

Homogeneidade e Estatísticas Descritivas dos Totais Mensais e Anuais de Chuva de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul

Galileo Adeli Buriol, Valduino Estefanel, Alexandre Swarowsky, Rafael Ferraz D'Ávila

Centro Universitário Franciscano – UNIFRA - Santa Maria, RS.

galileo@unifra.br, valduino@unifra.br, alexandre@unifra.br, ferrazdavila@yahoo.com.br

Arno Bernardo Heldwein

Universidade Federal de Santa Maria – UFSM - Santa Maria, RS.

heldwein@ccr.ufsm.br

Recebido: 31/12/05 – revisado: 28/06/06 – aceito: 11/10/06

RESUMO

Determinaram-se os valores médios mensais e anual, a consistência e a frequência dos dados de chuva de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. Foram utilizados os dados diários do período 1912–2004, registrados na estação meteorológica pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), período 1912–2004. Para os meses que não possuíam observações diárias completas as falhas foram preenchidas pelo método de regressão linear simples, utilizando os totais mensais da estação meteorológica da Estação Experimental de Silvicultura da Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária. A consistência da série histórica de dados foi verificada pelo método da Dupla Massa, tomando-se como base de comparação os dados mensais das estações meteorológicas de Cachoeira do Sul, Julio de Castilhos, Santiago e São Gabriel. A distribuição de frequência dos totais mensais e anuais foi representada em forma de gráficos. Constatou-se que os dados do período 1912–2004 são homogêneos; que as médias dos totais mensais oscilaram de 120,2 mm, em novembro, a 159,8 mm, em setembro, evidenciando um regime pluviométrico do tipo isoigro; que os cinco valores anuais mais elevados foram 2953,4 mm, 2691,5 mm, 2485,9 mm, 2434,7 mm e 2399,5 mm, respectivamente em 1941, 2002, 1984, 1940 e 1919 e os cinco menores valores de 640,0 mm, 984,3 mm, 992,3 mm, 1058,2 mm e 1063,9 mm, respectivamente em 1917, 1924, 1962, 1913 e 2004. Verificou-se também que a maior frequência dos totais anuais foi observada na classe de 1500 mm a 2000 mm e a frequência dos valores mensais tem uma distribuição assimétrica positiva, com maior frequência na classe de 50,0 mm a 100 mm ou de 100 mm a 150 mm ou, ainda, de 150 mm a 200 mm, dependendo do mês considerado.

Palavras-chave: frequência; homogeneidade; precipitação pluviométrica; série histórica.

INTRODUÇÃO

A chuva é um dos elementos meteorológicos de maior variabilidade tanto no período de ocorrência como na intensidade. Períodos longos sem chuva acarretam consequências negativas, como deficiência hídrica no solo, redução da vazão nos sistemas de drenagem e abaixamento do nível de água das barragens. Chuvas intensas e/ou vários dias consecutivos com chuva podem provocar inundações, erosão do solo e desmoronamentos de taludes, intensificando o transporte de sedimentos que assoreiam os leitos dos reservatórios d'água e dos rios.

Com o objetivo de minimizar os problemas da seca, geralmente são construídas barragens para represar a água e utilizados sistemas que diminuam as perdas de água por evaporação e pelo escoamento superficial e, para evitar inundações e/ou erosão do solo, são construídos canais de drenagem, terraços e realizada a cobertura vegetal do solo. Na escolha e no dimensionamento das obras para minimizar tanto os problemas causados pela falta como pelo excesso de água das chuvas, é importante quantificar sua duração, intensidade, probabilidade e variação temporal e espacial.

O estudo destas variáveis requer uma série longa de anos com observações e, ainda, que os dados tenham sido obtidos nas mesmas condições,

no mesmo local e horário e também que a estação pluviométrica seja representativa do seu entorno.

Em Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul, as chuvas são registradas desde 1912 na estação meteorológica pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME) do Ministério da Agricultura (INMET). Estes registros constituem uma série histórica de eventos que possibilitam analisar a ocorrência de chuva na região em vários aspectos, segundo o interesse da sua aplicação.

Até o ano de 1967 a estação meteorológica esteve localizada na zona urbana, no centro da cidade (latitude: 29° 41' S, longitude: 53° 48' O e altitude: 138m). Em julho de 1968 foi transferida para o Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM (latitude: 29° 43' S, longitude: 53° 48' O e altitude: 95m), a, aproximadamente, 10 km a leste de onde se encontrava instalada e ali permanece em operação ininterrupta até o momento.

