

## PERFIL PLUVIOMÉTRICO ANUAL OBTIDO POR SÉRIE DE FOURIER DO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO CARIRI-PB

Joelma Vieira do Nascimento Duarte<sup>1</sup>; Dermeval Araújo Furtado<sup>2</sup>; José Fideles filho<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Universidade Federal de Campina Grande- [joelmavnduarte@hotmail.com](mailto:joelmavnduarte@hotmail.com); <sup>2</sup>Universidade Federal de Campina Grande – [dermeval@deag.ufcg.edu.br](mailto:dermeval@deag.ufcg.edu.br); <sup>3</sup>Universidade Estadual da Paraíba - [fidelesfilho@uol.com.br](mailto:fidelesfilho@uol.com.br).

### INTRODUÇÃO

A água é um elemento indispensável à vida e, por isso, constitui num dos maiores problemas sociais do mundo, ainda mais porque o crescimento populacional aumenta cada vez mais e utiliza esse recurso de forma irracional. A maior parte da região Nordeste do Brasil se situa dentro da zona semiárida e enfrenta grandes problemas que afetam os ecossistemas naturais, decorrentes das secas periódicas, acarretando, também, em problemas de cunho social. (ALVES SOBRINHO et. al., 2015).

Araújo et al. (2003), afirma que a Paraíba é o Estado do Nordeste que apresenta uma das maiores variabilidades espacial nas chuvas, o Agreste/Litoral com valores acima de 1083,4 mm, em média, seguido do Sertão, com valores de 821,9 mm e por fim a região do Cariri/Curimataú com média alcançando até 516,1 mm.

Esclarecida a importância do estudo do regime pluvial da região Semiárida Paraibana, tal estudo, nesse trabalho, foi realizado por meio do uso das Séries de Fourier.

Conforme Ricieri (1988), embora a série de Fourier tenha sido desenvolvida como subsídio matemático ao estudo da transferência de calor, sua aplicação estendeu-se a outros ramos, como a Física, Engenharia e Matemática. Assim, de um modo geral, pode-se dizer que a partir da série desenvolvida por Fourier, tem permitido a engenheiros e cientistas fazer alguns tipos de previsões, tais como: riscos de investimentos as bolsas de valores, comportamentos de partículas em laboratórios, análises de temperatura atmosférica e precipitações pluviais etc.

Apesar da existência de vários estudos acerca da periodicidade das precipitações pluviais que é um evento meteorológico que ocorre em determinado intervalo de tempo, conforme os autores Amaral (1968), Garcez (1974) e Ayoade (2002), torna-se, ainda, necessários estudos, principalmente na região do semiárido paraibano para uma nova avaliação de sua periodicidade e sua consequência no meio ambiente da região devido às mudanças climáticas ocorridas.

Esse estudo teve como objetivo avaliar a periodicidade das precipitações ocorridas no município de São João do Cariri-PB por meio das séries de Fourier, por ser uma técnica utilizada na



descrição de fenômenos periódicos ou quase periódicos, no domínio da frequência de uma série de dados ordenados no tempo, apresentando como resultados que o intervalo entre dois picos de mínimo e máximo consecutivos ocorre a cada doze anos e o intervalo entre um pico de mínimo de um pico de máximo ocorre a cada seis anos.

## METODOLOGIA

A pesquisa foi desenvolvida para um município do Estado da Paraíba situado na região do Cariri (São João do Cariri).

O Cariri paraibano está localizado no sul do Estado, como pode ser verificado na Figura 1 e é caracterizado pela baixa ocorrência de chuvas, a região apresenta uma severidade climática com médias pluviométricas de 450 mm anuais, irregularmente distribuída tanto em nível espacial como temporal, sendo evidenciado em alguns municípios, durante alguns períodos, a total escassez de precipitações pluviométricas. A severidade ecoclimática é ainda mais acentuada no Cariri Oriental que ocupa uma posição a sotavento das serras fronteiriças com Pernambuco, que provocam uma diminuição da umidade dos alísios de sudeste depois que favorecem a queda de chuva orográficas nas suas vertentes a barlavento, no Estado vizinho. Toda essa particularidade ocorre em função da influência que a continentalidade e a morfologia do relevo exercem na distribuição dos climas e, sobretudo nos gradientes pluviométricos nos Cariris, de acordo com Nascimento e Alves (2008).

