point | 734 | 1645 | 35063 | 2576 | NS |
| #03 | Rank Difference | -29 | 1645 | 35063 | 2576 | NS |
| #05 | Auto Correlation | -561 | 1645 | 35063 | 2576 | NS |
| #07 | Cusum | 6 | 10636 | 11856 | 14.21 | NS |
| #08 | Cumulative deviation | 577 | 1156 | 46751 | 1536 | NS |
| #09 | Worsley likelihood | 1331 | 31807 | 3159 | 28913 | NS |
| #11 | Rank Sum | 1065 | 1645 | 35063 | 2576 | NS |
| #14 | Student's t | 1098 | 1668 | 1995 | 2649 | NS |
| #16 | Mann-Kendall | -332 | 1645 | 35063 | 2576 | NS |
| #17 | Spearman's Rho | -326 | 1645 | 35063 | 2576 | NS |
| #18 | Linear regression | -272 | 1668 | 1995 | 23772 | NS |

Data file : EM5_Ps2.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 0.115 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #02 | Turning Point | -0.367 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | -0.088 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #05 | Auto Correlation | -0.642 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #07 | Cusum | 4 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS |
| #08 | Cumulative deviation | 0.6 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS |
| #09 | Worsley likelihood | 2.069 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS |
| #11 | Rank Sum | 0.836 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #14 | Student's t | 0.674 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS |
| #16 | Mann-Kendall | -0.507 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #17 | Spearman's Rho | -0.542 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #18 | Linear regression | -0.423 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS |

Tabela A.15 Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série P_{t1} nos postos EM_1, EM_2, EM_3, EM_4 e EM_5 .

Data file : EM1_Pt1.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 1.732 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | não aleatório |
| #02 | Turning Point | 1.01 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | 0.868 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | -0.481 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 4 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS | |
| #08 | Cumulative deviation | 0.941 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS | |
| #09 | Worsley likelihood | 1.92 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS | |
| #11 | Rank Sum | -0.286 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #14 | Student's t | -0.998 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS | |
| #16 | Mann-Kendall | 0.605 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #17 | Spearman's Rho | 0.593 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #18 | Linear regression | 1.26 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS | |

Data file : EM2_Pt1.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|---------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 2.194 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | não aleatório |
| #02 | Turning Point | 1.285 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | 2.224 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | não aleatório |
| #05 | Auto Correlation | -1.795 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | |
| #07 | Cusum | 3 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS | |
| #08 | Cumulative deviation | 0.783 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS | |
| #09 | Worsley likelihood | 1.623 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS | |
| #11 | Rank Sum | 1.054 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #14 | Student's t | 1.022 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS | |
| #16 | Mann-Kendall | -1.036 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #17 | Spearman's Rho | -0.912 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #18 | Linear regression | -0.776 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS | |

Data file : EM3_Pt1.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----|--|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 0.808 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #02 | Turning Point | 1.01 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | 0.656 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | -0.359 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 4 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS | |
| #08 | Cumulative deviation | 0.628 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS | |
| #09 | Worsley likelihood | 1.84 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS | |
| #11 | Rank Sum | 0.234 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #14 | Student's t | -0.144 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS | |
| #16 | Mann-Kendall | 0.144 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #17 | Spearman's Rho | 0.093 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #18 | Linear regression | 0.446 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS | |

Data file : EM4_Pt1.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----|--|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 0.346 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #02 | Turning Point | 0.734 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | 0.547 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | -0.588 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 5 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS | |
| #08 | Cumulative deviation | 0.524 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS | |
| #09 | Worsley likelihood | 1.59 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS | |
| #11 | Rank Sum | 1.034 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #14 | Student's t | 0.751 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS | |
| #16 | Mann-Kendall | -0.305 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #17 | Spearman's Rho | -0.471 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #18 | Linear regression | -0.203 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS | |

Data file : EM5_Pt1.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----|--|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 1.27 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #02 | Turning Point | 1.285 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | 1.094 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | -0.9 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 4 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS | |
| #08 | Cumulative deviation | 0.505 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS | |
| #09 | Worsley likelihood | 1.692 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS | |
| #11 | Rank Sum | 0.66 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #14 | Student's t | 0.218 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS | |
| #16 | Mann-Kendall | -0.305 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #17 | Spearman's Rho | -0.355 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #18 | Linear regression | 0.124 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS | |

Tabela A.16 T Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série P_{t2} nos postos $EM_1, EM_2, EM_3, EM_4, EM_5$.

Data file : EM1_Pt2.cdt

| Test statistic | Test | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|----------------|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 1.039 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #02 | Turning Point | -1.193 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | -1.232 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #05 | Auto Correlation | 1.376 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #07 | Cusum | 12 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.05) |
| #08 | Cumulative deviation | 1.605 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | S (0.01) |
| #09 | Worsley likelihood | 3.407 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | S (0.05) |
| #11 | Rank Sum | 2.883 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #14 | Student's t | 3.044 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.01) |
| #16 | Mann-Kendall | -2.785 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #17 | Spearman's Rho | -2.539 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) |
| #18 | Linear regression | -2.914 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.01) |

Data file : EM2_Pt2.cdt

| Test statistic | Test | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|----------------|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 3.118 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #02 | Turning Point | -1.193 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | -1.845 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) |
| #05 | Auto Correlation | 2.575 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) |
| #07 | Cusum | 20 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.01) |
| #08 | Cumulative deviation | 2.05 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | S (0.01) |
| #09 | Worsley likelihood | 4.722 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | S (0.01) |
| #11 | Rank Sum | 3.496 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #14 | Student's t | 3.896 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.01) |
| #16 | Mann-Kendall | -3.821 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #17 | Spearman's Rho | -3.45 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #18 | Linear regression | -4.635 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.01) |

Data file : EM3_Pt2.cdt

| Test statistic | Test | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|----------------|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 1.732 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) |
| #02 | Turning Point | -0.642 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | -1.108 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #05 | Auto Correlation | 1.365 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #07 | Cusum | 16 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.01) |
| #08 | Cumulative deviation | 1.678 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | S (0.01) |
| #09 | Worsley likelihood | 3.686 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | S (0.05) |
| #11 | Rank Sum | 2.665 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #14 | Student's t | 2.941 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.01) |
| #16 | Mann-Kendall | -2.489 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) |
| #17 | Spearman's Rho | -2.241 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) |
| #18 | Linear regression | -2.743 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.01) |

Data file : EM4_Pt2.cdt

| Test statistic | Test | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|----------------|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 1.27 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #02 | Turning Point | -0.367 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | -1.094 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #05 | Auto Correlation | 1.57 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #07 | Cusum | 14 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.05) |
| #08 | Cumulative deviation | 1.922 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | S (0.01) |
| #09 | Worsley likelihood | 4.293 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | S (0.01) |
| #11 | Rank Sum | 3.205 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #14 | Student's t | 3.376 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.01) |
| #16 | Mann-Kendall | -2.467 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) |
| #17 | Spearman's Rho | -2.498 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) |
| #18 | Linear regression | -2.965 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.01) |

Data file : EM5_Pt2.cdt

| Test statistic | Test | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|----------------|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 2.194 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) |
| #02 | Turning Point | -0.642 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | -1.291 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #05 | Auto Correlation | 1.637 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #07 | Cusum | 16 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | S (0.01) |
| #08 | Cumulative deviation | 1.827 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | S (0.01) |
| #09 | Worsley likelihood | 4.083 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | S (0.01) |
| #11 | Rank Sum | 3.091 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #14 | Student's t | 3.332 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.01) |
| #16 | Mann-Kendall | -2.938 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #17 | Spearman's Rho | -2.694 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) |
| #18 | Linear regression | -3.292 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.01) |

Tabela A.17 Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série P_{t3} nos postos EM_1 , EM_2 , EM_3 , EM_4 e EM_5 .

Data file : EM1_Pt3.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 1.039 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #02 | Turning Point | 0.459 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | 1.05 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #05 | Auto Correlation | -1.186 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #07 | Cusum | 7 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS |
| #08 | Cumulative deviation | 0.829 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS |
| #09 | Worsley likelihood | 2.651 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS |
| #11 | Rank Sum | 1.065 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #14 | Student's t | 0.961 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS |
| #16 | Mann-Kendall | -1.063 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #17 | Spearman's Rho | -1.133 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #18 | Linear regression | -0.994 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS |

Data file : EM2_Pt3.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|---------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 0.346 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #02 | Turning Point | 0.184 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | 0.583 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #05 | Auto Correlation | -0.653 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #07 | Cusum | 7 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS |
| #08 | Cumulative deviation | 0.911 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS |
| #09 | Worsley likelihood | 2.819 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS |
| #11 | Rank Sum | 1.854 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) |
| #14 | Student's t | 1.813 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | S (0.1) |
| #16 | Mann-Kendall | -1.857 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) |
| #17 | Spearman's Rho | -1.913 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) |
| #18 | Linear regression | -1.763 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | S (0.1) |

mediana.in < mediana.fin
média in > média fin
tend decrescente
tend decrescente
tend decrescente

Data file : EM3_Pt3.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 0.346 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #02 | Turning Point | -0.918 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | 0.948 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #05 | Auto Correlation | -2.22 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) |
| #07 | Cusum | 8 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS |
| #08 | Cumulative deviation | 0.578 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS |
| #09 | Worsley likelihood | 1.803 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS |
| #11 | Rank Sum | 0.992 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #14 | Student's t | 0.835 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS |
| #16 | Mann-Kendall | -0.857 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #17 | Spearman's Rho | -0.865 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #18 | Linear regression | -0.636 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS |

não aleatório

Data file : EM4_Pt3.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|---------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 0.577 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #02 | Turning Point | 0.734 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | 1.167 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #05 | Auto Correlation | -1.658 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) |
| #07 | Cusum | 7 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS |
| #08 | Cumulative deviation | 0.591 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS |
| #09 | Worsley likelihood | 1.176 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS |
| #11 | Rank Sum | 1.065 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #14 | Student's t | 1.17 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS |
| #16 | Mann-Kendall | -0.502 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #17 | Spearman's Rho | -0.56 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #18 | Linear regression | -0.448 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS |

não aleatório

Data file : EM5_Pt3.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|---------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | |
| #01 | Median Crossing | 0.808 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #02 | Turning Point | -0.367 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #03 | Rank Difference | 1.232 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #05 | Auto Correlation | -1.94 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) |
| #07 | Cusum | 8 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS |
| #08 | Cumulative deviation | 0.647 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS |
| #09 | Worsley likelihood | 2.03 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS |
| #11 | Rank Sum | 1.138 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #14 | Student's t | 1.163 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS |
| #16 | Mann-Kendall | -1.023 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #17 | Spearman's Rho | -1.011 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS |
| #18 | Linear regression | -0.903 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS |

não aleatório

Tabela A.18 Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série P_{t4} nos postos EM_1 , EM_2 , EM_3 , EM_4 e EM_5 .

