



## **A influência dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña com a intensidade da precipitação na bacia do rio Sergipe, Brasil**

**Leandro de Santana Santos<sup>1</sup>, Alan de Gois Barbosa<sup>2</sup>, Ludmilson Abritta Mendes<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal de Sergipe (leandrodesantana14@gmail.com)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Sergipe (alan.1995.barbosa@gmail.com)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Sergipe (ludmilsonmendes@yahoo.com.br)

### **Resumo**

A região Nordeste do Brasil sofre efeito de secas, que podem ser potencializadas por anomalias climáticas. Este trabalho tem como objetivo analisar se a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña interferem no regime de precipitações em uma bacia hidrográfica do estado de Sergipe, Nordeste do Brasil. Para examinar a relação entre os efeitos, foram feitos os testes não paramétricos da mediana e de Kruskal-Wallis com os dados de precipitação acumulada trimestral em uma estação pluviométrica com uma abrangência de dados superior a 50 anos. O estudo constata que existe uma relação entre o fenômeno e as alterações na precipitação da bacia.

Palavras-chave: Fenômeno Climático, El Niño, La Niña, Pluviosidade, Nordeste, Bacia Hidrográfica.

Área Temática: Recursos Hídricos

## **The influence of El Niño and La Niña climatic phenomena with precipitation intensity in the Sergipe river basin, Brazil**

### **Abstract**

*The Northeastern region of Brazil suffers a strong effect of droughts, which can be potentiated by climatic anomalies. This work aims to analyze if the occurrence of the El Niño and La Niña phenomena interfere in the rainfall regime in a river basin of the Sergipe state, Northeast of Brazil. In order to examine the relationship between effects, the non-parametric tests of the median and Kruskal-Wallis were performed with the accumulated quarterly rainfall data in a rainfall station with a data range over 50 years. The study finds that there is a relationship between the phenomenon and changes in basin precipitation.*

*Key words: Climatic phenomena, El Niño, La Niña, Pluviosity, Northeastern, River Basin, Watershed.*

*Theme Area: Water Resources*



## 1 Introdução

A porção nordeste do Brasil é acometida por épocas secas caracterizadas por precipitações mal distribuídas e de quantidade inconstante. Uso indevido do solo, desmatamentos, e a má gestão dos recursos hídricos estão entre os influenciadores da fragilidade da região aos eventos de secas. Mas não apenas fatores antrópicos são responsáveis pela intensidade do fenômeno, a variação do comportamento do clima tem fundamental importância no problema.

Dentre os fenômenos que agravam as secas, pode-se citar o dipolo do atlântico, El Niño e La Niña. Esses últimos que vem recebendo considerável atenção nos últimos anos devido sua influência no regime pluviométrico de várias regiões em torno do globo. Estudos anteriores como Grimm, Barros e Doyle (1999), Nobrega e Santiago (2014), Melo (1999) e Grimm, Ferraz e Gomes (1997) já abordaram a existência de anomalias pluviométricas causadas pelos fenômenos no Brasil, mas mesmo entre eles observa-se que ainda se carece de estudos que correlacionem estes efeitos ao comportamento pluviométrico em pequenas bacias do Nordeste.

Esse estudo tem como principal objetivo analisar se a ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña interferem no regime de precipitações em uma bacia hidrográfica do estado de Sergipe, Nordeste do Brasil.

## 2 Referencial Teórico

De acordo com Aragão (1998), o El Niño desde o século XVI era um fenômeno conhecido pelos pescadores do Peru/Equador, muito antes de ser detectado por cientistas da meteorologia e áreas afins. Recebeu esse nome em referência ao Menino Jesus, devido ao fato de geralmente ocorrer próximo ao Natal. É um fenômeno climático responsável por anomalias atmosféricas que duram vários meses e afetam principalmente a porção tropical do continente. Segundo Grimm et al. (1997), o efeito também afeta a região subtropical do continente.

