

ANÁLISE DOS AUMENTOS RELATIVO E MENSAL DAS CHUVAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Daniel Souza Cardoso¹, Gilberto Barbosa Diniz², João Baptista da Silva³

¹Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia Sul-Rio-grandense, Pelotas – RS, Brasil

danielcardoso@cavg.ifsul.edu.br

²Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS, Brasil

gilberto@ufpel.edu.br

³Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS, Brasil

jbs39@terra.com.br

RESUMO

Considerando que o Estado do Rio Grande do Sul (RS), possui uma economia diretamente dependente dos setores pecuário e agrícola, portanto dependentes da variabilidade de elementos meteorológicos, e que, no RS o elemento hídrico é considerado como fundamental, realizou-se um estudo climatológico dos totais mensais de chuva ao longo de 60 anos (1948/2007), coletados de 31 estações meteorológicas (EMs) bem distribuídas, geograficamente. Os estudos conduzidos para todo o estado RS seguiram a metodologia da organização das diversas localidades gaúchas em regiões homogêneas quanto à variável estudada, aproveitando para isso, aquelas já definidas na literatura [5]. A análise do comportamento da precipitação pluvial média mensal de cada região homogênea, possibilitou comprovar sua variabilidade ao longo do RS, através da comparação de suas médias mensais, em acordo com a literatura. O aumento relativo da tendência ao longo de 60 anos, variou de 2,7 a 13,3% nas seis regiões homogêneas, sendo os maiores percentuais encontrados para as regiões que estão sob o eixo Norte-Sul, onde Marques [5] constatou um forte gradiente da variável.

Palavras-chave: Precipitação pluvial, normalidade, homogeneidade de variâncias, regressão linear.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura no Brasil, apresenta variações de sua produção, em relação à variação de determinados elementos meteorológicos, sendo que no RS o elemento hídrico apresenta efeitos mais significativos, como por exemplo constado que as variáveis hídricas são estimadoras do rendimento de grãos da cultura do milho [6].

Em Climatologia, o estudo do comportamento da precipitação pluvial ao longo do tempo em dadas regiões é de fundamental importância [1], seja para contribuir com as previsões orçamentárias da agricultura local, bem como com a utilização dos recursos hídricos de forma sustentável, ao qual apresenta-se ao longo das últimas décadas, necessário em todo o globo, seja pela demanda exigida por um crescimento vegetativo desordenado, bem como pelas flora e fauna.

Este trabalho tem como objetivo a análise climatológica dos totais de chuvas mensais, de regiões homogêneas constituídas a partir dos dados de 31 estações meteorológicas, distribuídas ao longo do Estado do RS.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para obter a precipitação média mensal no RS nos últimos 60 anos, foram selecionadas 31 estações meteorológicas (EM) bem distribuídas geograficamente por todo o Estado, para o período de 1948/2007. Os dados utilizados foram coletados pelas estações meteorológicas disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, obtidos através de: 8º DISME (8º Distrito de Meteorologia – Porto Alegre) e FEPAGRO (Fundação Estadual de Pesquisas Agropecuárias).

Esses dados foram agrupados em seis regiões homogêneas (Figura 01) concordantes com os estudos de Marques [5].

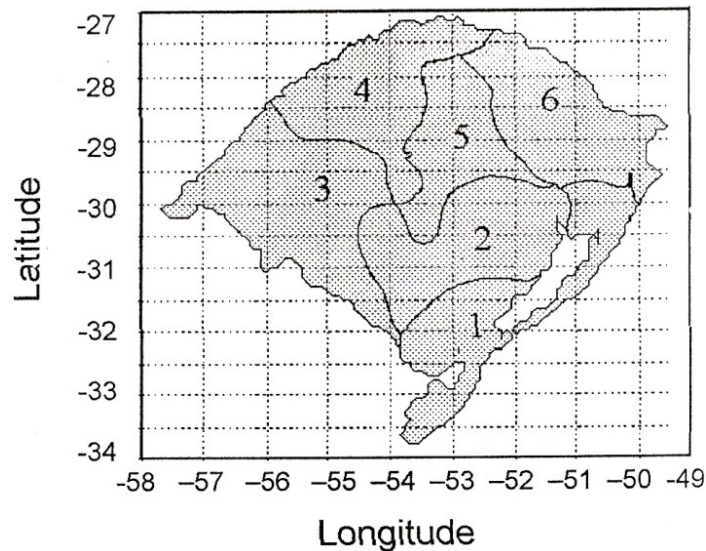


Figura 1 – Regiões homogêneas segundo [5].