Antes da utilização dos dados meteorológicos de uma série histórica longa como a de Santa Maria, 1912-2004, é imprescindível que estes sejam submetidos a uma análise de consistência, principalmente, em função de que a estação esteve instalada em dois locais distintos. Também é importante estudar as médias e os totais mensais e anual e sua variabilidade e frequência.

Os totais mensais de um período longo de anos para Santa Maria podem ser encontrados em Instituto Riograndense do Arroz (1957), período 1912 – 1957 Companhia Estadual de Energia Elétrica (1960), período 1912 – 1960, os totais mensais médios, considerando diferentes períodos com observações, em Araújo (1930), Machado (1950) e Instituto de Pesquisas Agronômicas (1989) e sua distribuição geográfica decenal, mensal, estacional e/ou anual na região em Araújo (1930), Machado (1950), Companhia Estadual de Energia Elétrica (1960), Moreno (1961), Buriol et al. (1978) e Instituto de Pesquisas Agronômicas (1989). Entretanto, não se tem ainda estudos da consistência da série de dados registrados no local, nem das suas médias e frequência.

Em vista do exposto, com o presente trabalho, objetivou-se avaliar a consistência da série de dados, quantificar os valores médios e totais mensais e anual e determinar as frequências mensais dos totais de chuvas em Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados diários registrados na estação meteorológica de Santa Maria, pertencente ao 8º Distrito de Meteorologia (8º DISME) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), período 1912 – 2004.

Os dados referentes ao período 1912-1960 foram coletados de microfilmes cedidos pelo INMET, de 1961-1967 copiados dos arquivos do 8º DISME, em Porto Alegre e de 1968-2004 dos arquivos da estação meteorológica, em Santa Maria.

Na série histórica, em alguns meses não foram realizadas observações ou foram efetuadas somente em alguns dias (tabela 1). Para os meses que não possuíam observações diárias completas, no período de 1912-1960, utilizaram-se os valores médios mensais já estimados por Companhia Estadual de Energia Elétrica (1960); no período 1961-1968 o preenchimento de falhas foi realizado por meio do método de regressão linear simples (Bertoni & Tucci, 2001), tomando-se os totais mensais da estação meteorológica da Estação Experimental de Silvicultura de Santa Maria, pertencente à Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO). No período 1969 – 2004 não houve falhas.

A análise de consistência dos dados foi realizada utilizando-se o método da Dupla Massa (Nordenson, 1971; Bertoni & Tucci, 2001). Como base de comparação utilizaram-se os dados mensais das estações meteorológicas de Cachoeira do Sul, Julio de Castilhos, Santiago e São Gabriel.

Os totais mensais para cada ano foram obtidos pela soma dos valores diários e as médias mensais ou anual calculadas, respectivamente, somando-se os totais de cada mês e ano do período 1912-2004 e dividindo-se pelo número de meses e anos da série de dados.

Foram organizadas, ainda, tabelas de distribuição de frequência dos totais mensais, com intervalo de classe de 50,0 mm, iniciando com 0,0 mm. Para os totais anuais, o intervalo de classe foi de 500,0 mm, iniciando com 0,0 mm. A partir dos dados das tabelas de distribuição de frequência foram traçados gráficos do tipo polígonos de frequência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 está representada, para cada mês do ano, a relação da soma acumulada das precipitações