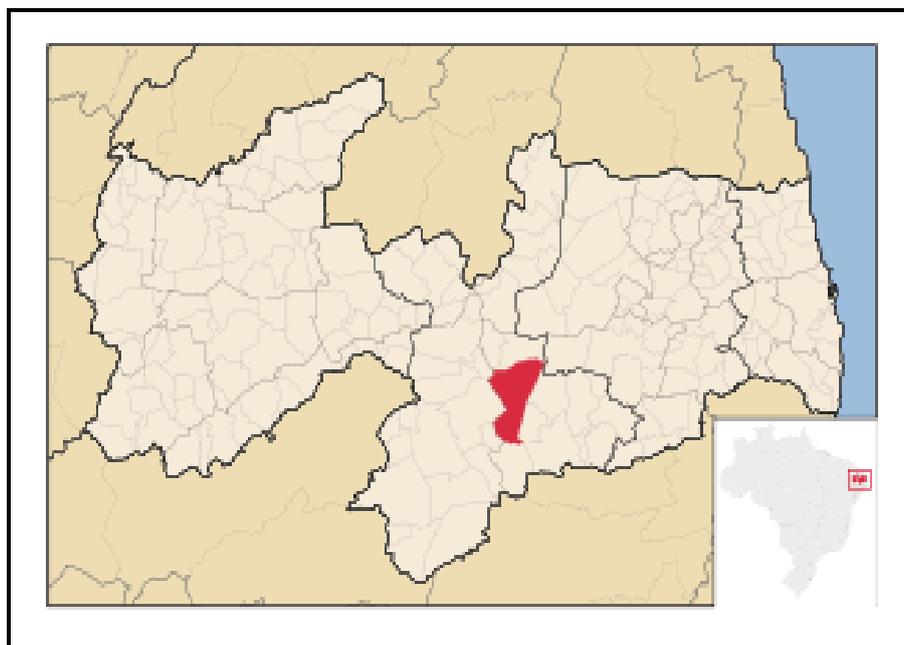


Figura 1: Imagens da área de estudo - Paraíba – São João do Cariri. Fonte: Nascimento e Alves (2008).

A pesquisa foi desenvolvida utilizando dados pluviométricos do município de São João do Cariri-PB, gentilmente cedidos pela Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESAs), pela Empresa Paraibana de Pesquisa Agropecuária da Paraíba (EMEPA-PB), pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e por meio dos Anais da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), por meio de séries históricas de dados pluviométricos das referidas regiões, com dados não inferiores a trinta anos.

Conforme Morettin (2014), a Análise de Fourier tem sido usada tradicionalmente para resolver algumas equações diferenciais parciais que aparecem na Física e/ou Matemática, como a equação do calor e a equação de ondas. Seu objetivo é aproximar uma função  $f(t)$  por uma combinação linear de componentes senoidais, cada uma com dada frequência. O conjunto  $\{w_n(t) = e^{int}, n = 0, \pm 1, \dots\}$  de funções ortogonais de período  $2\pi$ , forma a base para a Análise de Fourier.

De acordo com Conrad e Pollak (1950), a análise de Fourier pode ser obtida considerando as séries trigonométricas da forma:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} p_n \cos\left(\frac{2n\pi x}{T}\right) + q_n \sen\left(\frac{2n\pi x}{T}\right). \quad (1)$$

Para determinar os coeficientes de Fourier, deve-se considerar as seguintes relações:

$$a_0 = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) dx, \quad (2)$$

$$p_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) \cos(n\omega_0 x) dx \quad (3)$$

e

$$q_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) \sen(n\omega_0 x) dx. \quad (4)$$

Sendo  $Y_t$  os valores estimados;  $a_0$  as médias dos valores observados;  $p_n$  e  $q_n$  os coeficientes ortogonais das ondas senoidais;  $a_k$  a amplitude da onda;  $A_k$  o ângulo de fase;  $T$  o período da onda (1, 2, 3, 4,...);  $K$  o número de ondas;  $N$  o número de observações da série e  $t$  é o tempo.

Previamente à utilização dos dados na aplicação da análise harmônica, foi importante testar sua homogeneidade de variâncias e normalidade. Conforme Amaral (1968), as precipitações mensais não se distribuem normalmente, fazendo com que as médias não sejam representativas. Sendo assim, uma prévia transformação dos dados a fim de normalizar a distribuição e homogeneizar as variâncias foi necessária.