Data file : EM1_Pt4.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|--------------------------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 0.346 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | não aleatório não aleatório |
| #02 | Turning Point | -3.396 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | |
| #03 | Rank Difference | -2.02 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | |
| #05 | Auto Correlation | 1.123 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 9 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS | |
| #08 | Cumulative deviation | 0.65 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS | |
| #09 | Worsley likelihood | 2.087 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS | |
| #11 | Rank Sum | -1.148 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #14 | Student's t | -0.702 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS | |
| #16 | Mann-Kendall | 1.345 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #17 | Spearman's Rho | 1.263 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #18 | Linear regression | 0.911 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS | |

Data file : EM2_Pt4.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|---------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 0.346 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | não aleatório |
| #02 | Turning Point | -2.019 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | |
| #03 | Rank Difference | -1.553 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | 0.763 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 8 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS | |
| #08 | Cumulative deviation | 0.748 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS | |
| #09 | Worsley likelihood | 1.998 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS | |
| #11 | Rank Sum | -1.512 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #14 | Student's t | -1.158 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS | |
| #16 | Mann-Kendall | 1.606 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #17 | Spearman's Rho | 1.611 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #18 | Linear regression | 1.134 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS | |

Data file : EM3_Pt4.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|---------|---------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 1.732 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | não aleatório |
| #02 | Turning Point | -1.193 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | -1.597 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | 0.983 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 4 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS | |
| #08 | Cumulative deviation | 0.842 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS | |
| #09 | Worsley likelihood | 2.226 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS | |
| #11 | Rank Sum | -0.94 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #14 | Student's t | -0.932 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS | |
| #16 | Mann-Kendall | 1.009 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #17 | Spearman's Rho | 1.062 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #18 | Linear regression | 0.907 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS | |

Data file : EM4_Pt4.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|---------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 0.115 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | não aleatório |
| #02 | Turning Point | -2.019 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | |
| #03 | Rank Difference | -0.766 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | -0.061 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 6 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS | |
| #08 | Cumulative deviation | 0.593 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS | |
| #09 | Worsley likelihood | 1.615 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS | |
| #11 | Rank Sum | -0.691 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #14 | Student's t | -0.195 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS | |
| #16 | Mann-Kendall | 0.879 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #17 | Spearman's Rho | 0.904 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #18 | Linear regression | 0.399 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS | |

Data file : EM5_Pt4.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|---------|--------------------------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 1.732 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | não aleatório não aleatório |
| #02 | Turning Point | -1.744 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | |
| #03 | Rank Difference | -1.546 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | 1.125 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 4 | 10.636 | 11.856 | 14.21 | NS | |
| #08 | Cumulative deviation | 0.761 | 1.156 | 1.28 | 1.536 | NS | |
| #09 | Worsley likelihood | 2.226 | 2.87 | 3.159 | 3.79 | NS | |
| #11 | Rank Sum | -1.034 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #14 | Student's t | -0.942 | 1.668 | 1.995 | 2.649 | NS | |
| #16 | Mann-Kendall | 1.166 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #17 | Spearman's Rho | 1.161 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #18 | Linear regression | 0.947 | 1.668 | 1.995 | 2.65 | NS | |

Tabela A.19 Resultados apresentados por TREND dos testes #01, #02, #03, #05, #07, #08, #09, #11, #14, #16, #17 e #18 aplicados à série P_{dma} nos postos EM_1 , EM_2 , EM_3 , EM_4 e EM_5 .

Data file : EM1_Pdma.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|---------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 2.869 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | não aleatório |
| #02 | Turning Point | -0.57 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | -2.62 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | |
| #05 | Auto Correlation | 0.426 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 8 | 10.28 | 11.46 | 13.735 | NS | |
| #08 | Cumulative deviation | 0.706 | 1.153 | 1.278 | 1.533 | NS | |
| #09 | Worsley likelihood | 1.531 | 2.87 | 3.16 | 3.79 | NS | |
| #11 | Rank Sum | 1.397 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #14 | Student's t | 0.683 | 1.669 | 1.997 | 2.653 | NS | |
| #16 | Mann-Kendall | -1.147 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #17 | Spearman's Rho | -1.286 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #18 | Linear regression | -0.65 | 1.669 | 1.997 | 2.654 | NS | |

Data file : EM2_Pdma.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|---------------------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 0.471 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | não aleatório |
| #02 | Turning Point | 0.187 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | -0.814 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | 1.807 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | |
| #07 | Cusum | 15 | 10.424 | 11.62 | 13.927 | S (0.01) | |
| #08 | Cumulative deviation | 2.088 | 1.154 | 1.279 | 1.534 | S (0.01) | 1972 média in > média fin |
| #09 | Worsley likelihood | 4.727 | 2.87 | 3.16 | 3.79 | S (0.01) | 1969 média in > média fin |
| #11 | Rank Sum | 3.525 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | mediana.in > mediana.fin |
| #14 | Student's t | 3.745 | 1.668 | 1.996 | 2.651 | S (0.01) | média in > média fin |
| #16 | Mann-Kendall | -4.096 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | tend decrescente |
| #17 | Spearman's Rho | -3.964 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | tend decrescente |
| #18 | Linear regression | -4.708 | 1.669 | 1.996 | 2.652 | S (0.01) | tend decrescente |

Data file : EM3_Pdma.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----|--|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 0.62 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #02 | Turning Point | 1.283 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | 0.744 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | -0.409 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 7 | 9.911 | 11.049 | 13.242 | NS | |
| #08 | Cumulative deviation | 0.941 | 1.15 | 1.276 | 1.53 | NS | |
| #09 | Worsley likelihood | 2.23 | 2.87 | 3.16 | 3.79 | NS | |
| #11 | Rank Sum | 1.577 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #14 | Student's t | 1.456 | 1.67 | 1.998 | 2.656 | NS | |
| #16 | Mann-Kendall | -0.802 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #17 | Spearman's Rho | -0.675 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #18 | Linear regression | -0.798 | 1.67 | 1.999 | 2.657 | NS | |

Data file : EM4_Pdma.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|--------------------------|------------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | | |
| #01 | Median Crossing | 1.698 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | não aleatório | |
| #02 | Turning Point | -2.218 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | não aleatório | |
| #03 | Rank Difference | -2.48 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | não aleatório | |
| #05 | Auto Correlation | 1.47 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | | |
| #07 | Cusum | 9 | 10.134 | 11.297 | 13.54 | NS | | |
| #08 | Cumulative deviation | 1.138 | 1.151 | 1.278 | 1.531 | NS | | |
| #09 | Worsley likelihood | 2.412 | 2.87 | 3.16 | 3.79 | NS | | |
| #11 | Rank Sum | 1.782 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | mediana.in > mediana.fin | |
| #14 | Student's t | 1.429 | 1.669 | 1.997 | 2.654 | NS | | |
| #16 | Mann-Kendall | -1.689 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.1) | | tend decrescente |
| #17 | Spearman's Rho | -1.612 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | | |
| #18 | Linear regression | -1.008 | 1.669 | 1.998 | 2.655 | NS | | |

Data file : EM5_Pdma.cdt

| | Test statistic | Critical values (Statistical table) | | | Result | | |
|-----|----------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|----------|---------------------------|
| | | a=0.1 | a=0.05 | a=0.01 | | | |
| #01 | Median Crossing | 0.124 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #02 | Turning Point | 0.691 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #03 | Rank Difference | 0.401 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #05 | Auto Correlation | -0.156 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | NS | |
| #07 | Cusum | 10 | 9.911 | 11.049 | 13.242 | S (0.1) | |
| #08 | Cumulative deviation | 1.349 | 1.15 | 1.276 | 1.53 | S (0.05) | 1969 média in > média fin |
| #09 | Worsley likelihood | 2.842 | 2.87 | 3.16 | 3.79 | NS | |
| #11 | Rank Sum | 2.77 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.01) | mediana.in < mediana.fin |
| #14 | Student's t | 2.436 | 1.67 | 1.998 | 2.656 | S (0.05) | média in > média fin |
| #16 | Mann-Kendall | -2.247 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | tend decrescente |
| #17 | Spearman's Rho | -2.209 | 1.645 | 1.96 | 2.576 | S (0.05) | tend decrescente |
| #18 | Linear regression | -1.975 | 1.67 | 1.999 | 2.657 | S (0.1) | tend decrescente |

| EM1 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|---------------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 64986.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.08$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 0.65$$

$$|t_{Spear}| = 0.65$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|---------------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 57320.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.18$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 1.61$$

$$|t_{Spear}| = 1.61$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|---------------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 63991.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.09$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 0.77$$

$$|t_{Spear}| = 0.77$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|---------------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 60434.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.14$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 1.21$$

$$|t_{Spear}| = 1.21$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|---------------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 62550.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.11$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 0.95$$

$$|t_{Spear}| = 0.95$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

Hipótese de existência de persistência rejeitada

$$|t_{Spear}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

graus de liberdade= 73.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 1.99$$