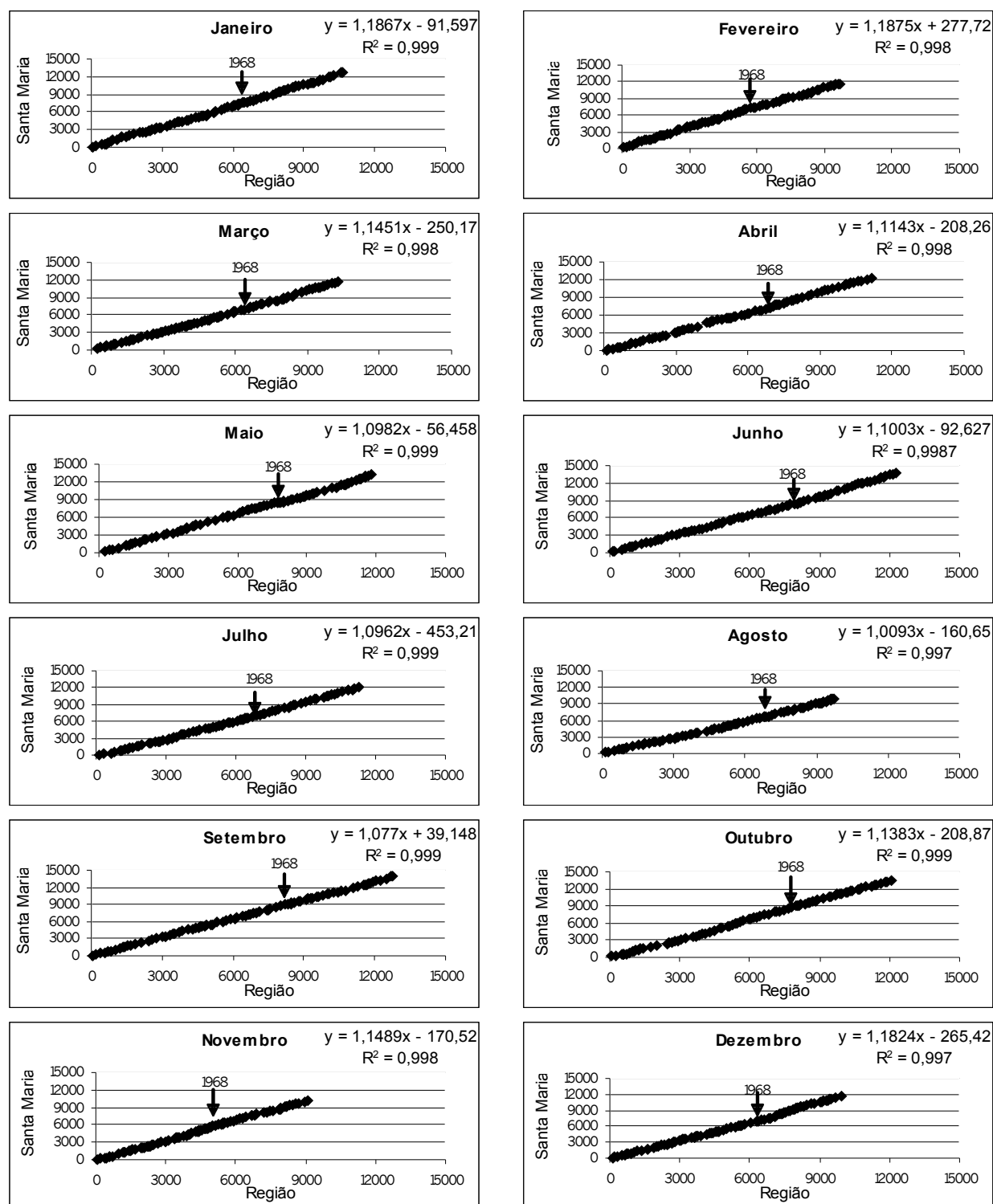


Figura 1 – Precipitações pluviométricas totais mensais acumuladas dos meses de janeiro a dezembro para a estação meteorológica de Santa Maria, nas ordenadas e para as somas acumuladas das médias mensais das precipitações pluviométricas das estações meteorológicas de Cachoeira do Sul, Julio de Castilhos, Santiago e São Gabriel, nas abscissas, período 1912 – 2003. (↓ sinalização do ano da transferência da estação meteorológica da cidade para o Campus da UFSM).

Tabela 1 – Meses da série de anos utilizados em que não foram realizadas observações ou foram efetuadas somente alguns dias do mês na estação meteorológica de Santa Maria, RS.

Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1913	1913	1913	1912	1912	1913	1913	1937	1912	1913	1924	1943
1950	1934	1920	1913	1913	1917	1951	1948	1913	1917	1947	1967
1968	1942	1933	1968	1968	1968	1967	1949	1919	1963	1952	
	1951	1937					1961	1942	1967	1959	
	1968	1951					1962	1951		1967	
		1967						1963			
		1968						1967			

pluviométricas totais mensais de Santa Maria com a soma acumulada das médias das precipitações pluviométricas totais mensais das estações meteorológicas de Cachoeira do Sul, Julio de Castilhos, Santiago e São Gabriel.

Constata-se que os valores da estação meteorológica de Santa Maria são proporcionais àqueles utilizados como base de comparação. Isto indica que os dados são homogêneos. Os valores elevados dos coeficientes de determinação (r^2) entre os totais mensais acumulados de Santa Maria com a média dos totais mensais acumulados das estações de Cachoeira do Sul, Julio de Castilhos, Santiago e São Gabriel, todos superiores a 0,997, também é prova que os dados são homogêneos.

