



Tendências de séries de precipitação total mensal para localidades do Rio Grande do Sul

SILVA, G.M.¹, TEIXEIRA-GANDRA, C.F.A.², DAMÉ, R.C.F.², KLUMB, G.B.³, VEBER, P.M.³

¹Geógrafa, Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água, UFPel/Pelotas – RS, Fone: (53) 3921-1433, giselesilva@cavg.ifsul.edu.br

²Eng^o. Agrícola, Prof. Associada, Centro de Engenharias, UFPel/Pelotas – RS, cfteixeir@ig.com.br, ritah2o@hotmail.com.

³Acadêmico do Curso de Eng^o. Agrícola, Centro de Engenharias, UFPel/Pelotas – RS, gustavo19klumb@hotmail.com, patrick.veber@hotmail.com

Palavras-chave: alteração climática, análise de independência, teste não paramétrico

Resumo

Evidências científicas sobre as alterações climáticas em nível mundial vêm despertando interesses crescentes na comunidade científica em geral. A importância na detecção das referidas alterações reside no fato de que uma vez detectada é possível o levantamento da situação, objetivando dar um panorama do comportamento hídrico da região. O presente trabalho teve como objetivo identificar a presença ou ausência de tendência nas séries de precipitação total mensal em 40 estações pluviométricas, localizadas nas sete mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul, totalizando para cada estação, 42 anos (1961-2002), obtidas do banco de dados da Agência Nacional de Águas. Inicialmente foi realizada a verificação da independência das séries temporais por meio do teste de autocorrelação serial e após a detecção da existência de tendência monotônica e pontos de mudança, a partir dos testes não paramétricos de Mann-Kendall e Mann-Whitney. Das 40 estações analisadas, apenas 6 foram consideradas independentes e destas a localidade de Pelotas apresentou alteração de tendência quando da utilização do teste não paramétrico de Mann-Whitney, que utiliza séries subdivididas, comparativamente ao teste de Mann-Kendall, que utiliza a série completa, evidenciando que o mesmo é menos robusto.

Analysis of precipitation series of total monthly trend for Rio Grande do Sul

Key words: climate change, independent analysis, non parametric test

Abstract

Scientific evidence on climate change at the global level have attracted growing interest in the scientific community. The importance of detecting these changes lies in the fact that once detected can survey the situation, aiming to give an overview of the water behavior in the region. This work had the primary goal, identify the presence or absence of trend in monthly precipitation series in 40 rain stations located in the seven mesoregions of Rio Grande do Sul state, totaling 42 years (1961-2002), obtained of the Agência Nacional de Águas. Initially it was performed to verify the independence of the time series through the serial autocorrelation test and after the detection of the existence of monotonic trend and change points from the non parametric Mann-Kendall and Mann-Whitney. Of the 40 stations analyzed, only six were found to be independent and these the town of Pelotas showed a change trend when using the non parametric Mann-Whitney test, which uses split series, compared with the Mann-Kendall test, which uses the full range.

1. INTRODUÇÃO

Estudos sobre a climatologia de um local ou região tratam de caracterizar o estado médio da atmosfera em um determinado espaço de tempo, com foco nas mudanças antropogênicas, ou seja, a influência das atividades humanas sobre o meio ambiente. Tais mudanças têm sido alvo de vários estudos sobre aquecimento global, mudanças climáticas e cenários futuros (ALCÂNTARA et al., 2012; VENKATARAMAN et al., 2012). Ribeiro et al. (2014) definem a tendência climática como uma alteração suave do clima, com acréscimo ou decréscimo nos valores médios das variáveis analisadas, no período de registro. Assim, os impactos causados pelas alterações climáticas e ações antropogênicas na bacia hidrográfica em estudo podem ocasionar erros nos projetos do sistema hidráulico do local (TEIXEIRA et al., 2011).

Silva et al. (2010) analisando séries temporais de precipitação de todo o Brasil para o período de 1961 a 2008 encontraram padrões diferenciados e muito regionalizados nas tendências de aumento e diminuição das precipitações. Em termos anuais, a faixa leste da região Sul do Brasil destaca-se como área com tendências positivas significativas, desde o centro do Rio Grande do Sul até o Paraná. Segundo Minuzzi e Caramori (2011), desde meados do século XX, o estado do Paraná vem apresentando uma tendência de aumento no volume pluviométrico, principalmente nos meses de verão e de primavera. No verão, o total de chuva teve um acréscimo de 17 a 37 mm por década, enquanto na primavera esta tendência foi de 16 a 42 mm, sendo que algumas estações hidrológicas apresentaram esta tendência significativa em ambos os períodos sazonais.

Damé et al. (2013) objetivaram identificar a presença ou ausência de tendência nas séries de precipitação total anual da bacia hidrográfica da lagoa Mirim/RS, utilizando os dados de precipitação pertencentes a 14 estações climatológicas. Foram utilizados os testes não paramétricos de Mann-Kendall e Mann-Whitney, o teste “t” de Student para duas amostras de dados não pareados (paramétrico), bem como a técnica da média progressiva. Os autores concluíram que apenas a localidade de Pelotas apresentou alteração na tendência da série de precipitação no período de 1953

a 2007.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo identificar a presença ou ausência de tendência nas séries de precipitação total mensal em 40 estações pluviiais, localizadas nas sete mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul, totalizando para cada estação, 42 anos (1961-2002).