As 31 estações meteorológicas distribuíram-se em 6 regiões homogêneas (grupos), sendo estas constituídas de 3 a 7 estações (tabela 1). A seguir, as médias das regiões foram calculadas e submetidas ao estudo da variabilidade espacial e da tendência linear das séries.

Para averiguar a variabilidade espacial dos dados foram estimados os máximos, mínimos e a média mensal das chuvas mensais para comparação entre os grupos.

Tabela 1 – Regiões homogêneas quanto ao regime de chuvas no Estado do Rio Grande do Sul (1948/2007)

Estações	Grupo (01)	Grupo (02)	Grupo (03)	Grupo (04)	Grupo (05)	Grupo (06)
Alegrete			X			
Bagé			X			
Bento Gonçalves						X
Bom Jesus						X
Caçapava do Sul					X	
Cachoeira do Sul		X				
Caxias do Sul						X
Cruz Alta				X		
Encruzilhada do Sul		X				
Ijuí				X		
Iraí				X		
Julio de Castilho					X	
Lagoa Vermelha						X
Palmeira da Missões					X	
Passo Fundo					X	
Pelotas	X					
Porto Alegre		X				
Rio Grande	X					

Santa Maria				X
Santa Rosa				X
Santa V. do Palmar	X			
Santana do L.		X		
Santo Ângelo				X
São Borja		X		
São Gabriel	X			
São Luiz Gonzaga				X
Taquari	X			
Torres				X
Uruguaiana		X		
Vacaria				X
Veranópolis				X

Antes de analisar a tendência linear dos dados, foram verificadas as propriedades de homogeneidade de variâncias e de normalidade [2]. Para isto, os dados foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk [7] e de Cochran [3] ao nível de 5%. Caso os dados não apresentem estas propriedades, buscar-se-á uma transformação adequada para a aquisição dessas características. A tendência dos dados foi avaliada pela regressão linear simples, cujo o coeficiente de correlação linear é avaliado pelo teste t.

O teste de Cochran é usado para verificar se as variâncias são homogêneas, sendo indicado quando uma das variâncias é muito maior do que as demais.

A expressão matemáticas do teste é:

$$C_{calc.} = \frac{Maior S_i^2}{\sum_{i=1}^N S_i^2}; \quad i = 1, 2, 3, \dots, N \quad (1)$$

Os 95^o e 99^o percentis da distribuição amostral de $C_{tab.}$ encontram-se na tabela A-17 [4]. Eles podem ser usados para testes nos níveis de significância de 5% e 1%, respectivamente. A hipótese de variâncias iguais é rejeitada se o valor calculado da estatística acima excede ao valor tabelado. Valores críticos são indicados somente para o caso onde as variâncias amostrais tem igual numero de graus de liberdade.

Shapiro & Wilk [7] desenvolveram um procedimento para testar a normalidade. Para estimar a inclinação da reta de regressão é necessário usar uma técnica chamada de mínimos quadrados generalizados, de modo a corrigir para o fato de que as observações foram ordenadas e, portanto são correlacionadas. Para simplificar este procedimento uma tabela de

constantes foi incluída. O teste estatístico é designado por **W** e o seu cálculo segue o roteiro abaixo:

- 1) Ordena-se as observações, tal que: $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_n$, para uma amostra de tamanho igual a “n”.
- 2) Calcule-se:

$$S^2 = \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i \right)^2 / n \quad (2)$$

- 3) Calcule-se:

$$b = \sum_{i=1}^n a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_i) \quad (3)$$

Sendo $k = n/2$ se n for par ou $k = (n-1)/2$ se n for ímpar; a_{n-i+1} é obtida da tabela de constantes (Tabela A-1 de SHAPIRO [7]).

- 4) Calcula-se o valor de **W**:

$$b = \sum_{i=1}^n a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_i) \quad (4)$$

Utiliza-se a Tabela A-2, [7], para determinar o nível de significância de **W** cujo o teste é “unilateral à esquerda”, isto é, pequenos valores de **W** indicam não-normalidade; então, se o valor computado de **W** é menor do que o valor tabelado W_α mostrado na tabela, rejeita-se a hipótese de normalidade ao nível de significância α .

