

## **Análise estatística da série temporal de precipitação do município de São João do Cariri-PB**

**Manoel Rivelino Gomes de Oliveira<sup>1</sup>**

**Moacyr Cunha Filho<sup>2</sup>**

**Ewerton Pereira de Oliveira<sup>3</sup>**

**Maria Das Vitórias Alexandre Serafim<sup>4</sup>**

### **1 Introdução**

O mundo vem enfrentando a décadas problemas relacionados ao o uso de recursos naturais de água e solo (Blanco et al., 2012). Os rios e reservatórios de água em geral são um dos maiores bens da humanidade, pelo fato de fornecer água para o consumo humano, para irrigações usadas na produção de alimentos, consumo dos animais, uso nas grandes indústrias, fonte de pesca, produção de energia elétrica e ainda como meio de transporte, dentre outras utilidades dos recursos hídricos.

Para ter sucesso na gestão dos recursos naturais e, especificamente dos recursos hídricos é necessário coletas frequentes de dados e estudos interpretativos com o objetivo de conhecer as características das chuvas, e sua sazonalidade que ocorrem em função da temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos e vegetação, principalmente no ambiente semiárido, onde as variações tem comportamento condicional, isto é, a variação de hoje depende da variação de ontem e assim sucessivamente, melhor dizendo, possuem variabilidade.

Neste sentido vários fenômenos naturais relacionados ao semiárido podem ser explicados através de dados organizados sequencialmente no tempo, essa sequência de dados discreta ou continua ordenada sobre um índice cronológico, geralmente o tempo é chamada de séries temporais. O objetivo de modelar séries temporais está associado ao entendimento do seu padrão de comportamento, descrição e prever estes fenômenos naturais.

Existem diversas maneiras de saber qual modelo se ajusta melhor a determinados fenômenos naturais, para sua melhor previsão. Aqui é utilizado o Critério de Informação Bayesiana (BIC) (Morettin, 2004).

A abordagem de Box-Jenkins tem ganhado posição de destaque na modelagem e previsão de séries temporais. Por se tratar de uma metodologia que consiste em ajustar

---

<sup>1</sup> PGBEA – PRPPG/UFRPE. e-mail: rivelino@hotmail.com

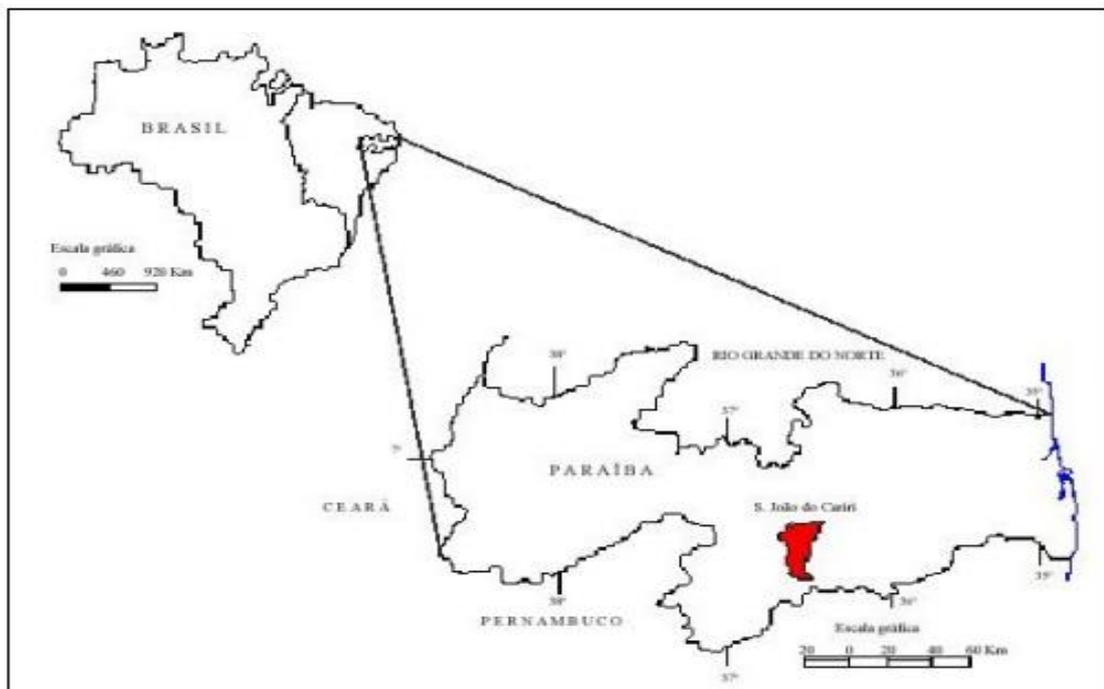
modelos ARIMA e suas variações. Os modelos ARIMA são utilizados na modelagem de séries que apresentam comportamento seguindo um processo ruído branco, com média zero e variância constante. Entretanto, uma parcela bastante considerável das séries de fenômenos naturais apresentam heteroscedasticidade condicional (variabilidade), isto é, modelos não-lineares em relação a variância.