2. MATERIAL E MÉTODOS

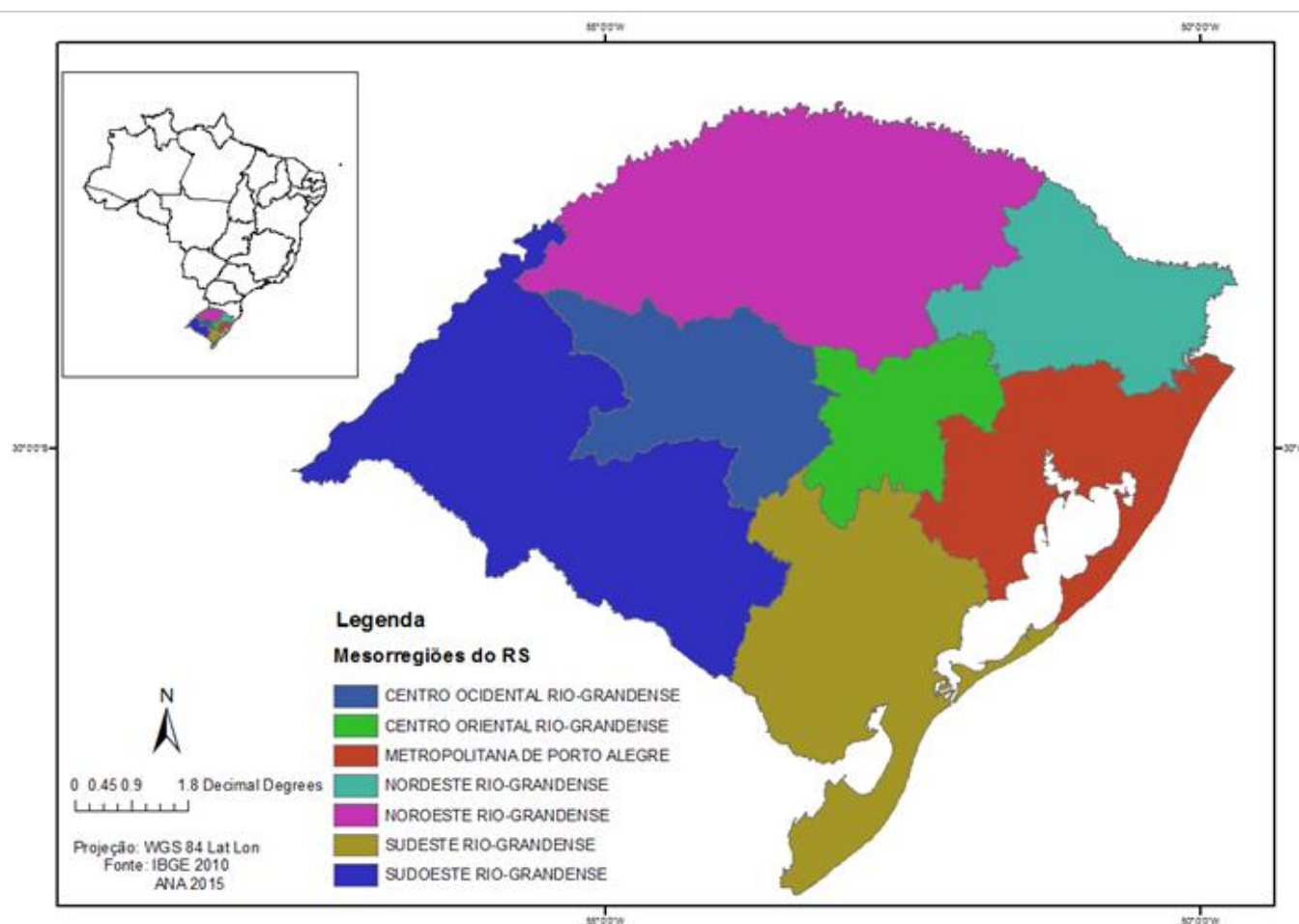
2.1 Caracterização da região de estudo e clima

O estado do Rio Grande do Sul ocupa uma área de aproximadamente 282.184 km² e localiza-se entre as latitudes 27°05' S e 33°45' S e as longitudes 49°43' O e 57°39' O. Segundo a classificação de Köppen, o estado se enquadra na zona fundamental temperada ou “C”, isto é, com temperatura média do mês mais frio próxima a 3°C, e no tipo fundamental “Cf”, clima temperado úmido, com chuvas distribuídas por todo ano. Como uma subdivisão do tipo fundamental “Cf”, o estado costuma ser classificado em duas variedades específicas: clima subtropical ou virgiano, “Cfa”, cuja temperatura do mês mais quente é superior a 22°C, e a do mês mais frio oscila entre 3°C e 18°C (ALVARES et al., 2013). A precipitação pluvial anual média é da ordem de 1.540 mm, sendo superior a 1.500 mm na metade norte e inferior a este na metade sul (BERLATO et al., 2005).

2.2 Levantamento dos dados

Foram utilizadas 40 estações pluviométricas distribuídas nas sete mesorregiões do estado (IBGE, 2015) (Figura 1), obtidas a partir do banco de dados da Agência Nacional de Águas (ANA, 2013), selecionando-as em função da existência de um período comum de dados e períodos sem falhas. Na Tabela 1 encontra-se a caracterização das estações pluviiais, quanto a mesorregião, número e nome da estação, latitude, longitude e altitude.

