

*Rubens Junqueira<sup>2</sup>; José de Oliveira Melo Neto<sup>3</sup>; Gustavo Alves Pereira<sup>4</sup>; Uilson Ricardo Venâncio Aires<sup>5</sup>; André Ferreira Rodrigues<sup>6</sup>; Carlos Rogério de Mello<sup>7</sup>*

<sup>1</sup> Trabalho apresentado no XIX Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 23 a 28 ago. 2015

<sup>2</sup> Eng. Agrícola, Estudante, DEG/UFLA, Lavras - MG, (35)9214-4280, [rubensjunqueira@live.com](mailto:rubensjunqueira@live.com)

<sup>3</sup> Doutorando Recursos Hídricos em Sistemas Agrícolas, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG.

<sup>4</sup> Graduando Eng. Agrícola, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG

<sup>5</sup> Graduando Eng. Agrícola, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG

<sup>6</sup> Graduando Eng. Ambiental e Sanitária, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG

<sup>7</sup> Eng. Agrícola, Prof. Doutor, Departamento de Engenharia, UFLA, Lavras-MG

**RESUMO:** A sazonalidade meteorológica é um fenômeno que representa o ciclo de variações dos elementos meteorológicos. Por sua vez, a variabilidade climática corresponde a alteração do padrão climático de uma região. Alterações do padrão climático podem ser danosas para os ecossistemas naturais bem como o desenvolvimento de diversas atividades antrópicas. Conhecer essas variações do clima é um fator de grande importância para identificação de potenciais riscos, bem como dimensionamento de estruturas hidráulicas. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo verificar a ocorrência de tendência de aumento ou redução na precipitação pluvial para o estado de Sergipe, situado no Nordeste brasileiro. Para realização dos cálculos, foram utilizadas séries históricas de precipitação das estações localizadas nos municípios de Aracaju, Itabaianinha e Propriá, no período de 1961 a 2010, pertencente à rede de monitoramento do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A análise foi realizada aplicando-se o teste de *Mann-Kendall* a um nível de significância de 5%. As estações de Aracaju e Propriá apresentaram tendência negativa, ou seja, foi rejeitada a hipótese  $H_0$  e assumiu-se a hipótese  $H_a$  de que há redução da precipitação ao longo dos anos. O município de Itabaianinha não apresentou qualquer tendência de aumento ou redução das chuvas no período analisado.

**PALAVRAS-CHAVE:** teste de *Mann-Kendall*; caracterização climática; série histórica

#### **ANALYSIS OF PRECIPITATION TREND FOR THE TOWNS OF ARACAJU, ITABAIANINHA AND PROPRIÁ, SE<sup>1</sup>**

**ABSTRACT:** The meteorological seasonality is a phenomenon which represents the cycle of variations of the meteorological elements. In turn, the climatic variability corresponds to the alteration of the climatic pattern of a region. Alterations of the climatic pattern can be harmful for natural ecosystems, as well as the development of several anthropic activities. Knowing these climatic variations is a highly important factor for the identification of potential risks, as well as the measurement of hydraulic structures. In this context, this study aims at verifying the occurrence of an increasing or decreasing trend in the pluvial precipitation for the state of Sergipe, located in the Brazilian Northeast. To perform the calculations, we used historical series of precipitation for the stations at the towns of Aracaju, Itabaianinha and Propriá, in the period of 1961 to 2010, belonging to the monitoring network of the Instituto Nacional de Meteorologia (INMET – National Meteorology Institute). The analysis happened with the application of the Mann-Kendall test, at a meaningful level of 5%. The stations at Aracaju and Propriá presented a negative trend, which means the  $H_0$  hypothesis was rejected and then the  $H_a$  hypothesis was assumed, believing there is the reduction of the precipitation over the years. The town of Itabaianinha did not present any trend of increase or decrease for rain in the analyzed period.

**KEYWORDS:** Mann-Kendall test; climatic characterization; historical series

## INTRODUÇÃO

Alterações climáticas vêm sendo cada vez mais constantes no Brasil e no mundo, sendo que o primeiro vem sofrendo com o racionamento de água em grande parte do território devido à baixa pluviosidade nos últimos anos. O agronegócio representa 23% de todo Produto Interno Bruto (PIB) nacional (CPEA, 2014) e grande parte da produção é realizada com o auxílio da irrigação. A escassez de água afeta diretamente a produção de alimentos e a economia brasileira.