Philander (1985) diz que o El Niño é caracterizado pelo aquecimento das águas do leste do Oceano Pacífico, intercalado por intervalos em que a temperatura da água na superfície não varia muito (não ultrapassa  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ), ou por períodos em que a temperatura das águas fica mais fria que o normal, fenômeno chamado de La Niña. Os períodos em que não há variação expressiva da temperatura da água são considerados anos sem ocorrência dos fenômenos. Quanto à atuação, há períodos em que o El Niño atua mais forte ou mais fraco, ou que seus efeitos não são perceptíveis, mesmo existindo. Também é válido lembrar que o ano e a região afetados por El Niño não necessariamente são afetados por La Niña, ou não necessariamente com uma intensidade semelhante. Pesquisas anteriores como Grimm et al. (1997, 1999) e Aragão (1998) apontam uma relação entre esses fenômenos com o aumento ou diminuição da pluviosidade em alguns países tropicais, influenciando a ocorrência de secas no nordeste do Brasil, Austrália e Indonésia, além de chuvas acima do normal no Alasca, sul e sudeste do Brasil, Uruguai e norte da Argentina (ARAGÃO, 1998).

Esses fenômenos são apontados como fatores que afetam indiretamente aspectos econômicos e sociais (GRIMM et al., 1999; MELO, 1999), mas que ainda assim carecem de estudos mais detalhados sobre sua ocorrência e a forma como se manifesta. O Brasil, devido à sua vasta costa litorânea, sofre forte influência dos efeitos de El Niño e de La Niña. Segundo Grimm et al. (1999), embora haja diferença entre as ocorrências desses dois fenômenos, há certa similaridade entre eles e uma dada consistência que tornam interessante sua exploração para estudos climáticos.



### 3 Metodologia

Os dados pluviométricos usados neste trabalho foram os da série histórica de totais mensais no período de 1953 a 2005 do posto pluviométrico de Santa Rosa de Lima (01037049), situado no município de mesmo nome no estado de Sergipe. O posto está sob responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA), e ainda se encontra em operação, mas devido a falhas na série histórica, só foi possível fazer o preenchimento até o ano de 2005. Os dados do posto foram obtidos através da plataforma Hidroweb (ANA, 2018), junto ao programa Hhidro, que também foi usado para o tratamento dos dados. A Tabela 1 apresenta as características da estação Santa Rosa de Lima.

Tabela 1 – Dados da Estação

Código	1037049
Nome	Santa Rosa De Lima (Camboatã)
Código Adicional	4815359
Bacia	Atlântico, Trecho Leste (5)
Estado	Sergipe
Município	Santa Rosa de Lima
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Latitude	-10:39:10
Longitude	-37:11:34
Altitude (m)	47
Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	3672

Fonte: ANA (2018)

Com o auxílio do programa Hidro, as informações obtidas através do Hidroweb foram organizadas para a construção de planilhas.

Para preencher as falhas de registros da série histórica, foi adotado o Método da Ponderação Regional, apresentado por Tucci (2004), que consiste em utilizar dados de postos próximos para estimar a precipitação média ocorrida nos meses de falha. Esse método é dado pela Equação 1:

$$P_X = \frac{1}{3} \left( \frac{P_Z}{P_{Zm}} + \frac{P_Y}{P_{Ym}} + \frac{P_W}{P_{Wm}} \right) * P_{Xm} \quad (1)$$

na qual  $P_X$  é a precipitação no posto X onde se encontra a falha;  $P_Z$ ,  $P_Y$ , e  $P_W$  são as precipitações que ocorreram nos postos Z, Y e W no intervalo em que ocorreu a falha; e  $P_{Zm}$ ,  $P_{Ym}$ ,  $P_{Wm}$ ,  $P_{Xm}$ , são as precipitações médias nos postos Z, Y, W e X respectivamente.

Para o preenchimento da série, foram utilizados os postos de código 01037047 (Siriri), 01037028 (Laranjeiras), 01037042 (Riachuelo), 01036014 (Japarutuba), 01037036 (Nossa Senhora das Dores) e 01037030 (Malhador) e. Todos os dados usados foram dados brutos.

As informações sobre a ocorrência de El Niño e de La Niña são disponibilizadas pelo National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2017). Os dados registram a ocorrência em grupos trimestrais, sendo 12 grupos por ano. Em cada trimestre está indicado se ocorreu El Niño, La Niña ou se foi um trimestre considerado normal, ou seja, sem anomalia nas temperaturas do Oceano Pacífico.

Para realizar os testes, os dados do posto de Sta. Rosa de Lima, já com as falhas preenchidas, foram agrupados em conjuntos trimestrais. Posteriormente, essa amostra foi separada em 3 sub-amostras:



- Sub-amostra A: trimestres em que foi registrada a ocorrência de El Niño (EN);
- Sub-amostra B: trimestres em que foi registrada a ocorrência de La Niña (LN);
- Sub-amostra C: trimestres em que não houve ocorrência de EN nem de LN, sendo considerado período neutro.