Figura 1. Divisão do estado do Rio Grande do Sul em mesorregiões



—Tabela 1. Caracterização das 40 estações de precipitação localizadas nas sete mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul

Mesorregião	Estação	Nome	Latitude	Longitude	Altitude (m)
Centro Ocidental	2953017	Santa Maria	29°43'27"	53°43'12"	95
	2953011	Júlio de Castilhos	29°13'00"	53°40'00"	516
	2954011	Santiago	29°11'00"	54°52'00"	426
Centro Oriental	2955012	Santa Cruz do Sul	29°43'00"	56°26'00"	53
	3052002	Cachoeira do Sul	30°02'00"	52°53'00"	73
	2951030	Taquari	29°48'00"	51°49'00"	76
Metropolitana	2950021	Osório	29°53'00"	56°16'00"	10
	3051011	Porto Alegre	30°03'13"	51°10'24"	47
	3051013	Tapes	30°40'00"	51°24'00"	5
	2949002	Torres	29°20'41"	49°43'41"	31
Nordeste	2951003	Bento Gonçalves	29°09'00"	51°31'00"	640
	2851011	Guaporé	28°55'00"	51°54'00"	471
	2951008	Caxias do Sul	29°11'39"	51°11'09"	760
	2850011	Vacaria	28°31'00"	50°57'00"	1050
	2951013	Farroupilha	29°13'00"	51°19'00"	750
	2851042	Veranópolis	28°56'14"	51°33'11"	705
	2850001	Bom Jesus	28°40'07"	50°26'31"	1048

Continua...

	2851014	Lagoa Vermelha	28°13'19"	51°30'45"	842
	2950032	S. Francisco de Paula	29°20'00"	50°31'00"	922
Noroeste	2753005	Palmeira das Missões	27°53'00"	53°26'00"	634
	2835005	Cruz Alta	28°37'28"	53°36'12"	432
	2853025	Ijuí	28°23'17"	53°54'50"	448
	2754005	Santa Rosa	27°51'00"	54°25'00"	360
	2852020	Passo Fundo	28°13'33"	52°24'12"	684
	2852045	Soledade	28°50'00"	52°26'00"	720
	2854007	Santo Ângelo	28°18'00"	54°16'00"	289
	2751005	Marcelino Ramos	27°27'00"	51°55'00"	414
	2854011	São Luiz Gonzaga	28°24'00"	54°58'00"	245
	2753003	Iraí	27°11'20"	53°15'12"	247
Sudeste	3053002	Caçapava do Sul	30°30'00"	53°29'00"	450
	3152014	Pelotas	31°45'00"	52°21'00"	13
	3252020	Rio Grande	32°04'44"	52°10'00"	3
	3353007	Sta Vitória do Palmar	33°31'57"	53°20'58"	24
	3052005	Encruzilhada do Sul	30°32'37"	52°31'25"	428
Sudoeste	3053002	Alegrete	29°47'00"	55°46'00"	121
	3055001	S. do Livramento	30°53'00"	55°32'00"	328
	3054011	São Gabriel	30°20'00"	54°19'00"	124
	3154001	Bagé	31°18'17"	54°07'11"	230
	2957001	Uruguaiana	29°45'00"	57°05'00"	62
	2856005	São Borja	28°39'44"	56°00'44"	83

2.3 Análise de tendência

Após a identificação visual do comportamento de tendência foram aplicados os testes não-paramétricos de Mann-Kendall (existência de tendência monotônica) e de Mann-Whitney (pontos de mudança) para aceitar ou rejeitar a hipótese de nulidade, H_0 , que refere-se a não existência de alteração de tendência na população de onde foi retirada a amostra dos dados, enquanto que a hipótese alternativa, H_1 , refere-se a existência de tendência nos registros.

Para testar as hipóteses de tendência de longo prazo e a dos passos de mudança, as metodologias empregadas fundamentaram-se em: (a) verificação da existência ou não de tendência monotônica e; (b) detecção dos pontos de mudança, caso estas ocorram.

A identificação do período em que as séries deveriam ser subdivididas fundamentou-se na observação visual do comportamento da média móvel com retardo (k) igual a 10, em relação a média dos valores totais anuais precipitados.

Para a verificação da existência ou não de tendência

monotônica foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Kendall (XU et al., 2003), sendo a estatística do teste dada pela Eq. 1:

$$Z_c = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}}, & \dots \dots \dots S > 0 \\ 0, & \dots \dots \dots 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}}, & \dots \dots \dots S < 0 \end{cases} \quad (1)$$

em que,

Z_c – estatística do teste;

S – estatística do teste que segue a distribuição normal, cuja média $E(.)$ e variância $\text{var}(.)$, representados matematicamente pelas Eqs. 3, 4 e 5, respectivamente.

$$E(S) = 0 \quad (2)$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n \text{sgn}(x_k - x_i) \quad (3)$$

$$\text{var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{8} \quad (4)$$

em que,

x_k e x_i - valores contidos na amostra com ordem k e i , respectivamente;

$\text{sgn}(\theta)$ - igual a 1, 0, e -1, se $\theta(x_k \text{ e } x_i)$ for maior, igual ou menor do que zero, respectivamente;

n - tamanho da amostra.

