

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

*Daniel Souza Cardoso<sup>1</sup>, Gilberto Barbosa Diniz<sup>2</sup>, João Baptista da Silva<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia Sul-Rio-grandense, Pelotas – RS, Brasil  
[danielcardoso@cavg.ifsul.edu.br](mailto:danielcardoso@cavg.ifsul.edu.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS, Brasil  
[gilberto@ufpel.edu.br](mailto:gilberto@ufpel.edu.br)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas, Pelotas – RS, Brasil  
[jbs39@terra.com.br](mailto: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].

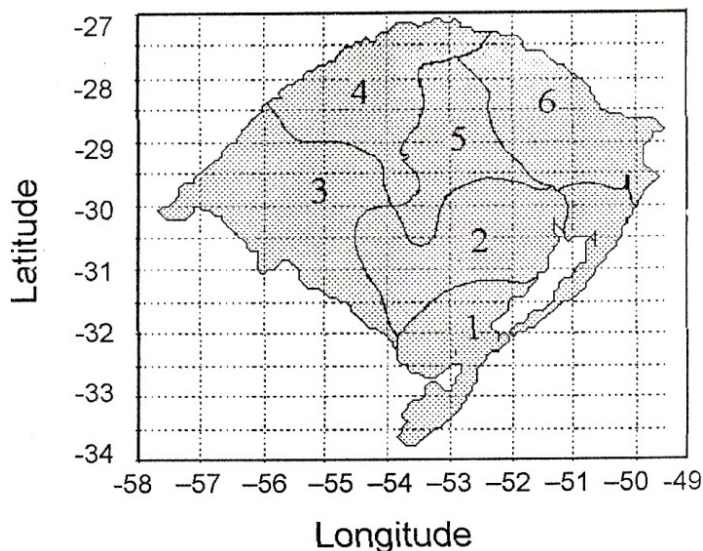


Figura 1 – Regiões homogêneas segundo [5].

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          |            |            |            |            |            |

# SOCIEDADE CIENTÍFICA

Revista Multidisciplinar

VOLUME 1, NÚMERO 1, OUTUBRO DE 2018

---

|                    |   |   |   |   |
|--------------------|---|---|---|---|
| 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<sup>o</sup> e 99<sup>o</sup> 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  $W_\alpha$  mostrado na tabela, rejeita-se a hipótese de normalidade ao nível de significância  $\alpha$ .

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    |
| Mai       | 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     |
| Mai       | 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    |
| Maiο      | 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    |

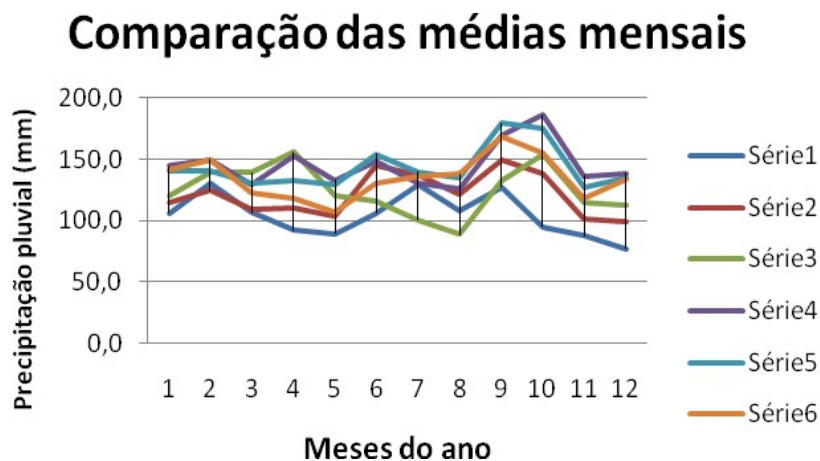


Figura 2 - Comparação das médias mensais dos 6 grupos, sendo que as séries 1, 2, 3, 4, 5 e 6 correspondem as Médias mensais dos Grupos 01, 02, 03, 04, 05 e 06, respectivamente.

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



# SOCIEDADE CIENTÍFICA

Revista Multidisciplinar

VOLUME 1, NÚMERO 1, OUTUBRO DE 2018

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,

# SOCIEDADE CIENTÍFICA

Revista Multidisciplinar

VOLUME 1, NÚMERO 1, OUTUBRO DE 2018

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.