Se as ondas não apresentarem normalidade e homogeneização, torna-se necessária a realização de uma transformação dos dados e conforme Cardoso (2010) foi definida por:

$$z = x^{1-\alpha} , \quad (5)$$

Uma vez que possuindo dados de precipitações referentes a 12 meses, obtém-se cinco ondas senoidais (com períodos de 12, 6, 4, 12/5 e 2 meses), que oscilam acima e abaixo dos valores de precipitação média mensal reduzidas a 30 dias, o que corrobora com Amaral (1968) e Andrade et al. (2006). Posteriormente, entre essas cinco ondas, três foram escolhidas por apresentarem maior significância.

A fim de testar a significância das harmônicas obtidas, foram realizados os seguintes testes estatísticos: análise de variância e o teste de Brunt.

De acordo com Amaral (1968) e Pinheiro e Paulo (2011), usa-se a determinação de Brunt para a variância  $\sigma^2$ , e divide-se por 12 os valores da amplitude. A determinação da variância pode ser obtida conforme a Equação (22) por:

$$\sigma^2_{\tau} = \frac{1}{2}(a_1^2 + a_2^2 + a_3^2 + a_4^2 + a_5^2) + a_6^2 \quad (6)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 2 estão apresentadas as precipitações totais anual no eixo das abscissas direitas e estimada a partir do primeiro e segundo harmônico da série de Fourier, no eixo das abscissas esquerda e a linha de tendência das precipitações em função do tempo em anos para o município de São João do Cariri-PB. Verifica-se que os picos de mínimo e máximo ocorrem a cada doze anos consecutivos e os intervalos entre os picos de mínimo e máximo ocorrem a cada seis anos.

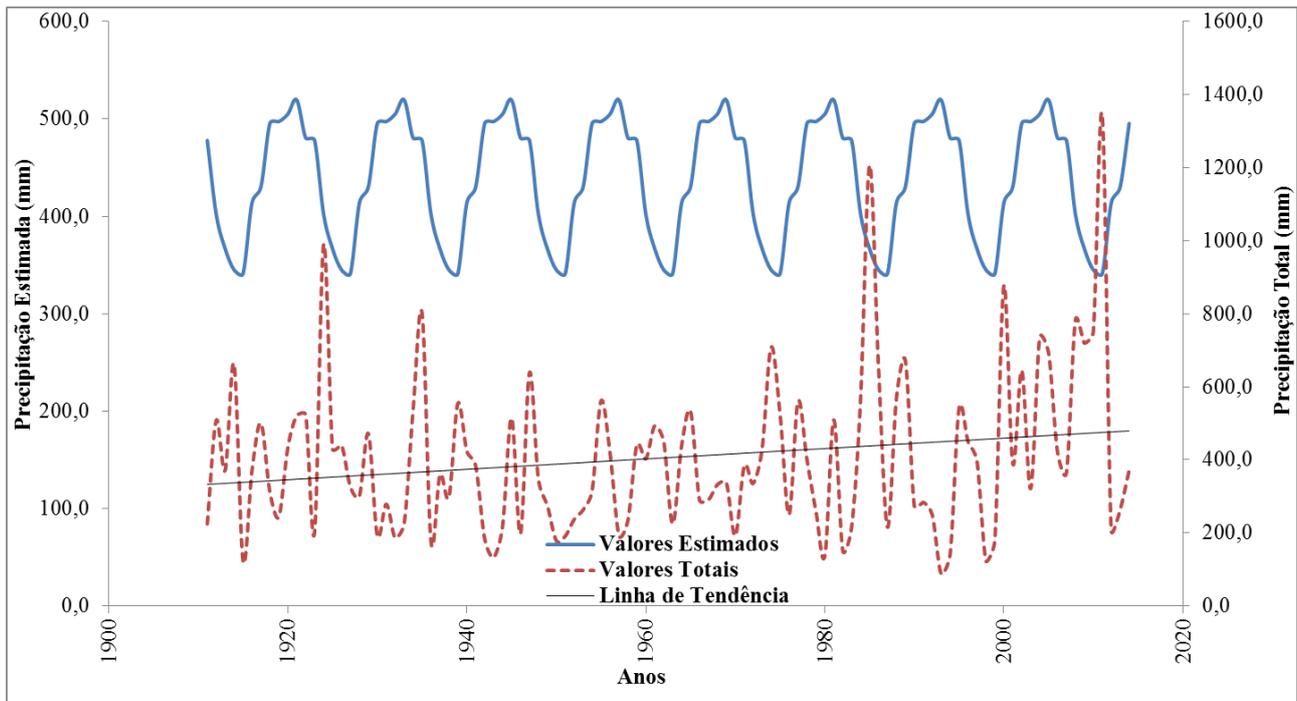


Figura 2 - Precipitação total anual e estimada do município de São João do Cariri-PB: composição dos cinco harmônicos.