A hipótese de nulidade é aceita se $|Z_c| \leq Z_{1-\alpha/2}$, em que $Z_{1-\alpha/2}$ é o quartil da distribuição normal padrão correspondente ao nível α (0,05) de probabilidade, usado para a aplicação do teste.

Para todas as séries de precipitação consideradas independentes foram construídos gráficos com o propósito de detectar visualmente o ponto em que houve a intersecção da variável em relação à média móvel com lag 10, correspondente a localização do ponto aproximado de mudança de tendência. Na aplicação do teste não paramétrico de Mann-Whitney (CHEN et al., 2007) deve-se seccionar a série de dados $X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}, x_n)$, de tal forma que $Y = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n_1})$ e $Z = (x_{n+1}, x_{n+2}, x_{n+3}, \dots, x_{n_1+n_2})$. A estatística do teste é dada pela Eq. 5. A hipótese de nulidade, H_0 , é aceita se $|Z_c| \leq Z_{1-\alpha/2}$, onde $Z_{1-\alpha/2}$ é o quartil da distribuição normal padrão correspondente ao nível α (0,05) de probabilidade, usado para a aplicação do teste. Todas as análises de tendência, incluindo a de independência foram realizadas utilizando planilhas Excel.

$$Z_c = \frac{\sum_{t=1}^{n_1} r(x_t) - n_1(n_1 + n_2 + 1) / 2}{[n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1) / 2]^{1/2}} \quad (5)$$

em que,

$r(x_t)$ - ordem das observações;

n_1 e n_2 - número de elementos das sub-amostras X e Y , respectivamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estatísticas descritivas das 40 estações analisadas

Na Tabela 2 são apresentados os valores das estatísticas descritivas, desvio padrão, coeficiente de variação, coeficiente de assimetria, máximo e mínimo de todas as séries de precipitação analisadas, para as sete mesorregiões do Estado do Rio Grande do Sul, no período de 1961 a 2002. A amplitude dos valores do

coeficiente de variação foram de 0,38 a 0,70, para as séries de precipitação total mensal, para as localidades de Soledade (mesorregião Noroeste) e Uruguaiana (mesorregião Sudoeste), respectivamente, o que indica elevada dispersão dos dados. Gomes et al. (2015) analisaram os dados médios mensais de precipitação de 102 estações meteorológicas distribuídas espacialmente no estado da Paraíba, no período de 1962 a 2001 e encontraram valores de coeficiente de variação entre 0,31 e 1,34, que os fizeram concluir que as chuvas mensais possuem alta dispersão, visto que segundo Oliveira (1999), valores de coeficiente de variação maiores do que 0,20 indicam elevada dispersão dos dados. Comparando-se os valores de coeficiente de assimetria observa-se que somente a estação de Tapes (mesorregião Metropolitana) é simétrica ($Ca = 1,00$). Em contrapartida, para as demais localidades, todos os dados exibem assimetria positiva, cujos valores de Ca variam de 0,63 (Soledade) a 2,89 (São Francisco de Paula), caracterizando a não ocorrência da normalidade de distribuição de frequência nos dados ($Ca = 0$) (QUADROS et al., 2011).

3.2 Caracterização do regime pluvial das sete mesorregiões

Observa-se na Figura 2 que as médias dos valores de precipitação das estações, nas diferentes mesorregiões não apresentaram uma característica de regime pluviométrico bem definido, ou seja, não há como definir com clareza as estações chuvosas e secas, evidenciando que na região sul, a distribuição da precipitação média mensal mostra-se regular, oscilando entre 115,28 e 153,36 mm, para os meses de novembro e setembro, respectivamente.

Blain et al. (2009) avaliaram a variabilidade amostral dos parâmetros da distribuição Gama relativos a séries mensais de precipitação pluvial de apenas duas regiões (Campinas-SP e Pelotas-RS), para um maior entendimento do tema variações/mudanças climáticas. Os autores verificaram que ao contrário do observado na região de Campinas-SP, que possui uma estação seca definida, de maio a agosto, na região de Pelotas-RS, as chuvas são distribuídas de forma semelhante ao longo do ano.

Tabela 2. Estatísticas descritivas dos valores mensais de precipitação das 40 estações analisadas, nas sete mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul

Mesorregião	Estação	DP(mm)	CV	Ca	Máx.(mm)	Mín.(mm)
Centro Ocidental	2953017	83,7	0,58	0,84	476,8	0,2
	2953011	76,0	0,57	0,85	489,0	4,0
	2954011	69,7	0,53	1,11	497,2	7,5
Centro Oriental	2955012	61,3	0,49	1,49	556,9	3,1
	3052002	84,1	0,61	1,73	745,3	2,9
	2951030	68,6	0,53	0,65	389,3	0,7
Metropolitana	2950021	80,9	0,59	1,11	474,3	3,5
	3051011	63,8	0,55	0,77	365,6	0,5
	3051013	60,1	0,54	1,00	393,3	1,4
	2949002	73,2	0,60	1,12	416,8	4,7
Nordeste	2951003	74,3	0,52	0,71	461,5	8,3
	2851011	78,0	0,52	1,03	565,0	2,9
	2951008	75,5	0,50	0,77	449,7	8,2
	2850011	66,4	0,52	1,16	532,9	0,0
	2951013	72,3	0,51	0,82	438,6	5,5
	2851042	75,6	0,55	1,01	446,8	5,6
	2850001	79,2	0,55	1,39	607,1	9,6
	2851014	73,6	0,51	0,94	483,0	1,6
	2950032	84,1	0,44	2,89	915,0	36,4
	Noroeste	2753005	77,8	0,51	0,88	504,0
2835005		89,1	0,59	1,14	617,6	10,2
2853025		83,8	0,58	1,09	523,9	6,0
2754005		85,9	0,59	1,16	615,7	6,6
2852020		86,8	0,57	1,01	550,4	8,0
2852045		62,3	0,38	0,63	425,1	12,3
2854007		69,7	0,53	1,11	497,2	7,5
2751005		61,7	0,42	1,27	494,1	11,5
2854011		91,9	0,58	0,86	538,3	7,1
2753003		80,9	0,53	0,85	518,3	6,9
Sudeste	3053002	76,3	0,51	1,41	608,7	17,5
	3152014	71,9	0,62	1,31	510,0	3,7
	3252020	67,6	0,65	1,62	521,8	3,6
	3353007	67,7	0,65	1,57	473,3	0,3
	3052005	79,2	0,61	1,30	556,4	1,1
Sudoeste	3053002	80,1	0,60	1,12	517,1	2,7
	3055001	75,5	0,61	1,31	430,4	4,8
	3054011	72,7	0,60	1,12	452,6	0,7
	3154001	84,0	0,66	1,37	532,0	1,1
	2957001	91,3	0,70	1,15	528,1	1,5
	2856005	84,2	0,62	1,24	529,2	4,0

3.3 Análise da independência

Na Tabela 4 são apresentados os valores do coeficiente de autocorrelação de ordem $k = 1$, que mostram que das 40 séries temporais de precipitação analisadas, 6 são consideradas ruído branco, ou seja, cada valor da série tem média zero, variância constante e não apresenta correlação serial, visto que todos os coeficientes de autocorrelação estão dentro

do intervalo de confiança, $LI = -0,090$ e $LS = 0,090$ (LUCAS et al., 2009). Como os valores das séries temporais de precipitação analisadas não apresentaram autocorrelação serial significativa, os 6 municípios (Vacaria, Ijuí, Santa Rosa, Iraí, Pelotas e Santana do Livramento) são considerados independentes e os testes estatísticos de tendência podem ser aplicados (ULIANA et al., 2014).

Figura 2. Precipitação média mensal das estações que compõem as diferentes mesorregiões do estado do Rio Grande do Sul, no período de 1961-2002