A forma como ficaram caracterizadas as sub-amostras é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Estatísticas das sub-amostras de precipitação acumulada trimestral

	El Niño	Neutro	La Niña
Número de elementos	183	291	162
Média (mm)	249,4	319,8	355,4
Mediana (mm)	205,4	298,4	302,0

Fonte: Autores (2018)

A partir dos dados da Tabela 2, já é possível notar que nos períodos de ocorrência de EN a média das precipitações acumuladas trimestrais é inferior à dos períodos neutros, e nos períodos de manifestação de LN a precipitação na bacia é maior que nos períodos neutros.

Para averiguar se há diferença significativa entre as três amostras, foram realizados os testes não paramétricos da mediana e de Kruskal-Wallis, apresentados por Martins (2008). Ambos os testes foram unilaterais, com um intervalo de confiança de 95% com um número de grau de liberdade dado pela Equação 2.

$$\varphi = (K - 1) \quad (2)$$

onde K é o número de sub amostras (3 nesse caso), e  $\varphi$  o grau de liberdade.

O teste da mediana para grupos independentes que não tenham necessariamente o mesmo tamanho é uma das alternativas para verificar se três ou mais grupos podem ser provenientes de uma mesma população, ou de populações que tenham a mesma mediana. São elaboradas então duas hipóteses: hipótese nula ( $H_0$ ) que diz que as medianas das sub amostras são iguais e a hipótese alternativa ( $H_1$ ) que diz que as medianas das sub amostras são diferentes. O teste foi realizado calculando-se a mediana da amostra, que depois foi separada nas três sub-amostras anteriormente citadas.

Sendo assim, dividiu-se as três sub-amostras em dois grupos: o grupo com valores maiores que a mediana e outro com valores menores ou iguais à mediana. Foram formadas assim duas frequências: a frequência teórica e a frequência observada.

Na frequência teórica, cada sub-amostra é dividida na metade e a quantidade de valores maiores e menores que a mediana é igual (caso a sub-amostra tenha um número par de dados) ou semelhante mas bem próxima (caso a sub-amostra tenha um número ímpar de dados).

Na frequência observada, as sub-amostras são separadas usando a própria mediana do conjunto como referência. A partir dos resultados dessas duas frequências é então calculado o valor de  $\chi^2_{calc}$ , segundo Martins (2008), pela Equação 3.

$$\chi^2_{calc} = \sum_{i=1}^n \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} \quad (3)$$

onde  $o_i$  é a frequência observada para cada caso e  $e_i$  é a frequência esperada para cada caso.

O segundo teste aplicado foi o Kruskal-Wallis, usado para decidir se um número K de amostras ( $K > 2$ ) independentes provém de populações que tenham médias iguais. Nesse teste primeiro deve-se dispor a amostra em ordem crescente, atribuindo postos de 1 a n a cada elemento, no caso de empate é atribuído o posto médio.

Logo depois os valores dos postos de cada um dos K grupos são somados:  $R_i$   $i=1,2,...,K$ . Há duas hipóteses para esse teste,  $H_0$ : as médias dos K grupos são iguais;  $H_1$ : há



pelo menos um par diferente. Nesse teste foram formados três grupos, que são as sub amostras anteriormente citadas. Feito isso, calculamos a estatística pela Equação 4:

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^K \frac{(R_i)^2}{n_i} - 3(n+1) \quad (4)$$

Se  $H < \chi^2_{\text{tab}}$ , não pode-se rejeitar  $H_0$

Se  $H > \chi^2_{\text{tab}}$ , rejeita-se  $H_0$  concluindo com risco de 5%, que há diferença entre as medias dos três grupos.

#### 4 Resultados e Discussões

O teste da mediana forneceu os resultados apresentados nas Tabelas 3 e 4:

Tabela 3 – Frequências Teóricas

	<b>Normal</b>	<b>El Niño</b>	<b>La Niña</b>
Valores Maiores que 278,4 mm	145,0	91,0	81,0
Valores Iguais ou Menores que 278,4 mm	146,0	92,0	81,0

Fonte: Autores (2018)

Tabela 4 – Frequências Observadas

	<b>Normal</b>	<b>El Niño</b>	<b>La Niña</b>
Valores Maiores que 278,4 mm	159,0	72,0	87,0
Valores Iguais ou Menores que 278,4 mm	132,0	111,0	75,0

Fonte: Autores (2018)

Tem-se então que  $\chi^2_{\text{cal}} = 11,35$ . Para um intervalo de confiança de 95% e 3 graus de liberdade, o valor tabelado para a distribuição Qui-Quadrado é  $\chi^2_{\text{tab}} = 5,99$ . Assim, uma vez que  $\chi^2_{\text{cal}} > \chi^2_{\text{tab}}$ , pode-se, sob um risco de 5%, rejeitar a hipótese de que as medianas são iguais.