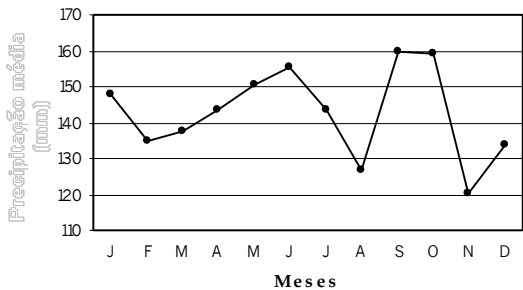


Figura 2 – Totais mensais médios das chuvas Registradas na estação meteorológica de Santa Maria, RS, período 1912-2004.

Importante observar que a transferência da estação meteorológica, em 1968, da cidade para o Campo Experimental do Departamento de Fitotecnia (UFSM), não interferiu na consistência dos dados. Isto ocorreu, possivelmente, em razão da proximidade entre os dois locais e, principalmente, das condições topográficas serem semelhantes, mesmo com uma diferença de altitude de 43 m.

Os totais mensais médios do período 1912-2004, (figura 2), oscilaram de 120,2 mm, em novembro a 159,8 mm, em setembro, evidenciando um regime pluviométrico do tipo isoígro (não existindo um regime de chuvas com uma estação seca definida). A magnitude dos valores médios mensais caracteriza um clima úmido. Estes valores são semelhantes aos obtidos por Araujo (1930), Machado (1950), Companhia Estadual de Energia Elétrica (1960) e Instituto de Pesquisas Agronômicas (1989).

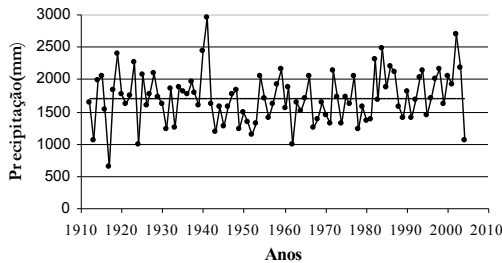


Figura 3 – Totais anuais das chuvas registrados na estação meteorológica de Santa Maria, período 1912-2004. O traço contínuo representa a média dos totais mensais do período.

Na figura 3 tem-se a representação dos totais de chuva de cada ano da série histórica de observações. Por meio de uma análise de tendência secular pelo método dos quadrados mínimos constatou-se não haver tendência linear ($p=0,25$) nem tendência parabólica ($p=0,15$). Isso permite inferir que, para os totais anuais de chuvas a série é estacionária. Os cinco valores mais elevados foram 2953,4 mm, 2691,5 mm, 2485,9 mm, 2434,7 mm e 2399,5 mm, respectivamente nos anos de 1941, 2002, 1984, 1940 e 1919 e os cinco menores valores foram de 640,0 mm, 984,3 mm., 992,3 mm, 1058,2 mm e 1063,9 mm, respectivamente nos anos de 1917, 1924, 1962,