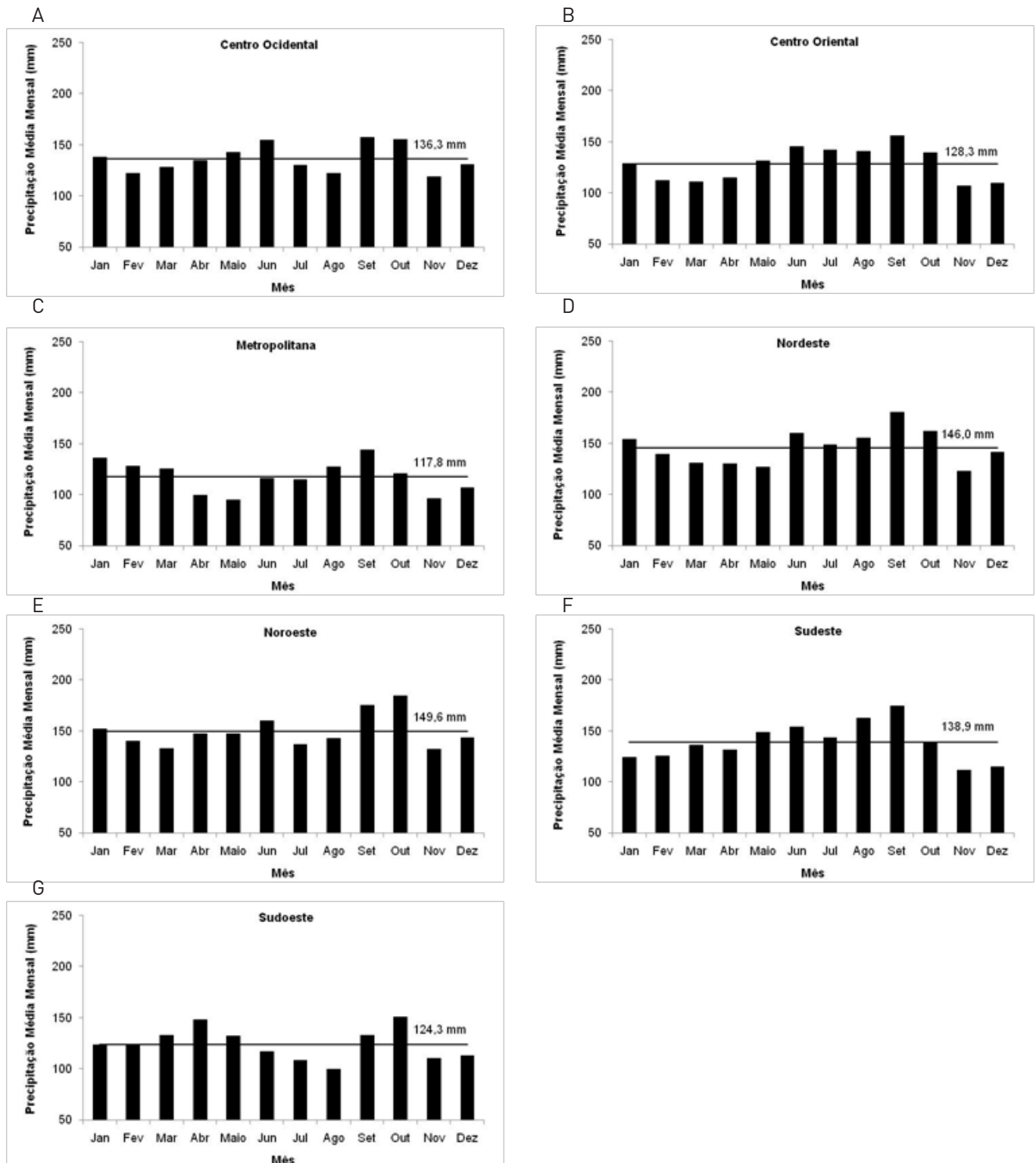


Tabela 3. Valores do coeficiente de autocorrelação de ordem $k = 1$, para as séries de precipitação total mensal que compõem as mesorregiões do estado do RS

Mesorregião	Estação	Nome	r_k^*
Centro Ocidental	2953017	Santa Maria	0,123
	2953011	Júlio de Castilhos	0,164
	2954011	Santiago	0,188
Centro Oriental	2955012	Santa Cruz do Sul	0,155
	3052002	Cachoeira do Sul	0,299
	2951030	Taquari	0,139
Metropolitana	2950021	Osório	0,131
	3051011	Porto Alegre	0,142
	3051013	Tapes	0,119
	2949002	Torres	0,159
Nordeste	2951003	Bento Gonçalves	0,142
	2851011	Guaporé	0,186
	2951008	Caxias do Sul	0,150
	2850011	Vacaria	0,085
	2951013	Farroupilha	0,192
	2851042	Veranópolis	0,141
	2850001	Bom Jesus	0,165
	2851014	Lagoa Vermelha	0,160
Noroeste	2950032	S. Francisco de Paula	0,128
	2753005	Palmeira das Missões	0,117
	2835005	Cruz Alta	0,151
	2853025	Ijuí	0,076
	2754005	Santa Rosa	0,078
	2852020	Passo Fundo	0,115
	2852045	Soledade	0,096
	2854007	Santo Ângelo	0,115
	2751005	Marcelino Ramos	0,132
	2854011	São Luiz Gonzaga	0,104
	2753003	Iraí	0,034
Sudeste	3053002	Caçapava do Sul	0,199
	3152014	Pelotas	0,085
	3252020	Rio Grande	0,113
	3353007	Sta Vitória do Palmar	0,120
Sudoeste	3052005	Encruzilhada do Sul	0,180
	3053002	Alegrete	0,151
	3055001	S. do Livramento	0,084
	3054011	São Gabriel	0,106
	3154001	Bagé	0,121
2957001	Uruguaiana	0,144	
2856005	São Borja	0,162	

*Limite Inferior (LI) = -0,090 Limite Superior (LS) = 0,090

3.4 Análise de tendência

Quando foi aplicado o teste de Mann-Kendall (Tabela 4), que considera o período total da série (1961 a 2002) para as 6 estações consideradas independentes, não houve evidência de alteração de tendência, uma vez que Z_{calc} foi inferior ao valor crítico da estatística (1,96) para o nível de probabilidade de 5%. Dentre os não-paramétricos, o teste de Mann-Kendall considera que na hipótese de estabilidade de uma série temporal, a sucessão de valores ocorre de forma independente, e a distribuição de probabilidade não deve ser alterada ao longo do tempo (série aleatória simples). O teste é considerado significativo quando a estatística do teste está dentro do intervalo de confiança, ou seja, assim a hipótese de nulidade (H_0) deve ser rejeitada sempre que o valor da estatística estiver fora do intervalo de confiança, para um nível α de probabilidade (SILVA et al., 2011; BLAIN, 2011).

Tabela 5. Valores da estatística de Mann-Kendall para as 6 estações analisadas

Estação	Nome	Z_{calc}	$H_0 (Z)$
2853025	Ijuí	0,001	A
2754005	Santa Rosa	-0,002	A
2753003	Iraí	0,000	A
3152014	Pelotas	0,002	A
3055001	S. do Livramento	-0,004	A
2850011	Vacaria	0,002	A

$Z_{Tab} = 1,96$ para 5% de probabilidade

Os resultados gráficos do comportamento das séries de precipitação total mensal, com suas respectivas médias e médias móveis de lag 10, para as seis localidades consideradas independentes, no período de 1961 a 2002 estão apresentados na Figura 3. Além da precipitação, as linhas horizontais indicam as médias, o ajuste linear, bem como o comportamento das médias móveis de lag 10.