Figura A.1 Cálculo do teste #04 Spearman aplicado a série anual, Pa, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄e EM₅.

| EM1 - Pm | | | | |
|-------------|-----------------|------------|---------------|-----------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y (yi+1-yi)2 |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 58850 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.16$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 1.41$$

$$|t_{Spear}| = 1.41$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM2 - Pm | | | | |
|-------------|-----------------|------------|---------------|-----------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y (yi+1-yi)2 |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 52128 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.26$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 2.29$$

$$|t_{Spear}| = 2.29$$

Hipótese de existência de persistência rejeitada

| EM3 | | | | |
|-------------|-----------------|------------|---------------|-----------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | |
| Soma | | | | 55378.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.21$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 1.86$$

$$|t_{Spear}| = 1.86$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM4 | | | | |
|-------------|-----------------|------------|---------------|-----------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | |
| Soma | | | | 57036.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.19$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 1.64$$

$$|t_{Spear}| = 1.64$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM5 | | | | |
|-------------|-----------------|------------|---------------|-----------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | |
| Soma | | | | 55207.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.21$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 1.88$$

$$|t_{Spear}| = 1.88$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

Hipótese de existência de persistência rejeitada

$$|t_{Spear}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

graus de liberdade= 73.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 1.99$$

Figura A.2 Cálculo do teste #04 Spearmann aplicado a série mensal, Pm, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

APLICAÇÃO À PRECIPITAÇÃO A DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS

| EM1 | | | | | |
|-------|-----------------|---------------------|----------|---|--------------------------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | \bar{x}_i (mm) | Nº ordem | | ($y_{i+1}-y_i$) ² |
| 76.00 | | | i | Y | |
| Soma | | | | | 70170.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.00$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 0.02$$

$$|t_{Spear}| = 0.02$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|-----------------|---------------------|----------|---|--------------------------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | \bar{x}_i (mm) | Nº ordem | | ($y_{i+1}-y_i$) ² |
| 76.00 | | | i | Y | |
| Soma | | | | | 64039.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.09$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 0.76$$

$$|t_{Spear}| = 0.76$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|-----------------|---------------------|----------|---|--------------------------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | \bar{x}_i (mm) | Nº ordem | | ($y_{i+1}-y_i$) ² |
| 76.00 | | | i | Y | |
| Soma | | | | | 67137.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.04$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 0.38$$

$$|t_{Spear}| = 0.38$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|-----------------|---------------------|----------|---|--------------------------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | \bar{x}_i (mm) | Nº ordem | | ($y_{i+1}-y_i$) ² |
| 76.00 | | | i | Y | |
| Soma | | | | | 65088.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.07$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 0.64$$

$$|t_{Spear}| = 0.64$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|-----------------|---------------------|----------|---|--------------------------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | \bar{x}_i (mm) | Nº ordem | | ($y_{i+1}-y_i$) ² |
| 76.00 | | | i | Y | |
| Soma | | | | | 67606.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.04$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 0.33$$

$$|t_{Spear}| = 0.33$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

Hipótese de existência de persistência rejeitada

$$|t_{Spear}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

graus de liberdade= 73.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 1.99$$

Figura A.3 Cálculo do teste #04 Spearmann aplicado a série semestral, Ps1, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

| EM1 | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|---------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | Soma 67519.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.04$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 0.34$$

$$|t_{Spear}| = 0.34$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM2 | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|---------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | Soma 73484.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = -0.05$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = -0.39$$

$$|t_{Spear}| = 0.39$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM3 | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|---------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | Soma 73520.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = -0.05$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = -0.39$$

$$|t_{Spear}| = 0.39$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM4 | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|---------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | Soma 73228.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = -0.04$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = -0.36$$

$$|t_{Spear}| = 0.36$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM5 | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|---------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | Soma 75379.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = -0.07$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = -0.62$$

$$|t_{Spear}| = 0.62$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

Hipótese de existência de persistência rejeitada

$$|t_{Spear}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0.98$$

graus de liberdade= 73.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 1.99$$

Figura A.4 Cálculo do teste #04 Spearman aplicado a série semestral, Ps2, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

| EM1 | | | | | |
|-------|----------|---------------------|----------|---|--|
| Ano | Pt1 (mm) | x _i (mm) | Nº ordem | | (y _{i+1} -y _i) ² |
| | | | i | Y | |
| 76.00 | | | | | |
| Soma | | | | | 77550.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = -0.10$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = -0.89$$

$$|t_{Spear}| = 0.89$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|--------------|---------------------|----------|---|--|
| Ano | P a, Xi (mm) | x _i (mm) | Nº ordem | | (y _{i+1} -y _i) ² |
| | | | i | Y | |
| 76.00 | | | | | |
| Soma | | | | | 89070.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = -0.27$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = -2.37$$

$$|t_{Spear}| = 2.37$$

Hipótese de existência de persistência rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|--------------|---------------------|----------|---|--|
| Ano | P a, Xi (mm) | x _i (mm) | Nº ordem | | (y _{i+1} -y _i) ² |
| | | | i | Y | |
| 76.00 | | | | | |
| Soma | | | | | 76817.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = -0.09$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = -0.80$$

$$|t_{Spear}| = 0.80$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|--------------|---------------------|----------|---|--|
| Ano | P a, Xi (mm) | x _i (mm) | Nº ordem | | (y _{i+1} -y _i) ² |
| | | | i | Y | |
| 76.00 | | | | | |
| Soma | | | | | 76344.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = -0.09$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = -0.74$$

$$|t_{Spear}| = 0.74$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|--------------|---------------------|----------|---|--|
| Ano | P a, Xi (mm) | x _i (mm) | Nº ordem | | (y _{i+1} -y _i) ² |
| | | | i | Y | |
| 76.00 | | | | | |
| Soma | | | | | 81293.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = -0.16$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = -1.35$$

$$|t_{Spear}| = 1.35$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

Hipótese de existência de persistência rejeitada

$$|t_{Spear}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

graus de liberdade= 73.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 1.99$$

Figura A.5 Cálculo do teste #04 Spearmann aplicado a série trimestral, Pt1, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄e EM₅.

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

| EM1 | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|---------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | Soma 61568.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.12$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 1.07$$

$$|t_{Spear}| = 1.07$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM2 | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|---------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | Soma 54870.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.22$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 1.92$$

$$|t_{Spear}| = 1.92$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM3 | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|---------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | Soma 63741.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.09$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 0.80$$

$$|t_{Spear}| = 0.80$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM4 | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|---------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | Soma 61375.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.13$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 1.09$$

$$|t_{Spear}| = 1.09$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM5 | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|---------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | Soma 61772.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.12$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 1.04$$

$$|t_{Spear}| = 1.04$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

Hipótese de existência de persistência rejeitada

$$|t_{Spear}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0.98$$

graus de liberdade= 73.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 1.99$$

Figura A.6 Cálculo do teste #04 Spearman aplicado a série trimestral, Pt2, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

APLICAÇÃO À PRECIPITAÇÃO A DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS

| EM1 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|----------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | |
| | | | i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 80547.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = -0.15$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = -1.26$$

$$|t_{Spear}| = 1.26$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|----------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | |
| | | | i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 77361.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = -0.10$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = -0.86$$

$$|t_{Spear}| = 0.86$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|----------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | |
| | | | i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 87599.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = -0.25$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = -2.17$$

$$|t_{Spear}| = 2.17$$

Hipótese de existência de persistência rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|----------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | |
| | | | i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 83861.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = -0.19$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = -1.68$$

$$|t_{Spear}| = 1.68$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|----------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | |
| | | | i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 86278.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = -0.23$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = -1.99$$

$$|t_{Spear}| = 1.99$$

Hipótese de existência de persistência rejeitada

Hipótese de existência de persistência rejeitada

$$|t_{Spear}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

graus de liberdade= 73.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 1.99$$

Figura A.7 Cálculo do teste #04 Spearmann aplicado a série trimestral, Pt3, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

| EM1 | | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 59361.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.16$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 1.35$$

$$|t_{Spear}| = 1.35$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 61981.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.12$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 1.02$$

$$|t_{Spear}| = 1.02$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 59520.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.15$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 1.33$$

$$|t_{Spear}| = 1.33$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 69918.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.01$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 0.05$$

$$|t_{Spear}| = 0.05$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 59335.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.16$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 1.35$$

$$|t_{Spear}| = 1.35$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

Hipótese de existência de persistência rejeitada

$$|t_{Spear}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

graus de liberdade= 73.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 1.99$$

Figura A.8 Cálculo do teste #04 Spearman aplicado a série trimestral, Pt4, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

APLICAÇÃO À PRECIPITAÇÃO A DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS

| EM1 | | | | | |
|-------|--------------|---------|----------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | |
| | | | i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 66.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 40056.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.12$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 1.00$$

$$|t_{Spear}| = 1.00$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|--------------|---------|----------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | |
| | | | i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 66.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 44824.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.02$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 0.16$$

$$|t_{Spear}| = 0.16$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|--------------|---------|----------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | |
| | | | i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 66.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 53256.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = -0.16$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = -1.32$$

$$|t_{Spear}| = 1.32$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|--------------|---------|----------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | |
| | | | i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 66.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 34482.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = 0.25$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = 2.02$$

$$|t_{Spear}| = 2.02$$

Hipótese de existência de persistência rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|--------------|---------|----------|------|------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | |
| | | | i | Y | (yi+1-yi)2 |
| 66.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 48750.00 |

$$r_{Spear} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^{N-1} (y_{i+1} - y_i)^2}{(N-1)^3 - (N-1)} = -0.07$$

$$t_{Spear} = r_{Spear} \left[\frac{N-3}{1-r_{Spear}^2} \right]^{1/2} = -0.52$$

$$|t_{Spear}| = 0.52$$

Hipótese de existência de persistência não rejeitada

Hipótese de existência de persistência rejeitada

$$|t_{Spear}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

graus de liberdade= 63.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 2.00$$