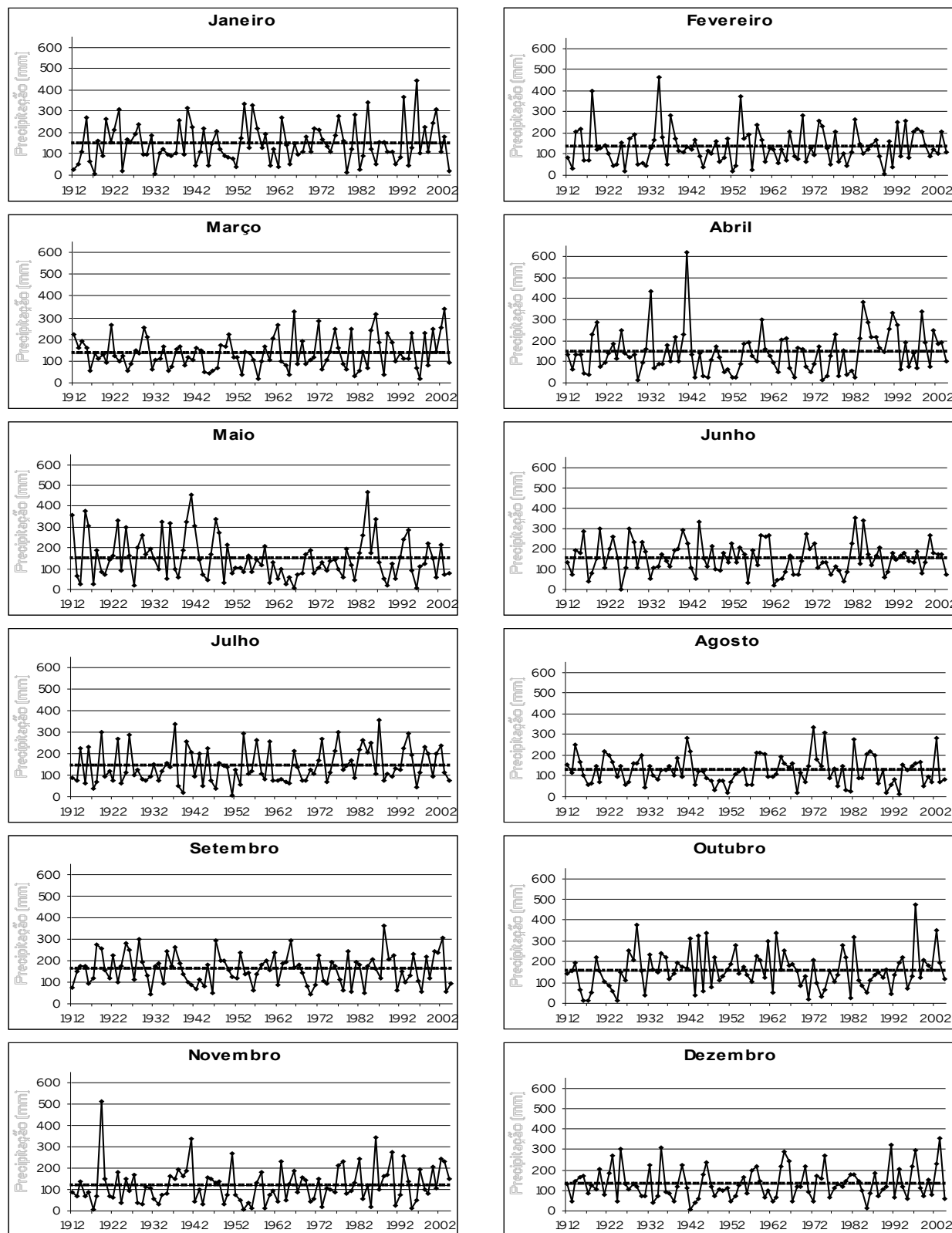


Figura 4 – Totais mensais de chuva para os doze meses do ano, registrados na estação meteorológica de Santa Maria, RS, período 1912-2004. O traço contínuo representa à média dos totais mensais do período.

Tabela 2 – Médias mensais, totais mensais extremos, coeficiente de variação e desvio padrão das chuvas registradas na estação meteorológica de Santa Maria, RS, período 1912-2004.

Mês	Média	Menor valor		Maior valor		Desvio padrão	Coeficiente de Variação
		mm	Ano	mm	Ano		
Janeiro	148,0	0,7	1917	445,7	1996	91,8	62,0
Fevereiro	134,9	0,0	1989	462,0	1934	83,8	62,1
Março	137,3	18,8	1997	342,4	2003	73,9	53,8
Abril	143,4	11,1	1929	615,3	1941	100,0	69,7
Maio	150,5	4,6	1996	471,0	1984	103,8	68,9
Junho	155,4	0,7	1925	351,0	1981	76,9	49,5
Julho	143,4	8,5	1951	358,6	1987	80,8	56,4
Agosto	126,8	13,6	1993	333,1	1972	68,4	54,0
Setembro	159,8	42,0	1970	363,5	1988	71,0	44,4
Outubro	159,1	10,6	1924	476,8	1997	89,9	56,5
Novembro	120,1	5,7	1954	513,6	1919	85,5	71,2
Dezembro	133,7	6,1	1942	357,3	2003	76,1	56,9

1913, 2004. Esses valores e aqueles do desvio padrão (Tabela 2) evidenciam a ocorrência de uma variabilidade significativa dos totais anuais entre anos. Períodos de baixas e de altas precipitações anuais ocorreram dispersos em todo o período da série.

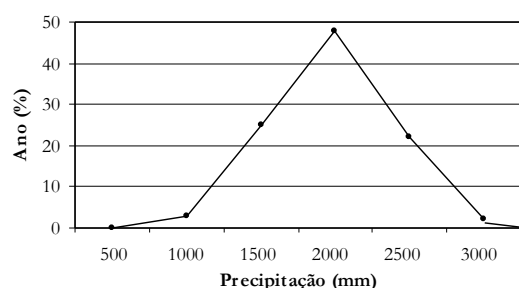


Figura 5 – Frequência dos totais anuais de precipitação da estação meteorológica de Santa Maria, RS.