O teste de Kruskal-Wallis teve o resultado apresentado na Tabela 5:

Tabela 5 – Resultados Kruskal-Wallis

	<b>Neutro</b>	<b>El Niño</b>	<b>La Niña</b>
Soma dos valores	96847	49303	56404
n	291	183	162

Fonte: Autores (2018)

Tem-se então que:  $H = 18,82$ . Dado que  $\chi^2_{\text{tab}} = 5,99$ , então, como  $H > \chi^2_{\text{tab}}$ , pode-se rejeitar a hipótese de igualdade entre as médias com um risco de 5%.

#### 5 Conclusão

Através dos testes pode-se concluir que as sub amostras não pertencem a mesma população. Isso significa que os efeitos dos fenômenos climáticos El Niño e La Niña estão presentes na bacia do Rio Sergipe e influenciam os efeitos da precipitação na região. A Tabela 2, que relaciona a ocorrência da pluviosidade nos períodos de influência já apresentava em uma análise preliminar que nos períodos de EN a bacia passava por um regime de baixa pluviosidade, quanto que nos períodos de LN a pluviosidade na bacia aumentava



consideravelmente, os testes confirmaram esse comportamento das sub amostras.

O resultado apresentado mostra que uma forte presença dos efeitos causados pelos fenômenos climáticos pode ser constatada em uma bacia litorânea do estado de Sergipe, no leste Brasileiro. Estudos anteriores apontavam que a porção norte do nordeste do Brasil recebia a maior influência da decorrência do El Niño e de La Niña (Aragão (1998)). Porém o estado de Sergipe fica na porção central do nordeste do país, o que implica que esses efeitos estão presentes em uma área maior da costa brasileira e que podem estar influenciando diretamente no regime pluviométrico dessas regiões, assim como na bacia estudada.

## Referências

ANA – Agência Nacional de Águas. **Plataforma HidroWeb**. Disponível em: <<http://www.snirh.gov.br/hidroweb/>>. Acesso em: 05 Jan. 2018.

GRIMM, A. M.; BARROS, V. R.; DOYLE, M. E. Climate Variability in Southern South America Associated with El Niño and La Niña Events. **Journal of Climate**, v. 13, n. 1, p. 35-58, 2000.

PHILANDER, S.G.H. El Niño and La Niña. **Journal of the Atmospheric Sciences**, v. 42, n. 23, p. 2652-2662, 1985.

GRIMM, A. M.; FERRAZ, S. E. T.; GOMES, J. Precipitation Anomalies in Southern Brazil Associated with El Niño and La Niña Events. **Journal of Climate**, v.11, n.11, p.2863-2880, 1998.

NOBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F. Tendência de Temperatura na Superfície do Mar nos Oceanos Atlântico e Pacífico e Variabilidade de Precipitação em Pernambuco. **Mercator**, Fortaleza, v. 13, n. 1, jan./abr. 2014.

MELO, J. C. de. **O Fenômeno El Niño e as Secas no Nordeste do Brasil**. Departamento de História e Geografia, Universidade Federal da Paraíba, 1999.

ARAGÃO, J. O. R. O impacto do ENSO e do Dipolo Atlântico no nordeste do Brasil. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, v. 27, n. 3, p. 839-844, 1998.

MOURA, B. de A.; ARAGÃO, J. O. R. de; MELO, J. S. P. de; SILVA, A. P. N. da; GIONGO, P. R.; LACERDA, F. F. Relação Entre a Precipitação do Leste do Nordeste do Brasil e a Temperatura dos Oceanos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola d Ambiental**, v.13, n.4, p.462-469, 2009.

CLIMATE PREDICTION CENTER. **Cold and Warm Episodes by Season**. Disponível em: <[http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ONI\\_v5.php](http://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php)>. Acesso em: 13 Jan. 2018

MARTINS, G. de A. **Estatística Geral e Aplicada**. 3 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

TUCCI, C. E. M.. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3 ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004.