Para conhecer a tendência linear dos dados de precipitação pluvial mensal das regiões homogêneas de estudo, estabelece-se neste trabalho o uso de regressão linear dos dados sobre o número de meses.

Segundo Brena [2], para realizar-se uma análise de regressão é fundamental que se verifique algumas condições, como, a homogeneidade de variâncias, a normalidade e a independência dos dados. Portanto, analisa-se a tendência de cada região homogênea, por meio da regressão linear dos dados, onde os dados foram transformados para atender as pressuposições da análise, segundo a expressão:

$$y_i = AZ_i^{1-a} \quad (5)$$

Sendo a equação de regressão linear dada por

$$y_i = a' + b' X_i \quad (6)$$

Sendo a' o coeficiente linear, considerando $X_i = 1, 2, 3, \dots, 720$, e b' o coeficiente angular da equação de regressão.

Tomando o logaritmo em ambos os lados da igualdade, tem-se:

$$\log y_i = \log A + (1 - a) \log Z_i \quad (7)$$

Pode-se retornar a variável original (dados ajustados a um mês de 30 dias), dada em unidades de milímetro, por:

$$Z_i = 10^{B(i)} \quad (8)$$

Sendo:

$$B(i) = \frac{\log y_i - \log A}{1 - a} \quad (9)$$

O aumento relativo, desde os dados transformados, para as 6 regiões homogêneas, é estimado pela expressão abaixo:

$$A_R = \frac{y_{720} - y_1}{y_1} \quad (10)$$

A partir das variáveis originais, é possível expressar o aumento mensal de precipitação pluvial média mensal (mm), considerando a expressão dado por:

$$A_m = \frac{Z_{720} - Z_1}{720} \quad (11)$$

Os resultados das transformações usadas, dos aumentos relativo e mensal das chuvas ocorridas nas seis regiões homogêneas importantes para análise climatológica dessas regiões serão apresentados em tabelas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracteriza-se o regime de chuvas das regiões homogêneas em termos da precipitação pluvial média mensal, observando-se seus máximos, mínimos e médias no intervalo de 60 anos, cujos resultados encontram-se nas tabelas 2 e 3 apresentadas a seguir:

Tabela 2 – Valores dos máximos mensais de chuvas (mm), para os seis grupos, ao longo de 60 anos (1948/2007)

Meses	Grupo 01	Grupo 02	Grupo 03	Grupo 04	Grupo 05	Grupo 06
Janeiro	260,2	239,4	262,7	296,5	258,2	297,8
Fevereiro	429,6	274,6	363,6	364,1	296,5	299,1
Março	335,7	203,7	283	236,2	253,9	225,2
Abril	322,9	242,3	464,5	327,8	290,7	221,8
Maio	331,6	369,4	319,3	384,9	302,6	233,1
Junho	215,5	397,8	260,4	482,7	364,5	304,8
Julho	403,6	281,0	258,9	347,9	336	407,8
Agosto	195,4	294,6	191,5	290,3	369,3	310,9
Setembro	236,0	275,1	259,2	322,3	326,5	387,8
Outubro	207,8	360,1	339,8	516	421,3	327,4
Novembro	288,6	293,0	330,9	365,9	300,3	254,4
Dezembro	263,2	212,1	294,6	313,6	306,7	289,7

Tabela 3 - Valores dos mínimos mensais de chuvas (mm), para os seis grupos, ao longo de 60 anos (1948/2007)

Meses	Grupo 01	Grupo 02	Grupo 03	Grupo 04	Grupo 05	Grupo 06
Janeiro	10,7	26,3	16,7	23,9	44,5	38,1
Fevereiro	12,2	31,2	17,5	34,3	27,9	54,9
Março	25,5	24,2	38,6	38,0	35,5	48,4
Abril	12,9	8,2	35,5	25,0	25,6	19,4
Maio	15,3	8,3	11,8	13,5	9,5	11,0
Junho	14,6	22,6	10,8	23,8	24,5	35,9
Julho	8,3	31,4	25,4	23,2	26,0	20,9
Agosto	12,6	17,6	14,6	29,8	19,4	22,3
Setembro	30,5	27,9	58,1	68,1	64,6	51,3
Outubro	14,8	37,5	76,6	55,7	57,2	49,0
Novembro	18,1	10,4	21,2	24,2	20,4	25,9
Dezembro	12,9	12,6	31,3	34,0	54,2	15,2