Observa-se na Figura 3 que, do início das observações até o ano de 1941, a maior frequência dos valores anuais foi acima da média anual (19 anos acima e 11 anos abaixo) e que, no período dos anos de 1941 até o ano de 1981, a maior frequência foi de valores abaixo da média (11 anos acima e 29 anos abaixo da média) e, voltando a ser acima da média após 1981 (14 anos acima e 9 anos abaixo da média).

Estudos realizados recentemente (Moraes et. al. 2001; Silva & Guetter, 2003; Medina & Minotti, 2004; Karthy, 2004) tem evidenciado que isto realmente está ocorrendo na América do Sul. No Estado

do Rio Grande do Sul Fontana & Almeida (2002), utilizando dados do período 1931 – 1960 e 1961 – 1990, constataram que o número médio de dias com chuva e, também os totais anuais de chuva tem aumentado nos últimos anos. Entretanto, para Santa Maria, o teste das interações para uma amostra com base na mediana (Siegel, 1975) mostrou que as seqüências de anos com totais de chuva abaixo e acima da mediana estão distribuídas ao acaso. Os totais mensais para cada ano do período 1912-2004 estão representados na figura 4 e os totais mensais extremos da série de observações, na tabela 2. Observa-se que os maiores desvios, em relação à média, ocorreram com os valores dos totais mensais de chuva superiores a esta (Figura 4). Isto é constatado para todos os meses do ano (Tabela 2). Assim, é muito importante considerar que, em função dos altos valores dos totais mensais acima da média, ao longo da série de observações, o número de meses com ocorrência de totais mensais inferiores a média mensal é mais elevado.

Na tabela 2 tem-se o desvio padrão e o coeficiente de variação dos totais mensais de chuva. Os maiores desvios padrão foram observados nos meses de maio (103,8), abril (100,0) e janeiro (91,8) indicando que estes meses tem maior variabilidade absoluta nos totais de chuva. Agosto (68,4), setembro (71,0) e março (73,9) possuem os menores desvios padrão e, então, menor variabilidade absoluta. O teste F mostrou que os desvios padrão não são homogêneos, ou seja, existe diferença significativa entre eles. Os coeficientes de variação mostram que, com exceção dos meses de setembro e de junho, os

