

## PERFIL DAS PRECIPITAÇÕES PLUVIAIS EM ESPUMOSO, RIO GRANDE DO SUL

Venice Meazza de Camargo<sup>1</sup>, Leandro Valente Jacinto<sup>1</sup>, Leila Pinheiro de Castro<sup>1</sup>, João Baptista da Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Meteorologia, Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Campus Universitário s/n – Caixa Postal 354, Pelotas (RS), Brasil – CEP 96010-900, email: [venicemc@hotmail.com](mailto:venicemc@hotmail.com)

<sup>2</sup>Instituto de Física e Matemática, Universidade Federal de Pelotas (UFPel). Campus Universitário s/n – Caixa Postal 354, Pelotas (RS), Brasil – CEP 96010-900.

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011  
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES.

**Resumo:** O estudo do comportamento das precipitações pluviais mensais foi realizado para o município de Espumoso, RS (29°02'41" S de latitude; 53°03'44" W de longitude; 365,00 metros de altitude), a partir de 24 anos disponíveis de observações (1986 a 2009). O objetivo do trabalho foi estabelecer um modelo que representasse a variabilidade dessa variável, utilizando-se da técnica de análise harmônica. Espera-se que este conhecimento seja de maior utilidade para muitas aplicações, principalmente, na área agrícola, visto que o suporte econômico da região é baseado na agricultura. Durante o preparo dos dados para a análise, os mesmos foram ajustados à meses de 30 dias e foram verificadas as propriedades de homogeneidade de variâncias, de normalidade e de estacionariedade. Tendo em vista que os dados apresentaram estas características, não foi necessária nenhuma transformação dos dados e os mesmos foram submetidos à análise harmônica. Os resultados indicaram um modelo com 77% de representatividade, constituído por três ondas senoidais (anual, trimestral e semestral), satisfazendo o princípio da parcimônia. Dessa maneira, o modelo representa de forma eficiente a variabilidade das precipitações pluviais mensais em Espumoso, RS. Por outro lado, na tentativa de utilizá-lo como previsor do ano de 2010 não teve um desempenho adequado.

**Palavras-chaves:** chuvas, análise harmônica, periodograma.

## PROFILE OF THE RAINFALL IN ESPUMOSO, RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL

**Abstract:** The study of the behavior of months rainfall was realized from Espumoso, Rio Grande do Sul State (29°02'41" S of latitude; 53°03'44" W of longitude; 365 m. of altitude), from now on 24 years available data (1986/2009). The aim this work was makes a model that performed the variability this variable using the harmonic analysis. To hope so that knowledge to be higher utility for several applications, in principle, in the agricultural sector for as much the economic support of region is based in agriculture. While the preparation data for analysis, its were adjust a month of 30 days and were verify the property of homogeneity of variances, of normality and of stacionarity. For as much that the data presented this characteristic, was not be necessary neither data transformation nor it's was submit to harmonic analysis. The results indicated a model with 77% of representation, formed by three

senoidal waves (annual, quarterly and semi-annual) satisfying the parsimony principle. That way the model represent of efficient form the variability of months rainfall in Espumoso, Rio Grande do Sul State. Moreover, in an attempt to use it as a forecaster of the year 2010 did not perform adequately.

**Key words:** rainfall, harmonic analysis, periodogram

## 1- Introdução

Anomalias atmosféricas de grande intensidade têm-se mostrado cada vez mais freqüente em diversos pontos do planeta Terra. O estudo das variáveis meteorológicas é de extrema importância para o planejamento agrícola, comercial e econômico, pois visa o bem estar social, sendo a precipitação pluvial a que demonstra maior impacto ambiental a curto, médio e longo prazo, com uma significativa contribuição para a agricultura de uma determinada região. O município de Espumoso-RS, assim como toda a região da Serra do Botucaraí, possui como principal aspecto econômico o cultivo da soja, trigo e milho, culturas essas que vem sofrendo com estiagens e excessos de chuvas.

O presente trabalho tem o objetivo de estudar a periodicidade das chuvas médias mensais para o período disponível de 24 anos (1986 a 2009) em Espumoso no Estado do Rio Grande Sul e estabelecer um modelo que represente a variabilidade dessa variável, utilizando a técnica de análise harmônica.

## 2- Dados e metodologias

Foram utilizados no estudo, dados coletados pelo viveiro de mudas da Cooperativa Triticola de Espumoso Ltda. (Cotriel), localizada no município de Espumoso-RS (29° 02'41" S de latitude; 53° 03'44"W de longitude; 365,00 metros de altitude). As informações foram obtidas através de um pluviômetro da marca Cotriel, instalado a 1,10 metros do solo. Os dados referem-se às médias das precipitações pluviais mensais, com registros diários de janeiro/1986 a dezembro/2009, totalizando assim 24 anos de observações.

Tendo em vista a metodologia utilizada no trabalho os dados mensais foram reduzidos a mês de 30 dias.