Figura A.9 Cálculo do teste #04 Spearmann aplicado a série de máximos, Pdma, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

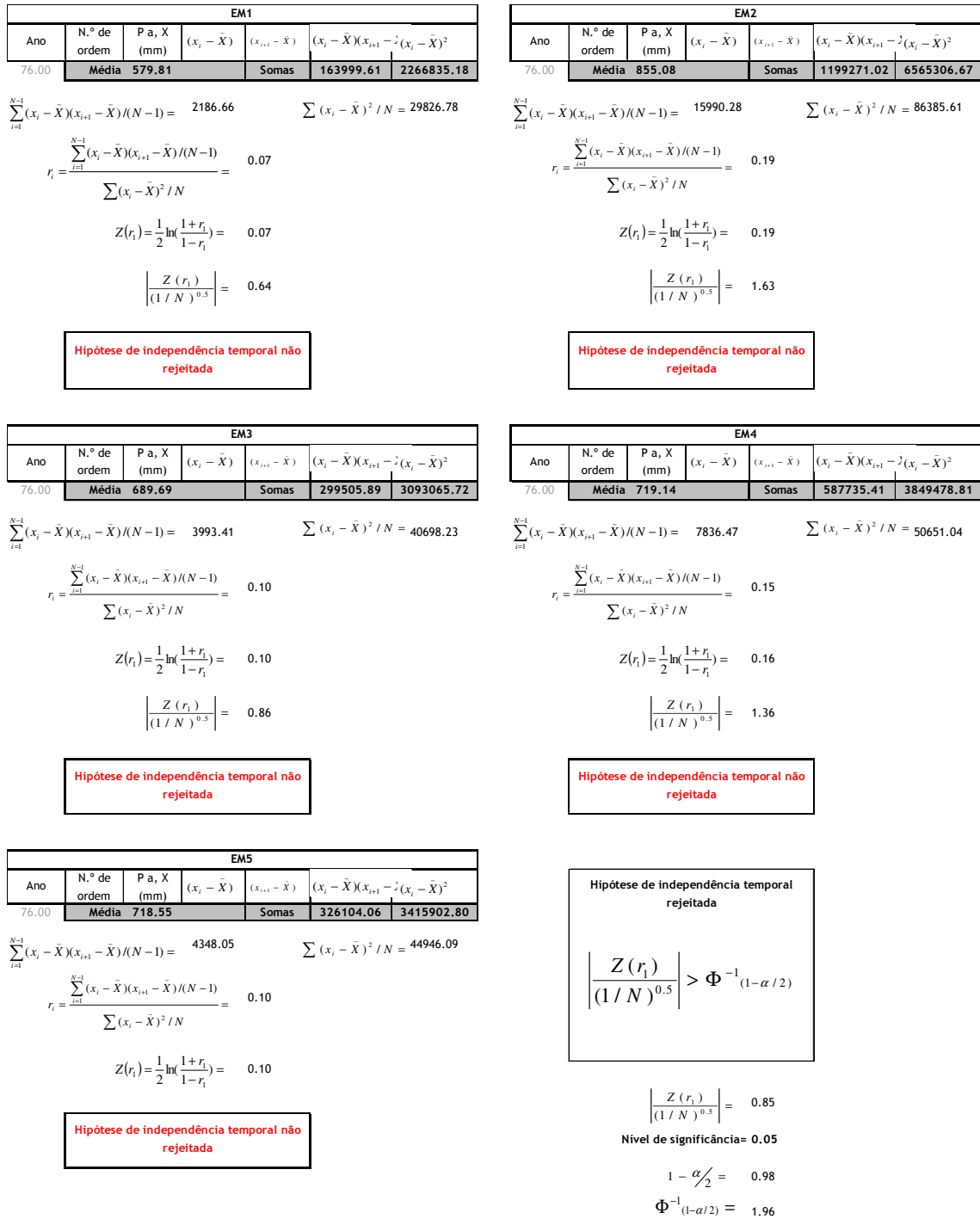


Figura A.10 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série anual, Pa, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

| EM1 | | | | | |
|-----|--------------|-------------|-------------------|-----------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_{i+1} - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) - \bar{X}(x_i - \bar{X})^2$ |
| 76 | | Média 67.2 | | Somas | 28489.92 190287.50 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = 379.87 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 2503.78$$

$$r_i = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = 0.15$$

$$Z(r_i) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_i}{1-r_i} \right) = 0.15$$

$$\left| \frac{Z(r_i)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 1.33$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-----|--------------|-------------|-------------------|-----------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_{i+1} - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) - \bar{X}(x_i - \bar{X})^2$ |
| 76 | | Média 95.7 | | Somas | 118924.26 458665.38 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = 1585.66 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 6035.07$$

$$r_i = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = 0.26$$

$$Z(r_i) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_i}{1-r_i} \right) = 0.27$$

$$\left| \frac{Z(r_i)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 2.35$$

Hipótese de independência temporal rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|-----------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_{i+1} - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) - \bar{X}(x_i - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | | Média 77.21 | | Somas | 48572.04 224742.30 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = 647.63 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 2957.14$$

$$r_i = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = 0.22$$

$$Z(r_i) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_i}{1-r_i} \right) = 0.22$$

$$\left| \frac{Z(r_i)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 1.94$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|-----------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_{i+1} - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) - \bar{X}(x_i - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | | Média 81.71 | | Somas | 56432.64 300817.46 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = 752.44 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 3958.12$$

$$r_i = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = 0.19$$

$$Z(r_i) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_i}{1-r_i} \right) = 0.19$$

$$\left| \frac{Z(r_i)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 1.68$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|-----------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_{i+1} - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) - \bar{X}(x_i - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | | Média 80.76 | | Somas | 58171.94 258553.57 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = 775.63 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 3402.02$$

$$r_i = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = 0.23$$

$$Z(r_i) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_i}{1-r_i} \right) = 0.23$$

Hipótese de independência temporal rejeitada

Hipótese de independência temporal rejeitada

$$\left| \frac{Z(r_i)}{(1/N)^{0.5}} \right| > \Phi^{-1}(1-\alpha/2)$$

$$\left| \frac{Z(r_i)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 2.02$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

$$\Phi^{-1}(1-\alpha/2) = 1.96$$

Figura A.11 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série mensal, Pm, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

| EM1 | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X})(x_i - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | Média | 439.17 | Somas | -9195.95 1999329.94 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = -122.61 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 26306.97$$

$$r_i = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = 0.00$$

$$Z(r_i) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_i}{1-r_i} \right) = 0.00$$

$$\left| \frac{Z(r_i)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 0.04$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM2 | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X})(x_i - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | Média | 655.51 | Somas | 771433.32 5622154.06 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = 10285.78 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 73975.71$$

$$r_i = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = 0.14$$

$$Z(r_i) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_i}{1-r_i} \right) = 0.14$$

$$\left| \frac{Z(r_i)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 1.22$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM3 | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X})(x_i - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | Média | 518.91 | Somas | 112535.95 2738772.28 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = 1500.48 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 36036.48$$

$$r_i = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = 0.04$$

$$Z(r_i) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_i}{1-r_i} \right) = 0.04$$

$$\left| \frac{Z(r_i)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 0.36$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM4 | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X})(x_i - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | Média | 550.71 | Somas | 361972.24 3527479.81 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = 4826.30 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 46414.21$$

$$r_i = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = 0.10$$

$$Z(r_i) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_i}{1-r_i} \right) = 0.10$$

$$\left| \frac{Z(r_i)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 0.91$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM5 | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X})(x_i - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | Média | 544.55 | Somas | 141061.66 3055692.39 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = 1880.82 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 40206.48$$

$$r_i = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = 0.05$$

$$Z(r_i) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_i}{1-r_i} \right) = 0.05$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

$$\left| \frac{Z(r_i)}{(1/N)^{0.5}} \right| > \Phi^{-1}(1-\alpha/2)$$

$$\left| \frac{Z(r_i)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 0.41$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

$$\Phi^{-1}(1-\alpha/2) = 1.96$$

Figura A.12 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série semestral, Ps1, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄e EM₅.

| EM1 | | | | |
|-------|--------------|--------------|-------------------|--|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) - (x_i - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | | Média 140.64 | | Somas 8897.52 304282.70 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = 118.63 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 4003.72$$

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = 0.03$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = 0.03$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 0.26$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM2 | | | | |
|-------|--------------|--------------|-------------------|--|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) - (x_i - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | | Média 199.56 | | Somas -12839.93 561038.99 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = -171.20 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 7382.09$$

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = -0.02$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = -0.02$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 0.20$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM3 | | | | |
|-------|--------------|--------------|-------------------|--|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) - (x_i - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | | Média 170.78 | | Somas -28041.94 311302.62 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = -373.89 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 4096.09$$

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = -0.09$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = -0.09$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 0.80$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM4 | | | | |
|-------|--------------|--------------|-------------------|--|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) - (x_i - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | | Média 168.43 | | Somas -23965.96 314245.24 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = -319.55 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 4134.81$$

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = -0.08$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = -0.08$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 0.68$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM5 | | | | |
|-------|--------------|--------------|-------------------|--|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) - (x_i - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | | Média 174.00 | | Somas -26870.60 315093.17 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = -358.27 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 4145.96$$

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = -0.09$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = -0.09$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

Hipótese de independência temporal rejeitada

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| > \Phi^{-1}(1-\alpha/2)$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 0.76$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

$$\Phi^{-1}(1-\alpha/2) = 1.96$$

Figura A.13 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série semestral, Ps2, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