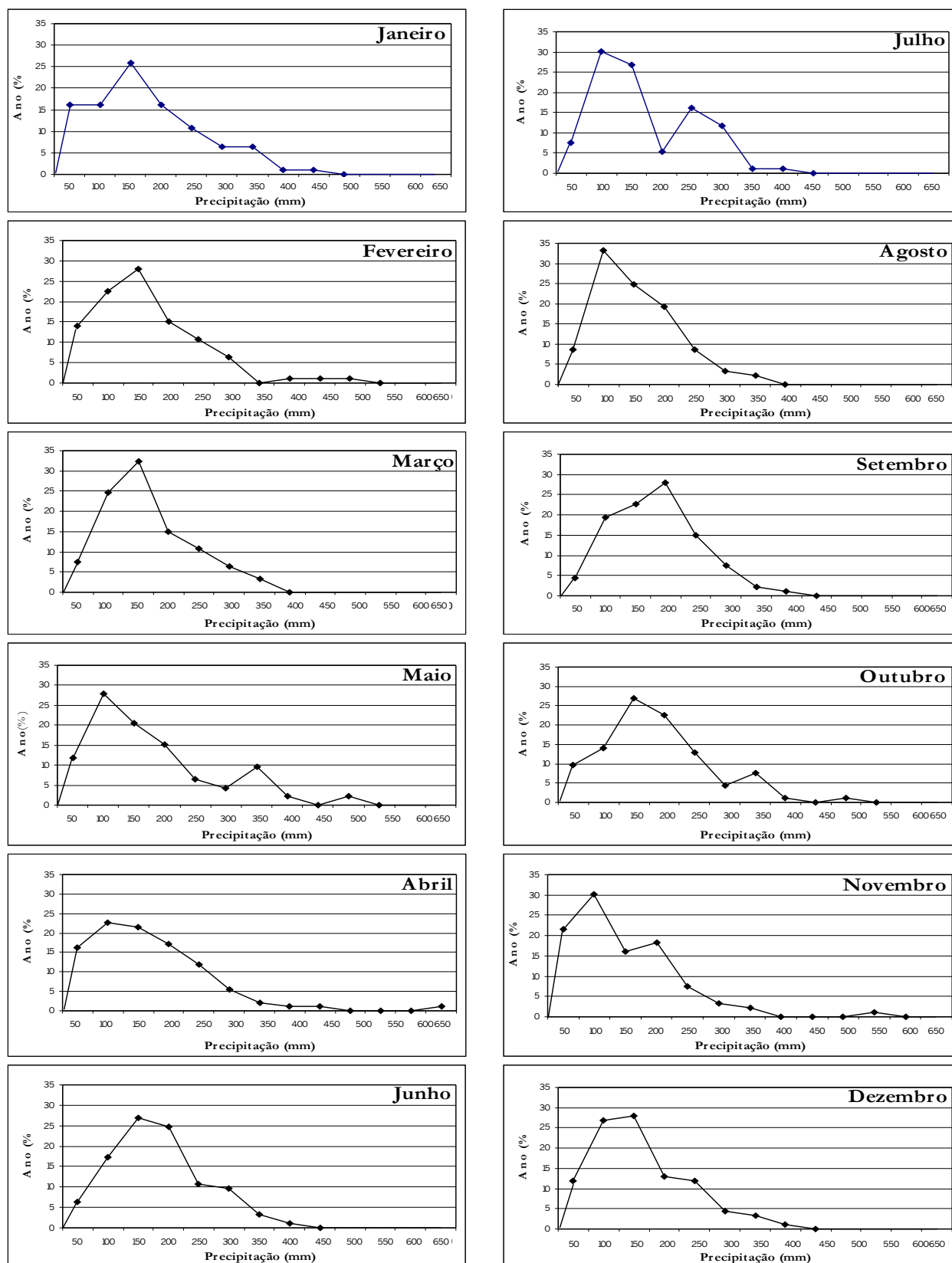


Figura 6 – Polígonos de frequência de classes da precipitação pluviométrica total mensal, dos doze meses do ano, para a estação meteorológica de Santa Maria, RS

desvios padrão são superiores a 50% do valor da média. Os meses com maior coeficiente de variação são novembro (56,9%), abril (69,7%) e maio (68,9%).

Nas Figuras 5 e 6 tem-se a representação dos polígonos de frequência dos totais anuais e mensais de precipitação pluviométrica da série, distribuídos, respectivamente, em classes com intervalos de 500 mm e 50 mm. Verifica-se que os valores anuais apresentam a maior frequência na classe de 1500 mm a 2000 mm (48%). Esses valores têm desvio padrão de 392,3 e o seu coeficiente de variação é de 22,9 %.

Nos valores mensais, observa-se uma distribuição assimétrica positiva. A maior frequência é observada na classe de 50 mm a 100 mm para os meses de abril, maio, julho, agosto e novembro; de 100 mm a 150 mm para os meses de janeiro, fevereiro, março, junho, outubro e dezembro. No mês de setembro a classe mais frequente é de 150 a 200 mm.

Observa-se uma anomalia na precipitação no mês de julho em que a frequência de classe de 150 a 200 mm foi inferior àquela das classes adjacentes, sugerindo a existência de uma distribuição bimodal. Considerando que, meses com precipitação com até 50 mm são meses que no semestre mais quente do ano apresentam deficiências hídricas, observa-se que novembro, janeiro, fevereiro e abril tiveram maior número de anos com precipitação nesse intervalo (22%, 16%, 14% e 17%, respectivamente). Nos três primeiros o período coincide com a época em que as culturas de verão se encontram em estádios que necessitam maiores quantidades de água e, além disso, nesses meses, a temperatura é elevada, o que aumenta a demanda hídrica. Os meses com menor porcentagem de anos com totais de chuvas nesse intervalo, de 0,0 mm a 50 mm, foram setembro (4%) e junho (6%), períodos em que a evaporação não é muito acentuada. Por outro lado, totais mensais acima de 300 mm caracterizam chuvas que podem causar prejuízos. Os meses que tem maior porcentagem de anos nessa situação são: maio (14%), outubro (10%) e janeiro (8%).