Através das tabelas 1 e 2, é possível observar entre as regiões homogêneas que, as maiores diferenças dos máximos foi de 267,2 mm (junho) e dos mínimos foi 61,8 (outubro). No grupo 01, constata-se que as maiores variabilidades se devem ao fato de que os meses de máximos mais destacados, coincidem com os de mínimos mais acentuados. Os demais

grupos, de forma geral, alternam-se com seus valores de máximos e de mínimos entre os intervalos maio a julho e outubro a dezembro. Com isto, realiza-se um estudo individualizado destas regiões, respeitando a variabilidade espacial, do elemento climatológico (EC), característica de cada região. A variabilidade do EC, pode ser observada na tabela 3, e na figura 2.

Tabela 4 - Valores das médias mensais de chuvas (mm), para os seis grupos, ao longo de 60 anos (1948/2007)

Meses	Grupo 01	Grupo 02	Grupo 03	Grupo 04	Grupo 05	Grupo 06
Janeiro	106,2	114,7	120,1	144,3	140,0	141,4
Fevereiro	130,2	124,6	138,8	149,7	140,1	149,7
Março	106,7	108,7	139,3	129,5	129,9	122,0
Abril	91,8	110,1	155,8	152,3	132,2	118,4
Maio	89,5	104,0	120,3	132,9	129,2	106,9
Junho	105,8	144,6	115,7	147,8	154,1	129,9
Julho	129,5	137,2	100,7	129,9	139,4	136,0
Agosto	107,8	121,1	88,5	125,5	135,1	137,9
Setembro	127,4	149,1	132,9	169,6	179,4	168,8
Outubro	94,9	138,4	153,5	185,7	175,0	155,0
Novembro	87,8	101,7	114,2	136,4	126,5	118,2
Dezembro	77,0	99,1	112,0	138,6	134,3	133,4

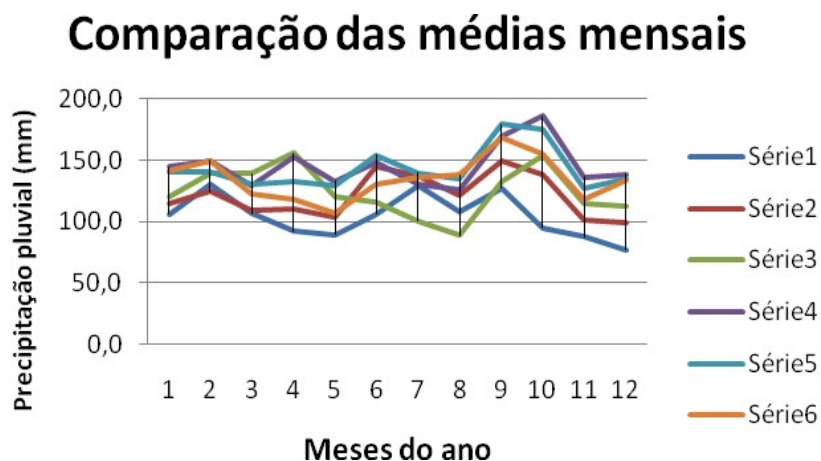


Figura 2 - Comparação das médias mensais dos 6 grupos, sendo que as séries 1, 2, 3, 4, 5 e 6 correspondem as Médias mensais dos Grupos 01, 02, 03, 04, 05 e 06, respectivamente.

Na figura 2, a diferença entre as médias mensais dos grupos 04 e 01, é de aproximadamente 38mm no mês de Janeiro, no mês de Fevereiro a diferença maior foi entre os grupos 06 e 02, sendo de aproximadamente 25mm. Nos demais meses do ano não

ocorreram diferenças menores do que esta última (25mm), apresentando diferenças mais significativas nos meses de Abril, de aproximadamente 64mm, de Outubro com aproximadamente 90mm e de 61mm em Dezembro.