Inicialmente, foi aplicado o teste de Cochran para analisar a homogeneidade das variâncias (DIXON & MASSEY Jr, 1969), e a seguir, o teste de Shapiro-Wilk com a finalidade de verificar se os dados apresentavam normalidade (SHAPIRO, 1990). Utilizou-se a regressão linear com o objetivo de verificar a estacionariedade dos dados, pois o periodograma, ferramenta utilizada para estimar os parâmetros do modelo, exige que a série seja estacionária, ou seja, se desenvolva no tempo em torno de uma média constante (PRIESTLEY, 2004). Verificadas essas propriedades os dados serão submetidos à análise harmônica para determinar as seis ondas senoidais através do seguinte modelo:

$$Y_t = \frac{A_0}{2} + \sum (A_n * \cos \omega_n t + B_n * \sen \omega_n t) + e_t$$

Onde,  $Y_t$  indica as precipitações mensais estimadas;  $\omega_n$ , a freqüência angular n-ésima onda;  $A_0$ ,  $A_1, \dots, A_n$  e  $B_0$ ,  $B_1, \dots, B_n$ , os parâmetros do modelo a serem estimados;  $e_t$  é o resíduo;  $t = 0, 1, \dots, 11$  é o tempo e  $n$  representa o número de subdivisões do período fundamental.

$$\frac{A_0}{2} = \sum \frac{Y_t}{n} = \bar{Y}$$

$$A_n = \left(\frac{2}{n}\right) * \sum \left( Y_t - \bar{Y} \right) * \cos \omega_n t$$

$$B_n = \left(\frac{2}{n}\right) * \sum \left( Y_t - \bar{Y} \right) * \sin \omega_n t$$

Por meio do coeficiente de determinação  $V_k$  pode-se estimar a contribuição de cada onda senoidal na variabilidade dos dados:

$$V_k = \frac{a_n^2}{2\sigma^2}$$

Onde:

$\sigma$ , é a variância populacional.

$a_n^2 = A^2 + B^2$ , é a amplitude da onda.

As ondas senoidais serão selecionadas para o modelo em função da magnitude de suas amplitudes, atendendo a uma representatividade de no mínimo 75% e mantendo o modelo parcimonioso (BAPTISTA DA SILVA, et al., 1999).

Uma medida estatística baseada no Teste t permite que os modelos sejam comparados e, ao mesmo tempo, indica se suas estimativas são estatisticamente significativas (TOGRUL & TOGRUL, 2002). O valor de t, a ser calculado, é:

$$t = \sqrt{\frac{(N-1) * MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2}}; MBE = \frac{1}{N} \sum (obs - est); RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum (obs - est)^2};$$

Esse valor deve ser comparado com o valor de t da tabela bilateral, para o nível de significância escolhido com N-1 graus de liberdade. Quanto menor o valor de t, comparado com o valor limite da tabela, melhor desempenho do modelo.

### 3- Resultados

Os dados ajustados a meses de 30 dias foram submetidos ao teste de Cochran para testar a homogeneidade das variâncias, na qual foi encontrado  $C = 0,136$ , aceitando-se que as variâncias são homogêneas para o nível de significância de 5% ( $C_{0,05; 12; 23} = 0,162$ ). Para verificar a normalidade dos dados foi aplicado o teste de Shapiro-Wilk com  $\alpha = 0,05$  e  $W(\text{tabelado}) = 0,916$ . Os resultados do teste indicam que 83% dos meses seguem aproximadamente à distribuição normal. Também, os dados apresentaram uma regressão linear não significativa a 5%, pelo teste t, sendo admitidos como estacionários.

Os resultados da análise harmônica são apresentados a seguir na tabela 1:

**Tabela 1:** Resultado da Análise Harmônica sobre as médias das chuvas mensais dos 24 anos de observações.

Onda	Frequência	Período	Coefficiente Cosseno	Coefficiente Seno	Periodograma
1	0,08333	12	-5,5175	-25,8052	4178,114
2	0,16666	6	-19,7750	-2,0063	2370,455
3	0,25000	4	5,5000	15,6833	1657,302
4	0,33333	3	18,8417	-15,2276,	3521,332
5	0,41666	2,4	-7,6825	12,5886	1304,959
6	0,50000	2	-4,2500	0,0000	108,375