A literatura disponibiliza uma grande variedade de modelos não lineares existentes. Porém, neste trabalho se concentra apenas na classe de modelos GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity), introduzida por Engle (1982).

O objetivo do trabalho foi ajustar um modelo GARCH (Box et al., 1994), que é um modelo não-linear a série temporal de precipitação no município de São João do Cariri-PB. Como o fenômeno em estudo se trata de uma variável climática numa região semiárida, frequentemente essas variáveis tem variações.

## 2 Material e métodos

A área de estudo está localizada no município de São João do Cariri na área central do Estado da Paraíba, e, inserida na Mesorregião da Borborema e Microrregião do Cariri Oriental, na Superfície Aplainada do Planalto da Borborema (Figura 1), nas coordenadas de  $7^{\circ}22'45,1''S$  e  $36^{\circ}31'47,2''W$ , sobre a litologia cristalina. Com altitude variando entre 400 e 600 m.



**Figura 1:** Mapa de São João do Cariri – PB. Fonte: IBGE (2004).

O bioma é a Caatinga hiperxerófila, decorrente do tipo climático que envolve a região, BSh – semiárido quente com chuvas de verão, segundo Köppen e um bioclima do tipo 2b (9 a 11 meses secos) – subdesértico quente de tendência tropical, mediante classificação de Gaussen (GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA, 1985). Com precipitação média de 400 mm/ano e variabilidade de 84 e 93 mm/ano.

Os dados pluviométricos foram coletados em uma estação meteorológica digital, situada junto a sede da Fazenda Experimental e em outros locais da área de estudo. Os dados utilizados neste trabalho são mensais e referem-se ao período de junho de 1994 a fevereiro de 2013.

A análise de séries temporais Box et al. (1994) foi empregada para avaliar e estudar o comportamento do coeficiente de escoamento superficial, para tanto, utilizou-se o software estatístico R em sua versão 3.0.0 com a utilização dos pacotes tseries, fgarch e rugarch para determinação da variabilidade temporal por meio do ajuste a um modelo não linear de series temporais GARCH( $p,q$ ) *Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity* apresentado na seguinte equação

$$\varepsilon_t = \sqrt{h_t} \varepsilon_t \quad (1)$$

Com

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j h_{t-j} \quad (2)$$

onde  $\varepsilon_t$  é a estimativa do modelo,  $\varepsilon_t$  é um ruído branco normalmente distribuído, isto é  $N(0,1)$ ,  $h_t$  é a variância condicional em função do tempo e  $\alpha_0$ ,  $\alpha_i$ ,  $\beta_j$  são os parâmetros do modelo.

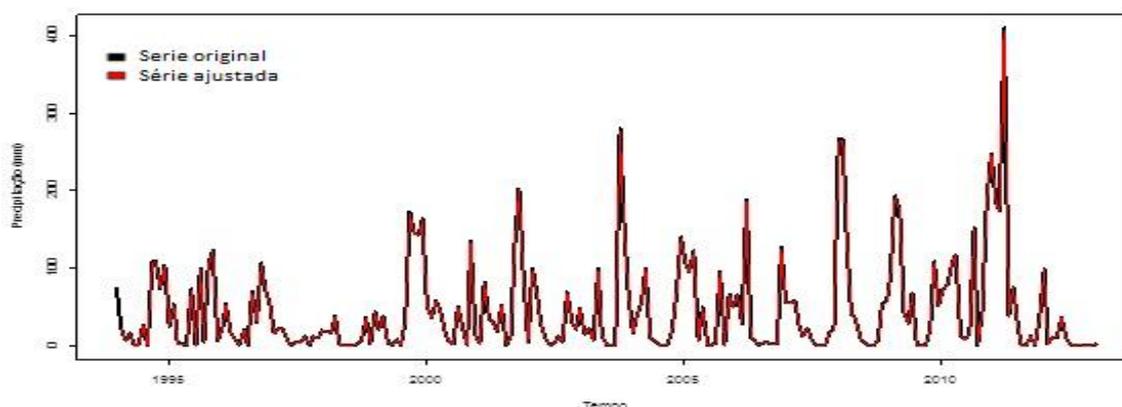
A seleção de um modelo GARCH ( $p, q$ ), se dá pelo Critério de Informação Bayesiana (*BIC*) que é um método que exclui parâmetros nos modelos, procurando alcançar o modelo mais parcimonioso possível. Akaike (1977), Rissanen (1978) e Schwarz (1978), propõem minimizar a equação em seguida

$$BIC(k, l) = \ln \hat{\sigma}_{k,l}^2 + (k + l) \frac{\ln N}{N} \quad (3)$$

onde  $\hat{\sigma}_{k,l}^2$  é o estimador de máxima verossimilhança da variância residual do modelo *ARMA*( $k, l$ ). Uma forte consistência dos valores  $p$  e  $q$  encontradas com a minimização do *BIC* é mostrada por (Hannan, 1980, 1982).