A tabela 4, apresenta valores percentuais do aumento relativo, para cada grupo, não expressivos, de modo geral. Sendo que o aumento relativo apresentado ao longo de 60 anos para o grupo 01 é de aproximadamente 2,7%, e que os grupos 03, 04 e 06 apresentaram os percentuais de 3,5%, 3,7% e 4,3% respectivamente, sendo que seus aumentos relativos diferem no máximo de 0,8% e apresentaram no mínimo 0,8% de aumento relativo a mais do que para o grupo 01. Os grupos 02 e 05 tem os aumentos relativos mais relevantes, sendo que o grupo 02 se destacou com o percentual de 13,3%, e o grupo 05 ficou com 8%. Os aumentos mensais (mm), não se apresentaram como relevantes; seus menores valores são encontrados para as regiões 1 e 3, possivelmente por não apresentarem tendência linear ao nível de 5%.

Tabela 5 - Os valores das potências necessárias para a transformação dos dados, das equações de regressão linear para os extremos da reta, das variáveis originais associadas aos extremos através das respectivas equações de regressão linear, e dos aumentos relativo e mensal, são apresentados para os (as) 6 grupos (regiões homogêneas)

Grupos	1-a	Y (1)	Y (720)	Z(1)	Z(720)	AR x 100	Am(mm)
*1	0,2162	26,3643	27,0833	88,5821	100,3217	2,7%	0,0163
2	0,4198	67,9809	77,0403	96,1210	129,4908	13,3%	0,0463
*3	0,2794	36,7472	38,0414	105,4370	119,3424	3,5%	0,0193
4	0,2241	29,3285	30,407	121,6703	142,9453	3,7%	0,0295
5	0,5639	153,8002	166,167	127,3229	146,03947	8%	0,0299
6	0,26704	35,5041	37,014	114,9898	134,3980	4,3%	0,0269

* Nesses grupos, a tendência linear foi não significativa a 5%.

4 CONCLUSÕES

O estudo do comportamento da precipitação pluvial média mensal de cada região homogênea, possibilitou comprovar sua variabilidade ao longo do RS, através da comparação de suas médias mensais, em acordo com a literatura. O aumento relativo da tendência linear ao longo de 60 anos, variou de 2,7 a 13,3% nas seis regiões homogêneas, sendo os maiores

percentuais encontrados para as regiões que estão sob o eixo Norte-Sul, onde Marques [5] constatou um forte gradiente da variável.

A região homogênea 01, mesmo estando sob esse eixo, não apresentou destaque de seu aumento relativo, possivelmente porque a tendência de sua série não foi significativa ao nível de 5% de probabilidade, bem como para a região homogênea 03. Estas regiões apresentaram os menores aumentos médios mensais (mm), aumentos esses, não relevantes para nenhum dos grupos.

7 PERFIL DO AUTOR



Daniel Souza Cardoso é professor do Instituto Federal Sul Rio-grandense, Campus CaVG, atuando no eixo ensino, pesquisa e extensão. Ele é formado em Física e Mestre em Meteorologia.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] BAPTISTA DA SILVA, J.; CUNHA, F. B.; GAVIÃO NETO, W. P. **Modelagem das chuvas trimestrais por regiões homogêneas no Estado do Ceará**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, ISSN 0104-1347, v. 9, n. 2, p. 317-324, 2001.
- [2] BRENA, D. A.; SILVA, J. N. M.; SCHNEIDER, P. R. **Metodologia para verificação das condicionantes da Análise de Regressão**. Santa Maria, Floresta, v. 9, n. 2, p. 25-45, 1978.
- [3] COCHRAN, W.G. **The distribution of the largest of a set estimated variances as a fraction of their total**. Annals of Eugenics, v11, p. 47 – 51, 1941.
- [4] Dixon WJ, Massey Jr. FJ. **Introduction to statistical analysis**. Tokio: McGraw-Hill Kogakusha Ltda. 1969: 639.

- [5] MARQUES, J. R. **Variabilidade espacial e temporal de precipitação pluvial no Rio Grande do Sul e sua relação com indicadores oceânicos**. 2005. 210f. Tese (Doutorado-Agrometeorologia) - Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.
- [6] MATZENAUER, R.; BERGAMASCHI, H.; BERLATO, M. A.; RIBOLDI, J. **Relação entre rendimento de milho e variáveis hídricas**. Revista Brasileira de Agrometeorologia, Santa Maria, v. 3, p. 85-92, 1995.
- [7] SHAPIRO, S.S.; WILK, M. B. **An analysis of variance test for normality (complete samples)**. Biometrika, Vol. 52, No. 3/4.(Dec., 1965), pp. 591-611.