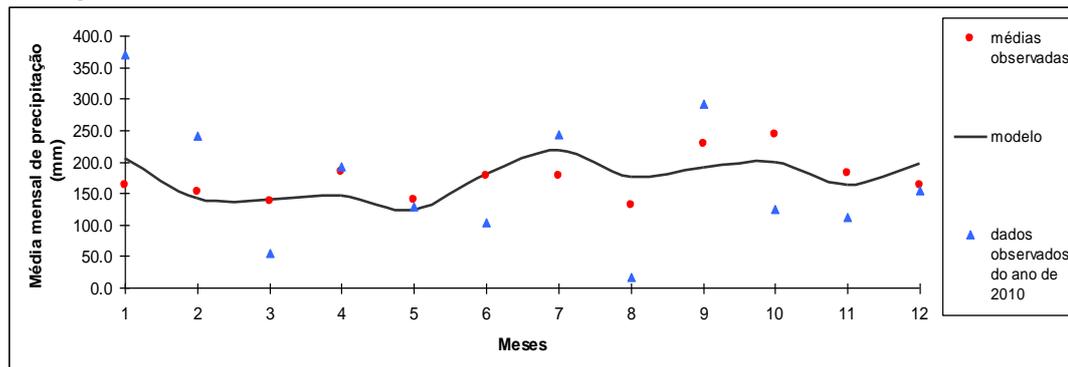
A frequência angular é calculada pelo produto de  $2\pi$  pela frequência.

O coeficiente de determinação para o modelo com três ondas representa 77% da variabilidade dos dados. Sendo a anual (32%) e a trimestral (27%) as ondas mais destacadas, seguidas pela semestral (18%). O modelo estimado é, portanto:

$$Y_t = 173,2 - 5,5175 * \cos(0,5234t) - 25,8052 * \text{sen}(0,5234t) + \\ + 18,8417 * \cos(2,0942t) - 15,2276 * \text{sen}(2,0942t) + \\ - 19,7750 * \cos(1,0474t) - 2,0063 * \text{sen}(1,0474t)$$

$$t = 0, 1, \dots, 11 \text{ meses.}$$

Na figura 1, estão representados os dados observados e o modelo estimado pela análise harmônica, onde, observa-se adequada concordância entre os mesmos, o que não ocorre em relação aos dados do ano de 2010.



**Figura 1:** Modelo obtido pela análise harmônica das precipitações pluviiais mensais em Espumoso-RS, as médias observadas no período de 24 anos (1986/2009), e dados observados do ano de 2010.

A importância da onda anual pode ser atribuída à posição geográfica do município de Espumoso, situado no Planalto médio, região central do estado que sugere um clima do tipo continental, como Morro Velho, MG (AMARAL, 1968). Por outro lado, aparece também uma razoável contribuição da onda trimestral e a seguir da onda semestral, diferentemente do que ocorre em Pelotas, RS no litoral onde esta última onda é a mais importante (AMARAL, 1968; BAPTISTA DA SILVA, 2005).

Pela figura 1, nota-se claramente que os desvios entre o modelo e os valores observados no ano de 2010 são muito maiores do que aqueles entre o modelo e o conjunto dos dados que lhe deram origem, médias mensais dos 24 anos. Portanto o modelo foi estimado para um ano médio e não especificamente para anos isolados.

Os resultados do Teste t comprovam tais afirmativas, apresentando os valores de  $t=0,00484$  para as medias observadas e,  $t=0,1297$  para o ano de 2010 (ambos os valores significativos a 5%,  $t=2,20$ , para 11 graus de liberdade). Como pode se ver a performance do modelo em relação as médias observadas é muitas vezes superior àquela relativa ao ano de 2010.

#### 4- Conclusões:

O modelo de análise harmônica estimado, a partir dos dados, apresentou uma adequada representatividade de 77% da variabilidade das chuvas médias mensais, tendo em vista as características da variável estudada.

O modelo foi constituído por três ondas, a anual com representatividade de 32%, a trimestral com 27% e a semestral com 18%. Atribui-se às condições geográficas do município de Espumoso, localizado no centro do Estado, a justificativa pelo destaque da onda anual.

Ao comparar os dados do ano de 2010 com o modelo, observa-se que este modelo não serviu para estimar esse ano isolado, pois, o mesmo foi estimado para um ano médio e, além disso, esse ano pode ser considerado como atípico, tendo em vista as ocorrências sucessivas de El Niño e La Niña.

## 5- Referências Bibliográficas:

AMARAL, E. Análise harmônica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v.3, p.7-43, 1968.

BAPTISTA DA SILVA, J.; BASGALUPP, M. P. ; PAZ, S. R. Comportamento das precipitações pluviiais mensais em Pelotas, Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.13, n.1, p.155-159, 2005.

DIXON, W. J.; MASSEY Jr. F. J.. **Introduction to statistical analysis**. Toquio: McGraw-Hill Kogakusha Ltda. 1969, 639p.

SHAPIRO, S. S. **How to test normality and other distributional assumptions**. 2<sup>a</sup> ed., v.3, American Society for Quality Control, Wisconsin, 1990, 92p.

PRIESTLEY, M. P. **Spectral analysis and time series**. Vols I e II, Elsevier Academic Press, San Diego, Califórnia, USA, 2004, 890p.

TOGRUL, I. T.; TOGRUL, H. Global solar radiation over Turkey: Comparison of predicted and measured data. **Renewable Energy**, Turkey, v.25, p.55-67, 2002.