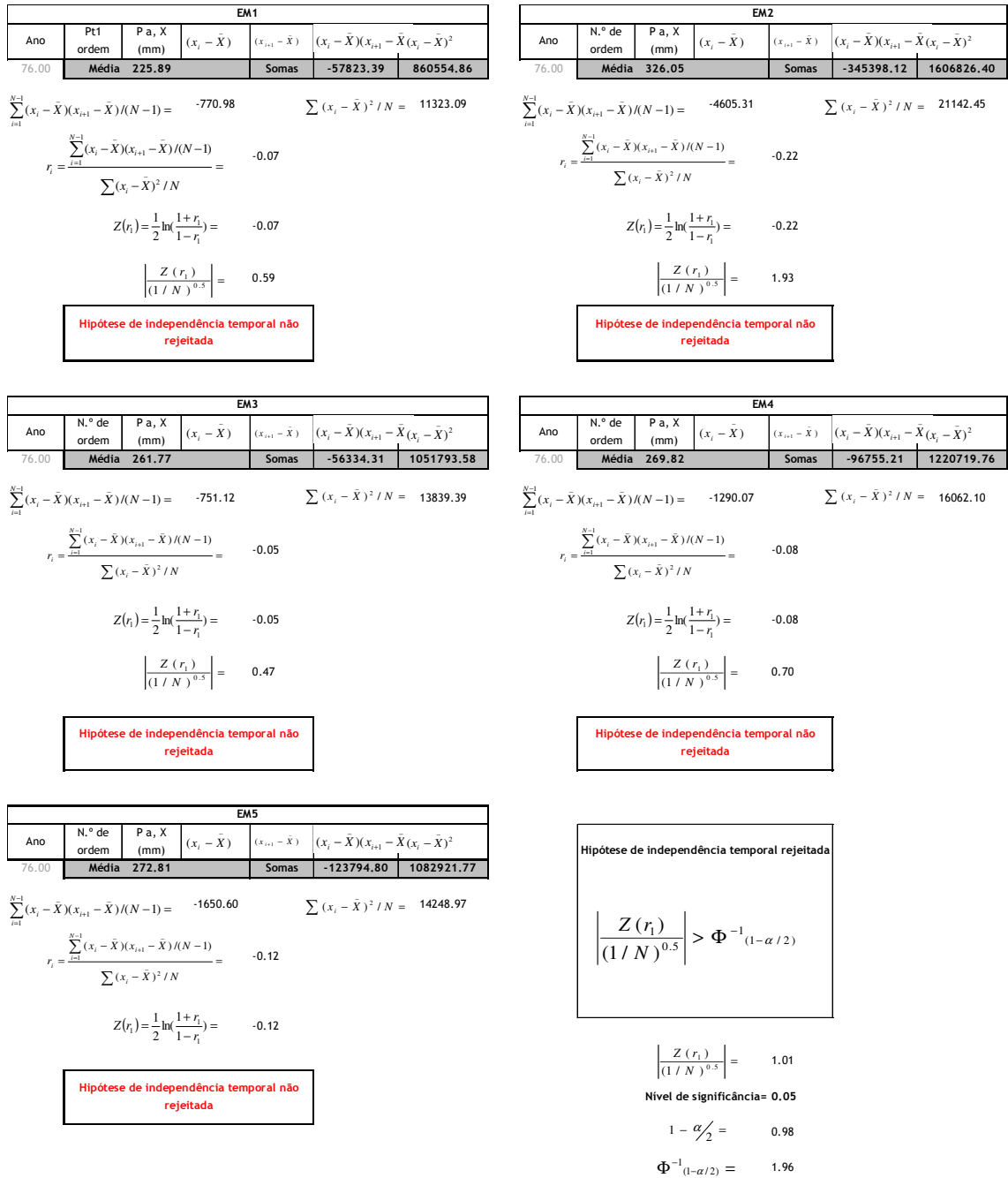


Figura A.14 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série trimestral, Pt1, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

| EM1 | | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|-----------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_t - \bar{X})$ | $(x_{t+1} - \bar{X})$ | $(x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) - \bar{X}(x_t - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | Média | 213.29 | | Somas | 149805.78 1058628.70 |

$$\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1) = 1997.41 \quad \sum (x_t - \bar{X})^2 / N = 13929.32$$

$$r_1 = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_t - \bar{X})^2 / N} = 0.14$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = 0.14$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 1.26$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|-----------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_t - \bar{X})$ | $(x_{t+1} - \bar{X})$ | $(x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) - \bar{X}(x_t - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | Média | 329.47 | | Somas | 913388.79 3305231.45 |

$$\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1) = 12178.52 \quad \sum (x_t - \bar{X})^2 / N = 43489.89$$

$$r_1 = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_t - \bar{X})^2 / N} = 0.28$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = 0.29$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 2.51$$

Hipótese de independência temporal rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|-----------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_t - \bar{X})$ | $(x_{t+1} - \bar{X})$ | $(x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) - \bar{X}(x_t - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | Média | 257.13 | | Somas | 208538.64 1486777.52 |

$$\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1) = 2780.52 \quad \sum (x_t - \bar{X})^2 / N = 19562.86$$

$$r_1 = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_t - \bar{X})^2 / N} = 0.14$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = 0.14$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 1.25$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|-----------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_t - \bar{X})$ | $(x_{t+1} - \bar{X})$ | $(x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) - \bar{X}(x_t - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | Média | 280.89 | | Somas | 326039.40 1996037.23 |

$$\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1) = 4347.19 \quad \sum (x_t - \bar{X})^2 / N = 26263.65$$

$$r_1 = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_t - \bar{X})^2 / N} = 0.17$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = 0.17$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 1.46$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|-----------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_t - \bar{X})$ | $(x_{t+1} - \bar{X})$ | $(x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) - \bar{X}(x_t - \bar{X})^2$ |
| 76.00 | Média | 271.74 | | Somas | 297158.47 1738786.62 |

$$\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1) = 3962.11 \quad \sum (x_t - \bar{X})^2 / N = 22878.77$$

$$r_1 = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_t - \bar{X})^2 / N} = 0.17$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = 0.17$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

Hipótese de independência temporal rejeitada

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| > \Phi^{-1}(1-\alpha/2)$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 1.53$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0.98$$

$$\Phi^{-1}(1-\alpha/2) = 1.96$$

Figura A.15 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série trimestral, Pt2, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

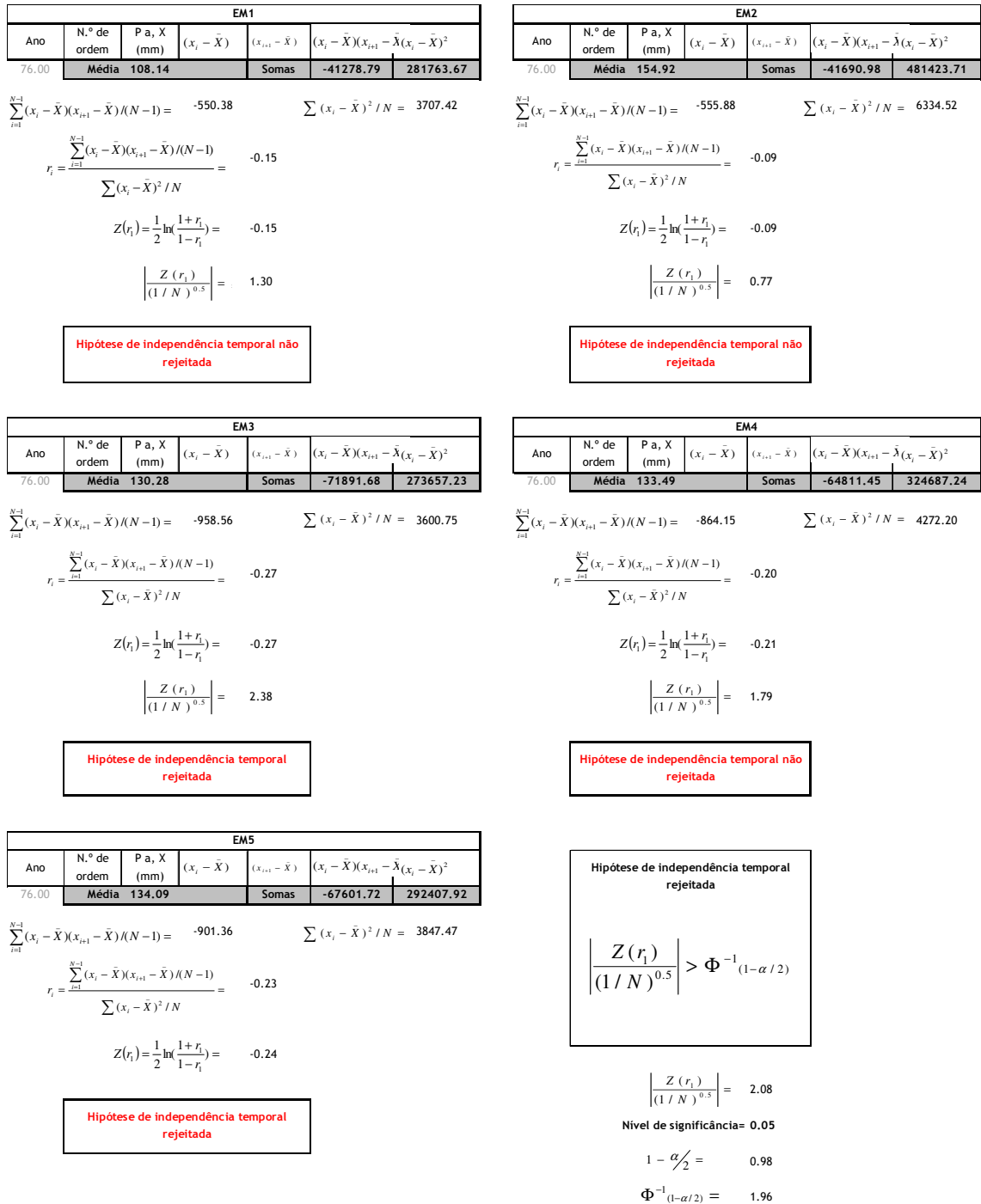


Figura A.16 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série trimestral, Pt3, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

| EM1 | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|--------------------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X})$ |
| 76.00 | Média | 32.49 | | |
| | | | Somas | 7432.24 |
| | | | | 65733.44 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = 99.10 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 864.91$$