### 3 Resultados e discussões

Então de acordo com o *BIC*, o modelo escolhido é o *GARCH* (1,1) como o mais adequado. O ajuste da série de precipitação do município de São João ao modelo *GARCH* (1,1), é apresentado na Figura 2. Os picos da série de precipitação do município de São João do Cariri ajustado ao modelo *GARCH* (1,1), corresponde aos períodos com precipitações elevadas, chegando à marca dos 409,7 mm no mês de maio de 2011.



**Figura 2:** Ajuste do modelo *GARCH* (1,1) a série de precipitação do município de São João do Cariri-PB

Na literatura é recomendado o uso de modelos de ordem baixa (Morettin, 2004), tais como *GARCH*(1,1), *GARCH*(1,2), *GARCH*(2,1) e *GARCH*(2,2) e sua escolha deve ser baseada em outros critérios, entre eles, o de Informação Bayesiana *BIC* (Morettin e Toloi., 2006).

A ordem do modelo mais adequado a série de precipitação do município de São João Cariri é selecionado com o auxílio dos valores do *BIC* apresentados na Tabela 1, entre os modelos *GARCH*(*p,q*), *p, q*=1, 2, 3.

**Tabela 1:** Valores do *BIC* de modelos *GARCH*(*p,q*), *p, q* = 1, 2, 3, ajustados a série temporal de precipitação do município de São João do Cariri-PB.

Modelo	BIC	Modelo	BIC	Modelo	BIC
<b>GARCH(1,1)</b>	<b>10,90107</b>	GARCH(2,1)	10,92581	GARCH(3,1)	10,90324
GARCH(1,2)	10,90376	GARCH(2,2)	10,92783	GARCH(3,2)	10,92732
GARCH(1,3)	10,92845	GARCH(2,3)	10,95252	GARCH(3,3)	10,95139

### 4 Conclusões

A série temporal de precipitação do município de São João do Cariri tem melhor ajuste aos modelos com parâmetros de médias móveis baixo, como observado nos valores do critério de informação Bayesiana *BIC*.

O modelo *GARCH*(1,1) foi o que melhor se ajustou a série temporal de precipitação do município de São João do Cariri em função de explicar melhor a variância condicional.

## 5 Referências

- [1] AKAIKE, H. On Entropy Maximization Principle. In Applications of Statistics (P.R.Krishnaiah, ed.), p.27-41, Amsterdam: North-Holland, 1977.
- [2] BLANCO, M. L. R.; CASTRO, M. M. T.; CASTRO, M. T. T. Rainfall–runoff response and event-based runoff coefficients in a humid area (northwest Spain). Hydrological Sciences Journal, p. 445-459, 2012.
- [3] BOX, G. E. P.; JENKINS, G. M.; REINSEL, G. C. Time Series Analysis – Forecasting and Control. 3.ed. New Jersey: Prentice Hall, 1994.
- [4] ENGLE, R. F. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. Econometrica, Vol. 50, p. 987-1007, 1982.
- [5] GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA. Secretaria da Educação. Universidade Federal da Paraíba. Atlas Geográfico da Paraíba. João Pessoa, Grafset, 1985.
- [6] HANNAN, E. J. The estimation of the order of an ARMA process. Annals of Statistics, p.1071-1081, 1980.
- [7] HANNAN, E. J. Testing for autocorrelation and Akaike’s criterion. In Essays in Statistical Science, special volume 19A of Journal of Applied Probability. The Applied Probability Trust, Sheffield, pp 403-412, 1982.
- [8] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2004.
- [9] MORETTIN, P. A. Econometria Financeira; Um Curso em Séries Temporais Financeiras, Departamento de Estatística, Instituto de Matemática e Estatística, USP. Março 2004.
- [10] MORETTIN, P. A.; Tolói, C. M. C. Análise de séries temporais. 2.ed., p.538, São Paulo, 2006.
- [11] RISSANEM, J. Modelling by shortest data description. Automatica, p.465-471, 1978.
- [12] SCHWARZ, G. Estimating the dimension of a model. The Annals of Statistics, p.461-464, 1978.