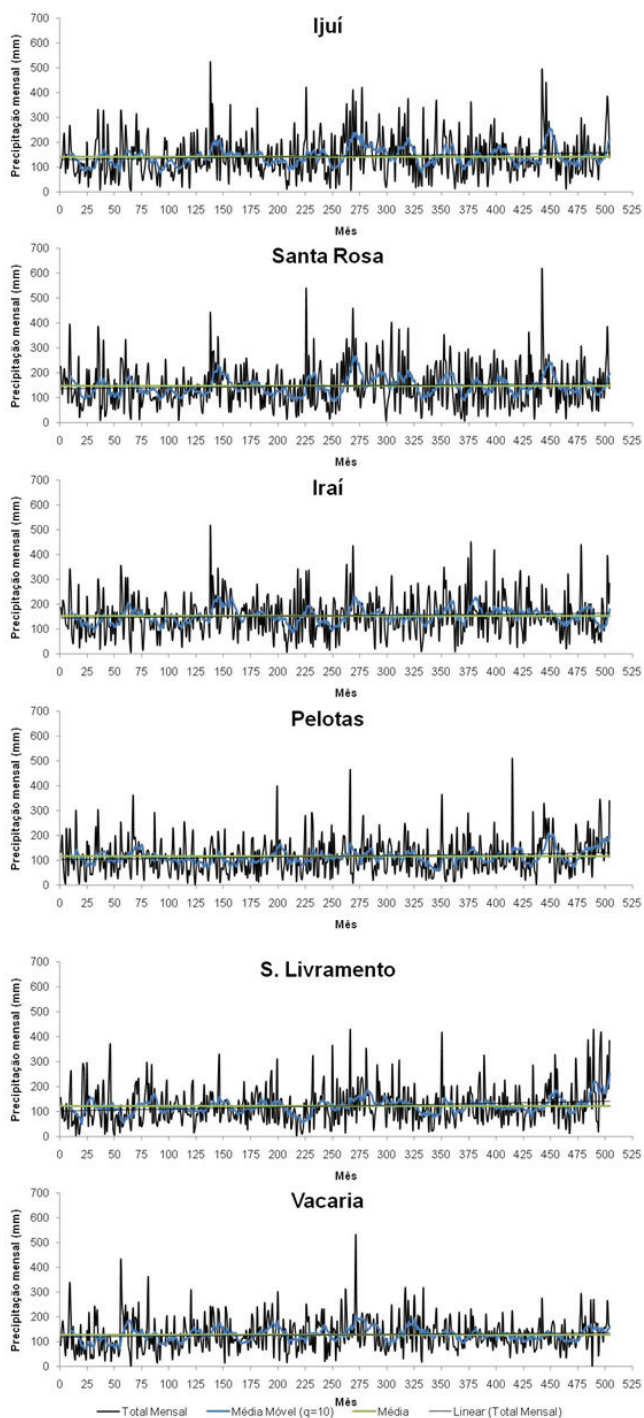


Figura 3. Representação do comportamento das séries de precipitação total mensal das seis localidades, com suas respectivas médias, médias móveis de lag 10 e ajuste linear

A Tabela 5 mostra os resultados do teste de Mann-Whitney, bem como a sua interpretação para as seis localidades analisadas. Observa-se que apenas para a localidade de Pelotas, cujo valor de Z_{calc} (2,43) é maior do que o Z_{tab} (1,96) apresenta alteração de tendência, rejeitando-se a hipótese de nulidade (H_0). Os resultados mostraram que a alteração de tendência ocorreu a partir de janeiro de 1988, com aumento nos

valores médios, em que no primeiro período (janeiro de 1961 a dezembro de 1987 – 324 valores) o valor médio foi de 112,0 mm e no segundo período (janeiro de 1988 a dezembro de 2002 – 180 valores), a média foi de 121,0 mm. Com relação às demais, não foi detectada alteração em seu comportamento. Fontolan et al. (2012) identificaram tendências anuais da temperatura e precipitação pluvial de cinco cidades que se situam ao longo do rio Tietê/SP, utilizando análises de regressão linear e os testes não paramétricos de Run, Mann-Kendall e Pettitt, que é um procedimento que utiliza uma versão do teste de Mann-Whitney. Os autores encontraram que apenas a cidade de Araraquara apresentou tendência de decrescimento da precipitação pluvial, confirmado no ano 1983. No caso da localidade em análise é importante ressaltar que o teste de Mann-Whitney, que tem como metodologia particionar a série, detectou alteração na tendência, comparativamente ao teste de Mann-Kendall que utiliza a série completa (504 valores).

Tabela 6. Resultados do teste de Mann-Whitney e interpretação para as seis localidades do estado do Rio Grande do Sul

Localidade	Zcalc	Ztab*	Interpretação
Ijuí	-1,35	±1,96	Aceita H_0
Santa Rosa	-1,11	±1,96	Aceita H_0
Iraí	-0,48	±1,96	Aceita H_0
Pelotas	2,43	±1,96	Rejeita H_0
Santana do Livramento	-1,63	±1,96	Aceita H_0
Vacaria	1,04	±1,96	Aceita H_0

*5% de probabilidade

4. CONCLUSÕES

Das estações consideradas independentes, apenas na localidade de Pelotas, a aplicação do teste de Mann-Whitney, que considerou a subdivisão da série (janeiro de 1961 a dezembro de 1987 e de janeiro de 1988 a dezembro de 2002) detectou alteração de tendência na série mensal total de precipitação. Na referida localidade, houve incremento nos valores totais mensais de precipitação para o período de 1961 a 2002.