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = 0.11$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = 0.12$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 1.00$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM2 | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|--------------------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X})$ |
| 76.00 | Média | 44.64 | | |
| | | | Somas | 7630.95 |
| | | | | 105137.22 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = 101.75 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 1383.38$$

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = 0.07$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = 0.07$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 0.64$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM3 | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|--------------------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X})$ |
| 76.00 | Média | 40.50 | | |
| | | | Somas | 7807.05 |
| | | | | 80229.42 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = 104.09 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 1055.65$$

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = 0.10$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = 0.10$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 0.86$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM4 | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|--------------------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X})$ |
| 76.00 | Média | 34.94 | | |
| | | | Somas | -1312.59 |
| | | | | 65605.06 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = -17.50 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 863.22$$

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = -0.02$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = -0.02$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 0.18$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM5 | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|--------------------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_i - \bar{X})$ | $(x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X})$ |
| 76.00 | Média | 39.91 | | |
| | | | Somas | 7897.74 |
| | | | | 69698.40 |

$$\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1) = 105.30 \quad \sum (x_i - \bar{X})^2 / N = 917.08$$

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{N-1} (x_i - \bar{X})(x_{i+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_i - \bar{X})^2 / N} = 0.11$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = 0.12$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

Hipótese de independência temporal rejeitada

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| > \Phi^{-1}(1-\alpha/2)$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 1.01$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

$$\Phi^{-1}(1-\alpha/2) = 1.96$$

Figura A.17 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série trimestral, Pt4, nos postos EM1, EM2, EM3, EM4 e EM5.

| EM1 | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_t - \bar{X})$ | $(x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) - \bar{X}(x_t - \bar{X})^2$ |
| 66.00 | Média | 45.29 | | Somas 75.02 15835.17 |

$$\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1) = 1.15 \quad \sum (x_t - \bar{X})^2 / N = 239.93$$

$$r_1 = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_t - \bar{X})^2 / N} = 0.00$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = 0.00$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 0.04$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM2 | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_t - \bar{X})$ | $(x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) - \bar{X}(x_t - \bar{X})^2$ |
| 66.00 | Média | 59.09 | | Somas 4607.00 29209.45 |

$$\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1) = 70.88 \quad \sum (x_t - \bar{X})^2 / N = 442.57$$

$$r_1 = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_t - \bar{X})^2 / N} = 0.16$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = 0.16$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 1.31$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM3 | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_t - \bar{X})$ | $(x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) - \bar{X}(x_t - \bar{X})^2$ |
| 66.00 | Média | 50.77 | | Somas -1153.66 18371.00 |

$$\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1) = -17.75 \quad \sum (x_t - \bar{X})^2 / N = 278.35$$

$$r_1 = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_t - \bar{X})^2 / N} = -0.06$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = -0.06$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 0.52$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM4 | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_t - \bar{X})$ | $(x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) - \bar{X}(x_t - \bar{X})^2$ |
| 66.00 | Média | 50.82 | | Somas 2956.93 18966.52 |

$$\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1) = 45.49 \quad \sum (x_t - \bar{X})^2 / N = 287.37$$

$$r_1 = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_t - \bar{X})^2 / N} = 0.16$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = 0.16$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 1.30$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

| EM5 | | | | |
|-------|--------------|-------------|-------------------|---|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | $(x_t - \bar{X})$ | $(x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) - \bar{X}(x_t - \bar{X})^2$ |
| 66.00 | Média | 52.00 | | Somas -414.99 12558.84 |

$$\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1) = -6.38 \quad \sum (x_t - \bar{X})^2 / N = 190.29$$

$$r_1 = \frac{\sum_{t=1}^{N-1} (x_t - \bar{X})(x_{t+1} - \bar{X}) / (N-1)}{\sum (x_t - \bar{X})^2 / N} = -0.03$$

$$Z(r_1) = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{1+r_1}{1-r_1} \right) = -0.03$$

Hipótese de independência temporal não rejeitada

Hipótese de independência temporal rejeitada

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| > \Phi^{-1}(1-\alpha/2)$$

$$\left| \frac{Z(r_1)}{(1/N)^{0.5}} \right| = 0.27$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

$$\Phi^{-1}(1-\alpha/2) = 1.96$$

Figura A.18 Cálculo do teste #06 Autocorrelação aplicado a série de máximos, Pdma, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

Tabela A.20 - Constituição dos sucessivos conjuntos de duas subséries, uma anterior e outra posterior, e apresentação dos resultados da aplicação do teste #10 T de-Student móvel, na análise das séries $P_a, P_m, P_{s1}, P_{s2}, P_{t1}, P_{t2}, P_{t3}$ e P_{t4}

| i | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | | | |
|-----|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---|---|
| X1 | início | 1933 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | fim | 1952 | 1953 | 1954 | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 | 1959 | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | | |
| | n1 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | | |
| X2 | início | 1953 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Fim | 1953 | 1954 | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 | 1959 | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | 1982 | 1983 | 1984 | 1985 | 1986 | 1987 | 1988 | 1989 | | |
| | n2 | 2008 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pm | EM1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | | |
| | EM2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | EM3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | EM4 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | EM5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| Pa | EM1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | EM2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| | EM3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | EM4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | EM5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Ps1 | EM1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | EM2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | |
| | EM3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | EM4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | EM5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| Ps2 | EM1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | |
| | EM2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | EM3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | EM4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | EM5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pt1 | EM1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | EM2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | EM3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | EM4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | EM5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Pz2 | EM1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | EM2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | |
| | EM3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | EM4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | EM5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P3 | EM1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | EM2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | EM3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | EM4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | EM5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| P4 | EM1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | EM2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| | EM3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | EM4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | EM5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

0 Hipótese nula não rejeitada

1 Hipótese nula rejeitada

Tabela A.21 - Constituição dos sucessivos conjuntos de duas subséries, uma anterior e outra posterior, e apresentação dos resultados da aplicação do teste #10 T de-Student móvel, na análise da série P_{dma}

| i | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | |
|----|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| X1 | início | 1934 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | fim | 1953 | 1954 | 1955 | 1956 | 1957 | 1958 | 1959 | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 | 1964 | 1965 | 1966 | 1967 | 1968 | 1969 | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 |
| | n1 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 4 | |

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

| EM1 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 42.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.69$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 35.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.92$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 36.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.69$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 36.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.69$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 30.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 2.08$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância = 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.19 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série anual, Pa, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

APLICAÇÃO À PRECIPITAÇÃO A DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS

| EM1 | | | | | |
|-----|----------------------|-----------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 32 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 1.62$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-----|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 32 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 1.62$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 30.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 2.08$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 26.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 3.00$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 28.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 2.54$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância = 0.05

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0.98$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.20 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série mensal, Pm, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

| EM1 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 44.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 1.15$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 31.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 1.85$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 38.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.23$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 37.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.46$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 36.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.69$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância = 0.05

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0.98$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.21 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série semestral, Ps1, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

APLICAÇÃO À PRECIPITAÇÃO A DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS

| EM1 | | | | | |
|-------|----------------------|-----------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 39.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.00$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 39.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.00$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 38.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.23$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 38.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.23$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 30.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 2.08$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância = 0.05

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0.98$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.22 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série semestral, Ps2, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

| EM1 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | Pt1 ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 36.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.69$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 32.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 1.62$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 34.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 1.15$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 38.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.23$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|-------------------|-----------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | N _{ww} = | 36.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.69$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância = 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.23 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série trimestral, Pt1, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

APLICAÇÃO À PRECIPITAÇÃO A DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS

| EM1 | | | | | |
|-------|----------------------|-----------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 35.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.92$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 23.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 3.70$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 33.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 1.39$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 31.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 1.85$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 29.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 2.31$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância = 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.24 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série trimestral, Pt2, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

| EM1 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 40.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.23$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 35.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.92$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 35.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.92$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 37.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.46$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 44.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 1.15$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância = 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.25 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série trimestral, Pt3, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

APLICAÇÃO À PRECIPITAÇÃO A DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS

| EM1 | | | | | |
|-------|----------------------|-----------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 40.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.23$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 38.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.23$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 41.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.46$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 32.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 1.62$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 76.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 39.00 |

$$N = 76.00$$

$$M = 38.00$$

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 39.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 18.75$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.00$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância = 0.05

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0.98$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.26 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série trimestral, Pt4, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

| EM1 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 66.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 38.00 |

N= 66.00
M= 33.00

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 34.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 16.25$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.99$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 66.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 28.00 |

N= 66.00
M= 33.00

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 34.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 16.25$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 1.49$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 66.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 35.00 |

N= 66.00
M= 33.00

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 34.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 16.25$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.25$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 66.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 30.00 |

N= 66.00
M= 33.00

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 34.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 16.25$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.99$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|----------------------|-------------|--------|----|-------------------------|
| Ano | N.º de ordem | P a, X (mm) | Z (mm) | Ki | N _{ww} |
| 66.00 | Estatística do teste | | | Ki | N _{ww} = 31.00 |

N= 66.00
M= 33.00

$$\bar{N}_{ww} = 1 + \frac{2M \times (N - M)}{N} = 34.00$$

$$s_{ww}^2 = \frac{2M(N - M)[2M(N - M) - N]}{N^2(N - 1)} = 16.25$$

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| = 0.74$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{(N_{ww} - \bar{N}_{ww})}{\sqrt{s_{ww}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.27 Cálculo do teste #12 Wald-Wolfowitz aplicado a série de máximos, Pdma, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