Dessa forma, prevê-se que se no ano de 2011 ocorreu um pico de mínimo, o próximo pico de mínimo ocorrerá provavelmente em 2023, tendo em vista que as análises foram realizadas com dados passados para prever projeções futuras. Verifica-se a provável ocorrência de secas prolongadas e as mesmas ocasionam mudanças do regime hidrológico, perdas na agricultura e ameaça à biodiversidade, gerando impactos sociais, econômicos e ambientais.

Assim, se o pico de máximo ocorreu em 2005, o próximo pico de máximo poderá ocorrer provavelmente em 2017. Essa projeção fica complicada a explicação, tendo em vista que a série histórica para o município inicia-se em 1911 e vai até o ano de 2014. Por sua vez, os picos de mínimo e máximo alternam-se a cada seis anos. Observa-se ainda a ocorrência de picos intermediários e conforme a configuração da Figura 10 estima-se que provavelmente em 2017 ocorram precipitações totais anuais em torno de 519 mm.

Observa-se também que a linha de tendência é crescente em função do tempo, o que significa dizer que ao passo em que as chuvas são mal distribuídas ao longo do tempo e do espaço, ainda ocorre um crescimento linear das precipitações totais ao longo do tempo.

Conforme Almeida et al (2010), no período chuvoso da região do Cariri é comum acumular água em um certo local e em outro próximo não registrar nenhum milímetro, mostrando irregularidade na precipitação, tanto no tempo quanto no espaço.



Sendo assim, a análise anual das precipitações ocorridas é de suma importância. Pois, com base nos resultados obtidos, pode-se realizar estudos de previsão a fim de promover ações de mitigação às secas prolongadas, comuns àquela região.

## CONCLUSÕES

Conclui-se que os cinco primeiros harmônicos são os que melhor descrevem o modelo e para São João do Cariri, o intervalo entre dois picos de mínimo e dois picos de máximo ocorrem a cada doze anos e o intervalo entre um pico de mínimo e um pico de máximo ocorre a cada seis anos. A região em estudo apresenta um período de estiagem prolongada e tal fato afeta diretamente o regime hidrológico, ocasionando perdas na agricultura e ameaça à biodiversidade, gerando, assim, impactos sociais, econômicos e ambientais.

Recomenda-se para pesquisas futuras a realização de outros testes a fim de avaliar a periodicidade do modelo por diferentes técnicas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES SOBRINHO, R.; GATTI, F.; ZAMPARONI, C. A. G. P. O Clima e a Agricultura. In: II ENCONTRO DE GEOGRAFIA DE MATO GROSSO e I SEMINÁRIO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA, 2., 1., 2004, Cuiabá/MT. Disponível em: <[www.geografia.ufmt.br/eventos/engeo2004/trabalhos/trabalhos\\_034.htm](http://www.geografia.ufmt.br/eventos/engeo2004/trabalhos/trabalhos_034.htm)>. Acesso em: 23 de maio de 2016.

ARAÚJO, L. E. de; BECKER, C. T.; PONTES, A. de L.. Periodicidade da precipitação pluviométrica no Estado da Paraíba. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 13., 2003, Santa Maria. *Anais...* v.2, Santa Maria, p. 947-948, 2003.

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

CONRAD, V.; POLLAK, L. W. **Methods in climatology**. Cambridge, Estados Unidos: Harvard University Press, 459, p. 1950.

MORETTIN, P. A. **Ondas e Ondaletas: da análise de Fourier à análise de ondaletas de séries temporais**. São Paulo: EDUSP, 2014. 276p.

PINHEIRO, M. R.; PAULO, S.R. Utilização da análise de Fourier no estudo de variáveis micrometeorológicas de uma floresta de transição do norte do Mato Grosso. *Amazônia: ACTA Amazônica*, v. 41, p. 39-46, 2011.

RICIERI, A. P. Construindo a série de Fourier. **Matemática Aplicada na Vida**. Edições Prandiano, 1988.