5. BIBLIOGRAFIA

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Sistema de informações hidrológicas (HidroWeb). Disponível em: < http://

- hidroweb.ana.gov.br/>. Acesso em 26 abr. 2013.
- ALCÂNTARA, C.R.; FERREIRA, D.V.R.; SILVA, G.J.F.; ALMEIDA, H.A. **Aquecimento Global ou Variabilidade Climática Natural na Microrregião de Juazeiro - BA?** Revista Brasileira de Geografia Física, v.03, p.572-585, 2012.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, G. **Köppen's climate classification map for Brazil.** Meteorologisch e Zeitschrift, p.1-13, 2013.
- BERLATO, M. A.; FARENZEN, H; FONTANA, D. **Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no estado do Rio Grande do Sul.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.40, p.423-432, 2005.
- BLAIN, G.C. **Totais decendiais de precipitação pluvial em Campinas, SP: persistência temporal, periodicidades e tendências climáticas.** Ciência Rural, v.41, p.789-795, 2011.
- BLAIN, G.C.; PICOLI, M.C.A.; LULU, J. **Análises estatísticas das tendências de elevação nas séries anuais de temperatura mínima do ar no Estado de São Paulo.** Bragantia, v.68, p.807-815, 2009.
- CHEN, Y.N.; LI, W.H.; XU, C.C.; HAO, X.M. **Effects of climate change on water resources in Tarim River Basin, Northwest China.** Journal of Environmental Sciences, v.19, p.488-493, 2007.
- DAMÉ, R.C.F.; TEIXEIRA, C.F.A.; BACELAR, L.C.S.; WINKLER, A.S.; SANTOS, J.P. **Monotonic trend and change points in southern Brazil precipitation.** Revista Engenharia Agrícola, v.33, p.258-268, 2013.
- FONTOLAN, M.R.; FERREIRA, D.H.L.; PENNEREIRO, J.C. **Comportamento climático ao longo do rio Tietê: aplicações envolvendo testes estatísticos.** Revista Geonorte, v.1, p.466-475, 2012.
- GOMES, O.M.; SANTOS, C.A.C.; SOUZA, S.S.; PAIVA, W.; OLINDA, R.A. **Análise comparativa da precipitação do estado da Paraíba utilizando modelos de regressão polinomial.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.30, p.47-58, 2015.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Mesorregiões geográficas.** Capturado em 30 jan. 2015. Online. Disponível em <http://mapas.fee.tche.br/wp-content/uploads/2011/11/Mesorregioes.pdf>
- LUCAS, E.W.M.; SOUSA, F.A.S.; SILVA, F.D.S.; LUCIO, P.S. **Modelagem hidrológica determinística e estocástica aplicada à região hidrográfica do Xingu – Pará.** Revista Brasileira de Meteorologia, v.24, p.308-322, 2009.
- MINUZZI, R.B.; CARAMORI, P.H. **Variabilidade climática sazonal e anual da chuva e veranicos no Estado do Paraná.** Revista Ceres, v.58, p.593-602, 2011.
- OLIVEIRA, F.E.M. **Estatística e Probabilidade.** 2. ed. São Paulo: Atlas, ISBN 85-224-2103-X, 221 p. 1999.
- QUADROS, L.E.; QUEIROZ, M.M.F.; VILAS BOAS, M.A. **Distribuição de frequência e temporal de chuvas intensas.** Acta Scientiarum Agronomy, v.33, p.401-410, 2011.
- RIBEIRO, R.E.P.; ÁVILA, P.L.R.; BRITO, J.I.B.; SANTOS, E.G.; SOUSA, L.F. **Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí-Pará.** Revista Brasileira de Geografia Física, v.07, p.798-807, 2014.
- SANTOS, C.O.; SCALON, J.D.; OZAKI, V.A. **A distribuição normal-assimétrica como modelo para produtividade de milho aplicada ao seguro agrícola.** Revista de Economia e Sociologia Rural, v.52, p.725-742, 2014.
- SILVA, F.D.S.; FERREIRA, D.B.; SARMANHO, G.F.; SANTOS, L.S.F.C.; FORTES, L.T.G.; PARENTE, E.G.P. **Tendência de alterações climáticas da precipitação observadas no Brasil de 1961 a 2008 utilizando dados gradeados.** In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010, Belém. **Anais...** Belém: SBMET, 2010. CD Rom.
- SILVA, V.P.R.; PEREIRA, E.R.R.; AZEVEDO, P.V.; SOUSA, F.A.S.; SOUSA, I.F. **Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.15, p.131-138, 2011.
- TEIXEIRA, C.F.A.; DAMÉ, R.C.F.; ROSSKOFF, J.L. **Intensity-duration-frequency ratios obtained from an nual records and partial duration records in the locality of Pelotas -RS, Brazil.** Revista Engenharia Agrícola, v.31, p.687-694, 2011.
- ULIANA, E.M.; SILVA, D.D.; ULIANA, E.M.; RODRIGUES, B.S.; CORRÊDO, L.P. **Análise de tendência em séries históricas de vazão e precipitação: uso de teste estatístico não paramétrico.** Revista Ambiente & Água, v.10, p.82-88, 2015.
- VENKATARAMANA, S.V.; INIYANB, S.; RANKO, G. **A review of climate change, mitigation and adaptation.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v.16, p.878- 897, 2012.
- XU, Z.X.; TAKEUCHIA, K.; ISHIDAIRAA, H. **Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation.** Journal of Hydrology, v.279, p.144-150, 2003.