APLICAÇÃO À PRECIPITAÇÃO A DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS

| EM1 | | | | |
|------|--------------|---------|------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1666 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 519$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 2.1089$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM3 | | | | |
|------|--------------|---------|------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1680 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 505$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 2.2544$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM5 | | | | |
|------|--------------|---------|------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1742 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 443$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 2.8985$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM2 | | | | |
|------|--------------|---------|------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1816 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 369$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 3.6672$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM4 | | | | |
|------|--------------|---------|------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1775 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 410$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 3.2413$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância = 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.975$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.28 Cálculo do teste #13 Mann-Whitney aplicado a série anual, Pa, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

| EM1 | | | | |
|------|-----------------|------------|---------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1847 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 338$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 3.9893$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM2 | | | | |
|------|-----------------|------------|---------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1908 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 277$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 4.6230$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM3 | | | | |
|------|-----------------|------------|---------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1858 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 327$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 4.1035$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM4 | | | | |
|------|-----------------|------------|---------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1889 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 296$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 4.4256$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM5 | | | | |
|------|-----------------|------------|---------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1881 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 304$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 4.3425$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância = 0.05

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0.975$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.29 Cálculo do teste ##13 Mann-Whitney aplicado a série mensal, Pm, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

| EM1 | | | | |
|-------------|--------------|---------|----------|----------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 76.00 | | | | |
| Soma | | | | 1644.00 |

$$N = 76.00 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722.00$$

$$M = 38.00$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.67$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 541.00$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 1.88$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | |
|-------------|--------------|---------|----------|----------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 76.00 | | | | |
| Soma | | | | 1804.00 |

$$N = 76.00 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722.00$$

$$M = 38.00$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.67$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 381.00$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 3.54$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM3 | | | | |
|-------------|--------------|---------|----------|----------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 76.00 | | | | |
| Soma | | | | 1692.00 |

$$N = 76.00 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722.00$$

$$M = 38.00$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.67$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 493.00$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 2.38$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM4 | | | | |
|-------------|--------------|---------|----------|----------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 76.00 | | | | |
| Soma | | | | 1763.00 |

$$N = 76.00 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722.00$$

$$M = 38.00$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.67$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 422.00$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 3.12$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM5 | | | | |
|-------------|--------------|---------|----------|----------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 76.00 | | | | |
| Soma | | | | 1736.00 |

$$N = 76.00 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722.00$$

$$M = 38.00$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.67$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 449.00$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 2.84$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.30 Cálculo do teste ##13 Mann-Whitney aplicado a série semestral, Ps1, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

| EM1 | | | | |
|------|--------------|---------|------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1513 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 672$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 0.5194$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM3 | | | | |
|------|--------------|---------|------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1526 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 659$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 0.6545$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | |
|------|--------------|---------|------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1561 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 624$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 1.0181$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM4 | | | | |
|------|--------------|---------|------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1567 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 618$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 1.0804$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM5 | | | | |
|------|--------------|---------|------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1544 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 641$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 0.8415$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância = 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.975$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.31 Cálculo do teste #13 Mann-Whitney aplicado a série semestral, Ps2, nos postos EM1, EM2, EM3, EM4 e EM5.

| EM1 | | | | |
|------|----------|---------------------|----------|------|
| Ano | Pt1 (mm) | x _i (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1436 |

N= 76
M= 38

$$\bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 695$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 0.2805$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | |
|------|--------------|---------------------|----------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | x _i (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1565 |

N= 76
M= 38

$$\bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 620$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 1.0596$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM3 | | | | |
|------|--------------|---------------------|----------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | x _i (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1486 |

N= 76
M= 38

$$\bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 699$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 0.2389$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM4 | | | | |
|------|--------------|---------------------|----------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | x _i (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1563 |

N= 76
M= 38

$$\bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 622$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 1.0389$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM5 | | | | |
|------|--------------|---------------------|----------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | x _i (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1527 |

N= 76
M= 38

$$\bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 658$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 0.6649$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0.975$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.32 Cálculo do teste ##13 Mann-Whitney aplicado a série trimestral, Pt1, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

| EM1 | | | | |
|-----|--------------|---------|------------|-----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | Soma 1741 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 444$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 2.8881$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM3 | | | | |
|-----|--------------|---------|------------|-----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | Soma 1720 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 465$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 2.6699$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM5 | | | | |
|-----|--------------|---------|------------|-----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | Soma 1761 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 424$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 3.0958$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM2 | | | | |
|-----|--------------|---------|------------|-----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | Soma 1800 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 385$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 3.5010$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM4 | | | | |
|-----|--------------|---------|------------|-----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | Soma 1772 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 413$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 3.2101$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância = 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.975$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.33 Cálculo do teste #13 Mann-Whitney aplicado a série trimestral, Pt2, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

APLICAÇÃO À PRECIPITAÇÃO A DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS

| EM1 | | | | |
|------|--------------|---------|----------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1566 |

N= 76
M= 38

$$\bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 619$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 1.0700$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM3 | | | | |
|------|--------------|---------|----------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1559 |

N= 76
M= 38

$$\bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 626$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 0.9973$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM5 | | | | |
|------|--------------|---------|----------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1573 |

N= 76
M= 38

$$\bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 612$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 1.1428$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | |
|------|--------------|---------|----------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1642 |

N= 76
M= 38

$$\bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 543$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 1.8596$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM4 | | | | |
|------|--------------|---------|----------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 76 | | | | |
| Soma | | | | 1566 |

N= 76
M= 38

$$\bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 619$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 1.0700$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0.975$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.34 Cálculo do teste ##13 Mann-Whitney aplicado a série trimestral, Pt3, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

| EM1 | | | | |
|-----|--------------|---------|------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | Soma |
| | | | | 1354 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 613$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 1.1324$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM3 | | | | |
|-----|--------------|---------|------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | Soma |
| | | | | 1373 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 632$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 0.9350$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM5 | | | | |
|-----|--------------|---------|------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | Soma |
| | | | | 1364 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 623$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 1.0285$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | |
|-----|--------------|---------|------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | Soma |
| | | | | 1318 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 577$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 1.5064$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM4 | | | | |
|-----|--------------|---------|------------|------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y |
| 76 | | | | Soma |
| | | | | 1398 |

$$N = 76 \quad \bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 722$$

$$M = 38$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 9265.667$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 657$$

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 0.6753$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{(N_{MW} - \bar{N}_{MW})}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância = 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.975$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.35 Cálculo do teste #13 Mann-Whitney aplicado a série trimestral, Pt4, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄e EM₅.

APLICAÇÃO À PRECIPITAÇÃO A DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS

| EM1 | | | | |
|-------------|--------------|---------|----------|-------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 66 | | | | |
| Soma | | | | 1169 |

N= 66
M= 33

$$\bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 545$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 6080.250$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 481$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 0.8144$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM3 | | | | |
|-------------|--------------|---------|----------|-------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 66 | | | | |
| Soma | | | | 1225 |

N= 66
M= 33

$$\bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 545$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 6080.250$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 425$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 1.5325$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM5 | | | | |
|-------------|--------------|---------|----------|-------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 66 | | | | |
| Soma | | | | 1317 |

N= 66
M= 33

$$\bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 545$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 6080.250$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 333$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 2.7124$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM2 | | | | |
|-------------|--------------|---------|----------|-------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 66 | | | | |
| Soma | | | | 1377 |

N= 66
M= 33

$$\bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 545$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 6080.250$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 273$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 3.4818$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM4 | | | | |
|-------------|--------------|---------|----------|-------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | |
| | | | i | Y |
| 66 | | | | |
| Soma | | | | 1278 |

N= 66
M= 33

$$\bar{N}_{MW} = \frac{M \times (N - M)}{2} = 545$$

$$s_{MW}^2 = \frac{Mx(N - M)X(N + 1)}{12} = 6080.250$$

$$N_{MW} = \min \left\{ M(N - M) + \frac{M(M + 1)}{2} - \sum_{i=1}^M y_i; \sum_{i=1}^M y_i - \frac{1}{2}M(M + 1) \right\} = 372$$

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| = 2.2122$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$\left| \frac{N_{MW} - \bar{N}_{MW}}{\sqrt{s_{MW}^2}} \right| > \Phi^{-1}(1 - \alpha/2)$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.975$$

$$\Phi^{-1}(1 - \alpha/2) = 1.96$$

Figura A.36 Cálculo do teste ##13 Mann-Whitney aplicado a série de máximos, Pdma, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

| EM1 | | | | | |
|-----|--------------|---------|------------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | |
| | | | | Soma | 87312.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.19$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -1.70$$

$$|t_{ord}| = 1.70$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-----|--------------|---------|------------|------|-----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | |
| | | | | Soma | 103490.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.41$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -3.92$$

$$|t_{ord}| = 3.92$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-----|--------------|---------|------------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | |
| | | | | Soma | 88984.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.22$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -1.91$$

$$|t_{ord}| = 1.91$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-----|--------------|---------|------------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | |
| | | | | Soma | 94416.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.29$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -2.61$$

$$|t_{ord}| = 2.61$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-----|--------------|---------|------------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | |
| | | | | Soma | 94512.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.29$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -2.63$$

$$|t_{ord}| = 2.63$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$|t_{ord}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

graus de liberdade= 74.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 1.99$$