CONCLUSÕES

Em função dos resultados obtidos conclui-se que: os totais mensais de chuva registrados no período 1912 – 2004, na estação meteorológica de Santa Maria podem ser considerados homogêneos; a distribuição das médias dos totais mensais, nos doze meses do ano, caracteriza um regime pluviométrico do tipo isoigro; a análise da tendência secular dos

totais anuais indica que a série é estacionária; períodos com altos e baixos valores anuais de chuva ocorrem de forma dispersa; e a frequência dos valores anuais é simétrica e a dos valores mensais é assimétrica positiva.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, L. C. *Memória sobre o clima do Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro: Serviço de Informações do Ministério da Agricultura, 1930. 101 p.
- BERTON, J. C.; TUCCI, C.E.M. Precipitação. In: TUCCI, C.E.M. *Hidrologia: ciência e aplicação*, 2º ed., Porto Alegre: Editora da Universidade, 2001. p.177-241.
- BURIOL, G. A.; ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M. Cartas mensais e anuais das chuvas do Estado do Rio Grande do Sul. *Revista do Centro de Ciências Rurais*, Santa Maria, v. 7, nº 1, p. 55-82, 1977.
- COMPANHIA ESTADUAL DE ENERGIA ELÉTRICA. *Precipitações no Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria de Energia e Comunicações, 1960, 135 p.
- FONTANA, D. C.; ALMEIDA, T. S. de. Climatologia do número de dias com precipitação pluvial no Estado do Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 10, nº 1, p.135-145, 2002.
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. *Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1989. vol. 1 (não paginado).
- INSTITUTO RIOGRANDENSE DO ARROZ. *Precipitação Pluviométrica, dias de chuva e normais em 19 municípios rizícolas do Estado*. Porto Alegre: Instituto Riograndense do Arroz, 1957. 43 p.
- KARTHY, R. A. de M. Evolución de las precipitaciones en Trelevo – Provincia de Chubut – Argentina: 1901-2001. In: X Reunión Argentina y IV Latinoamericana de Agroclimatología. 2004, 13 a 15 de outubro, Mar del Plata, Argentina, CD-ROM
- MACHADO, F. P. *Contribuição ao clima do Rio Grande do Sul*. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 1950. 91 p.
- MEDINA, S. R.; MINOTTI, J. L. El salto climático y su impacto em el comportamiento de las precipitaciones máximas diárias en San Miguel de Tucumán. In: X Reunión Argentina y IV Latinoamericana de Agroclimatología. 2004, 13 a 15 de outubro, Mar del Plata, Argentina, CD-ROM
- MORAIS, A. R. de et. al. Estimativa da precipitação provável em Lavras (MG) através da distribuição Gama. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 9, nº 2, p.305-310, 2001.

- MORENO, J. A. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42 p.
- NORDENSON, T. J. *Preparation de cartes coordonees des precipitations, de l'econlement et de l'evaporation*. Geneve: Organization Meteorologique Mondiale, 1971, 36 p. (Rapport n 6).
- SIEGEL, S. *Estatística não-paramétrica*. São Paulo: MAKRON Books, 1975. 349 p.
- SILVA, M. E. S.; GUETTER, A. K. Mudanças climáticas regionais observadas no Estado do Paraná. *Terra Livre*, São Paulo, v. 19, nº 20, p. 111-126, 2003.

Homogeneity and Descriptive Statistics of Monthly and Annual Rainfall for Santa Maria, RS.

ABSTRACT

In the State of Rio Grande do Sul, accuracy, monthly and annual average values, variation of monthly and annual total and frequency were determined using the Santa Maria rainfall data. Daily data, recorded at the meteorological station of the 8th Meteorological District (8th DISME) of the National Institute of Meteorology (INMET) were used, covering the 1912-2004 period. For the months without observations, the gaps were estimated by a simple linear regression method, using the total monthly rainfall from the meteorological station belonging to the Forestry Experimental Station of the State Foundation for Agricultural Research. The accuracy of the historical data series was evaluated using the Double Mass method, comparing monthly rainfall data from meteorological stations in Cachoeira do Sul, Julio de Castilhos, Santiago and São Gabriel. The frequency distribution of monthly and annual total rainfall is graphically presented. The data from 1912 to 2004 are homogeneous; and the average of total monthly rainfall varies from 120.2 mm in November to 159.8 mm in September, showing evidence of isohygro-type rainfall distribution rates; the five highest values were 2953.4 mm, 2691.5 mm, 2485.9 mm, 2434.7 mm and 2399.5 mm, respectively for 1941, 2002, 1984, 1940 and 1919, and the five lowest values were 640.0 mm, 984.3 mm, 992.3 mm, 1058.2 mm and 1063.9 mm, respectively for the years 1917, 1924, 1962, 1913 and 2004. The higher frequency of annual total rainfall follows in the class of 1500 mm to 2000 mm and the frequency of monthly values was an asymmetrical positive distribution, with a higher frequency in the class of 50 mm to 100 mm or from 100 mm to 150 mm or, also, from 150 mm to 200 mm, depending on the month considered.

Key-words: frequency; homogeneity; rainfall; historical series