Figura A.37 Cálculo do teste #19 Ordenação aplicado a série anual, Pa, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

| EM1 | | | | | |
|-----|-----------------|------------|---------------|------|---------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (y-i)^2 |
| 76 | | | | | |
| | | | | Soma | 103130 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.41$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -3.87$$

$$|t_{ord}| = 3.87$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-----|-----------------|------------|---------------|------|---------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (y-i)^2 |
| 76 | | | | | |
| | | | | Soma | 112382 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.54$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -5.47$$

$$|t_{ord}| = 5.47$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|---------------|------|-----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 104528.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.43$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -4.08$$

$$|t_{ord}| = 4.08$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|---------------|------|-----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 105748.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.45$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -4.28$$

$$|t_{ord}| = 4.28$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|---------------|------|-----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 106980.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.46$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -4.49$$

$$|t_{ord}| = 4.49$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$|t_{ord}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

graus de liberdade= 74.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 1.99$$

Figura A.38 Cálculo do teste #19 Ordenação aplicado a série mensal, Pm, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

| EM1 | | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | Y | |
| | | | | Soma | 85850.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{N^3 - N} = -0.17$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -1.52$$

$$|t_{ord}| = 1.52$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|------|-----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | Y | |
| | | | | Soma | 101518.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{N^3 - N} = -0.39$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -3.62$$

$$|t_{ord}| = 3.62$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | Y | |
| | | | | Soma | 90314.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{N^3 - N} = -0.23$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -2.08$$

$$|t_{ord}| = 2.08$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | Y | |
| | | | | Soma | 94920.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{N^3 - N} = -0.30$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -2.68$$

$$|t_{ord}| = 2.68$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | Y | |
| | | | | Soma | 93828.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{N^3 - N} = -0.28$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -2.54$$

$$|t_{ord}| = 2.54$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$|t_{ord}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0.98$$

graus de liberdade= 74.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 1.99$$

Figura A.39 Cálculo do teste #19 Ordenação aplicado a série semestral, Ps1, nos postos EM1, EM2, EM3, EM4 e EM5.

APLICAÇÃO À PRECIPITAÇÃO A DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS

| EM1 | | | | | |
|-------|--------------|---------|----------|------|--------------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | (y-i) ² |
| | | | i | Y | |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 76078.00 |

| EM2 | | | | | |
|-------|--------------|---------|----------|------|--------------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | (y-i) ² |
| | | | i | Y | |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 81874.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.04$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -0.34$$

$$|t_{ord}| = 0.34$$

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.12$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -1.03$$

$$|t_{ord}| = 1.03$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|--------------|---------|----------|------|--------------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | (y-i) ² |
| | | | i | Y | |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 76714.00 |

| EM4 | | | | | |
|-------|--------------|---------|----------|------|--------------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | (y-i) ² |
| | | | i | Y | |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 76002.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.05$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -0.42$$

$$|t_{ord}| = 0.42$$

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.04$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -0.34$$

$$|t_{ord}| = 0.34$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|--------------|---------|----------|------|--------------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | (y-i) ² |
| | | | i | Y | |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 77728.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.06$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -0.54$$

$$|t_{ord}| = 0.54$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$|t_{ord}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

graus de liberdade= 74.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 1.99$$

Figura A.40 Cálculo do teste #19 Ordenação aplicado a série semestral, Ps2, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

| EM1 | | | | | |
|-------|-------------|------------------------|-----------------|--|--------------------|
| Ano | Pt1 (mm) | x _i (mm) | Nº ordem i Y | | (y-i) ² |
| 76.00 | | | | | Soma 68138.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = 0.07$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = 0.59$$

$$|t_{ord}| = 0.59$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|-----------------|------------------------|-----------------|--|--------------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | x _i (mm) | Nº ordem i Y | | (y-i) ² |
| 76.00 | | | | | Soma 80852.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.11$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -0.91$$

$$|t_{ord}| = 0.91$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|-----------------|------------------------|-----------------|--|--------------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | x _i (mm) | Nº ordem i Y | | (y-i) ² |
| 76.00 | | | | | Soma 72364.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = 0.01$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = 0.09$$

$$|t_{ord}| = 0.09$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|-----------------|------------------------|-----------------|--|--------------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | x _i (mm) | Nº ordem i Y | | (y-i) ² |
| 76.00 | | | | | Soma 77148.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.05$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -0.47$$

$$|t_{ord}| = 0.47$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|-----------------|------------------------|-----------------|--|--------------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | x _i (mm) | Nº ordem i Y | | (y-i) ² |
| 76.00 | | | | | Soma 76152.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.04$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -0.35$$

$$|t_{ord}| = 0.35$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$|t_{ord}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

graus de liberdade= 74.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 1.99$$

Figura A.41 Cálculo do teste #19 Ordenação aplicado a série trimestral, Pt1, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

| EM1 | | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | Y | |
| | | | | Soma | 94596.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.29$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -2.64$$

$$|t_{ord}| = 2.64$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | Y | |
| | | | | Soma | 92078.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.26$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -2.30$$

$$|t_{ord}| = 2.30$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | Y | |
| | | | | Soma | 95904.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.31$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -2.82$$

$$|t_{ord}| = 2.82$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|------|-----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | Y | |
| | | | | Soma | 102292.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.40$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -3.74$$

$$|t_{ord}| = 3.74$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|--------------|---------|------------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | Y | |
| | | | | Soma | 94248.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.29$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = -2.59$$

$$|t_{ord}| = 2.59$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$|t_{ord}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

graus de liberdade= 74.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 1.99$$

Figura A.42 Cálculo do teste #19 Ordenação aplicado a série trimestral, Pt2, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄, EM₅.

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

| EM1 | | | | | |
|-----|-----------------|------------|----------|-------------|-----------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | (y-i)^2 |
| | | | i | Y | |
| | | | | Soma | 82760.00 |

| EM2 | | | | | |
|-----|-----------------|------------|----------|-------------|-----------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | (y-i)^2 |
| | | | i | Y | |
| | | | | Soma | 89310.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.13$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{\frac{1}{2}} = -1.14$$

$$|t_{ord}| = 1.14$$

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.22$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{\frac{1}{2}} = -1.95$$

$$|t_{ord}| = 1.95$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-----|-----------------|------------|----------|-------------|-----------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | (y-i)^2 |
| | | | i | Y | |
| | | | | Soma | 80454.00 |

| EM4 | | | | | |
|-----|-----------------|------------|----------|-------------|-----------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | (y-i)^2 |
| | | | i | Y | |
| | | | | Soma | 77878.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.10$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{\frac{1}{2}} = -0.86$$

$$|t_{ord}| = 0.86$$

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.06$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{\frac{1}{2}} = -0.56$$

$$|t_{ord}| = 0.56$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-----|-----------------|------------|----------|-------------|-----------------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | (y-i)^2 |
| | | | i | Y | |
| | | | | Soma | 81686.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.12$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{\frac{1}{2}} = -1.01$$

$$|t_{ord}| = 1.01$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$|t_{ord}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

Nível de significância = 0.05

$$1 - \frac{\alpha}{2} = 0.98$$

graus de liberdade = 74.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 1.99$$

Figura A.43 Cálculo do teste ##19 Ordenação aplicado a série trimestral, Pt3, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

APLICAÇÃO À PRECIPITAÇÃO A DIFERENTES ESCALAS TEMPORAIS

| EM1 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|---------------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 62566.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = 0.14$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = 1.26$$

$$|t_{ord}| = 1.26$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|---------------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 59586.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = 0.19$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = 1.62$$

$$|t_{ord}| = 1.62$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|---------------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 64176.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = 0.12$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = 1.06$$

$$|t_{ord}| = 1.06$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|---------------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 65575.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = 0.10$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = 0.90$$

$$|t_{ord}| = 0.90$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|---------------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem i | Y | (y-i)^2 |
| 76.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 63344.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = 0.13$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{1/2} = 1.16$$

$$|t_{ord}| = 1.16$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$|t_{ord}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Nível de significância= 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

graus de liberdade= 74.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 1.99$$

Figura A.44 Cálculo do teste #19 Ordenação aplicado a série trimestral, Pt4, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

DETECÇÃO DE TENDÊNCIAS NO PADRÃO TEMPORAL DE VARIÁVEIS HIDROLÓGICAS

| EM1 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|----------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | (y-i)^2 |
| | | | i | Y | |
| 66.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 50890.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.06$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{\frac{1}{2}} = -0.50$$

$$|t_{ord}| = 0.50$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM2 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|----------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | (y-i)^2 |
| | | | i | Y | |
| 66.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 68694.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.43$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{\frac{1}{2}} = -3.85$$

$$|t_{ord}| = 3.85$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM3 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|----------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | (y-i)^2 |
| | | | i | Y | |
| 66.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 51518.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.08$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{\frac{1}{2}} = -0.61$$

$$|t_{ord}| = 0.61$$

Hipótese de homogeneidade não rejeitada

| EM4 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|----------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | (y-i)^2 |
| | | | i | Y | |
| 66.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 60348.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.26$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{\frac{1}{2}} = -2.15$$

$$|t_{ord}| = 2.15$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

| EM5 | | | | | |
|-------|-----------------|------------|----------|------|----------|
| Ano | P a, Xi (mm) | xi (mm) | Nº ordem | | (y-i)^2 |
| | | | i | Y | |
| 66.00 | | | | | |
| | | | | Soma | 60682.00 |

$$r_{ord} = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^N (y_i - i)^2}{N^3 - N} = -0.27$$

$$t_{ord} = r_{ord} \left[\frac{N-2}{1-r_{ord}^2} \right]^{\frac{1}{2}} = -2.21$$

$$|t_{ord}| = 2.21$$

Hipótese de homogeneidade rejeitada

Hipótese de homogeneidade rejeitada

$$|t_{ord}| > t_{(1-\alpha/2)}$$

Nível de significância = 0.05

$$1 - \alpha/2 = 0.98$$

graus de liberdade = 64.00

$$t_{(1-\alpha/2)} = 2.00$$

Figura A.45 Cálculo do teste ##19 Ordenação aplicado a série de máximos, Pdma, nos postos EM₁, EM₂, EM₃, EM₄ e EM₅.