O ciclo de chuvas no Nordeste brasileiro é diferente do restante do país e, devido à sua localização, a região sofre com intensa variabilidade espacial e temporal na precipitação. Com isso, pesquisadores de institutos nacionais e internacionais são instigados a realizar estudos meteorológicos na região (BECKER et al., 2011). Estes fatos fazem com que Sergipe seja alvo de diversos estudos hidrometeorológicos, uma vez que, apesar de possuir área relativamente pequena, o estado encontra-se em duas regiões climáticas com características distintas.

Analisar tendência com base em uma série de dados históricos significa saber o comportamento climático da região, além de permitir maior conhecimento para decisões futuras. Yevjevich (1972) citado por Back (2001) define tendência em uma série temporal como sendo uma mudança sistemática e contínua em qualquer parâmetro de uma amostra, excluindo-se mudanças periódicas ou quase periódicas. De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM), estudos climáticos devem ser calculados com base em médias climatológicas iguais ou superior a 30 anos.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo verificar a ocorrência de tendência de aumento ou redução na precipitação pluvial para o estado de Sergipe, situado no Nordeste brasileiro

## MATERIAIS E MÉTODOS

O estado de Sergipe, localizado no Nordeste brasileiro, possui grande importância econômica e cultural na região. Segundo o IBGE (2014) sua população está estimada em 2,2 milhões de habitantes distribuídos em uma área de aproximadamente 21,9 mil km<sup>2</sup>. O interior do estado tem como clima predominante semiárido, em que a precipitação média anual não ultrapassa os 700mm, enquanto que na região Litoral Sudeste são observadas precipitações superiores a 2.000mm (SIRHSE, 2015). Foram utilizadas séries históricas de três estações pluviométricas do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) com influência na área de Sergipe (TABELA 1).

**Tabela 1.** Séries históricas das estações do INMET localizadas no estado de Sergipe

Município	Altitude (m)	Latitude	Longitude	Período da série
Aracaju	4,72	-10,95	-37,04	01/1961 a 11/2010
Itabaianinha	208,0	-11,11	-37,81	06/1963 a 11/2010
Propriá	19,92	-10,19	-36,86	10/1963 a 11/2010

As séries de precipitações diárias foram acumuladas afim de obter o total acumulado mensal de precipitação pluvial. A análise de tendência nas estações estudadas foi realizada pelo teste não paramétrico de *Mann-Kendal* (Equação 1), a um nível de significância de 5%.

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k) \quad (1)$$

onde,

$$S = \begin{cases} +1 & \text{se } x > 0 \\ 0 & \text{se } x = 0 \\ -1 & \text{se } x < 0 \end{cases}$$

O maior valor possível para S é chamado de D (Equação 2) e ocorre quando  $x_1 < x_2 < \dots < x_n$ .

$$D = \left[ \frac{1}{2}n(n-1) - \frac{1}{2}\sum_{j=1}^p t_j(t_j-1) \right]^{0,5} \left[ \frac{1}{2}n(n-1) \right]^{0,5} \quad (2)$$

onde, n é o número de observações e, considerando o caso em que a série pode ter grupos com observações iguais, P é o número de grupos com observações iguais e  $t_j$  é o número de observações iguais no grupo j.

Em seguida, realiza-se a estatística do *Tau* de *Kendall* (Equação 3), para verificação do teste de *Mann-Kendall*.

$$\tau = \frac{S}{D} \quad (3)$$

Após a obtenção do valor de *Tau* de *Kendall* e do p-valor bicaudal, valor que indica o risco de rejeitar a hipótese nula  $H_0$  quando ela é verdadeira. Caso o p-valor seja superior ao nível de significância 0,05, rejeita-se a hipótese nula  $H_0$  e aceita-se a hipótese  $H_a$ , de que há tendência monotônica no tempo, essa tendência pode ser positiva ou negativa e é dependente do valor de *Tau*.

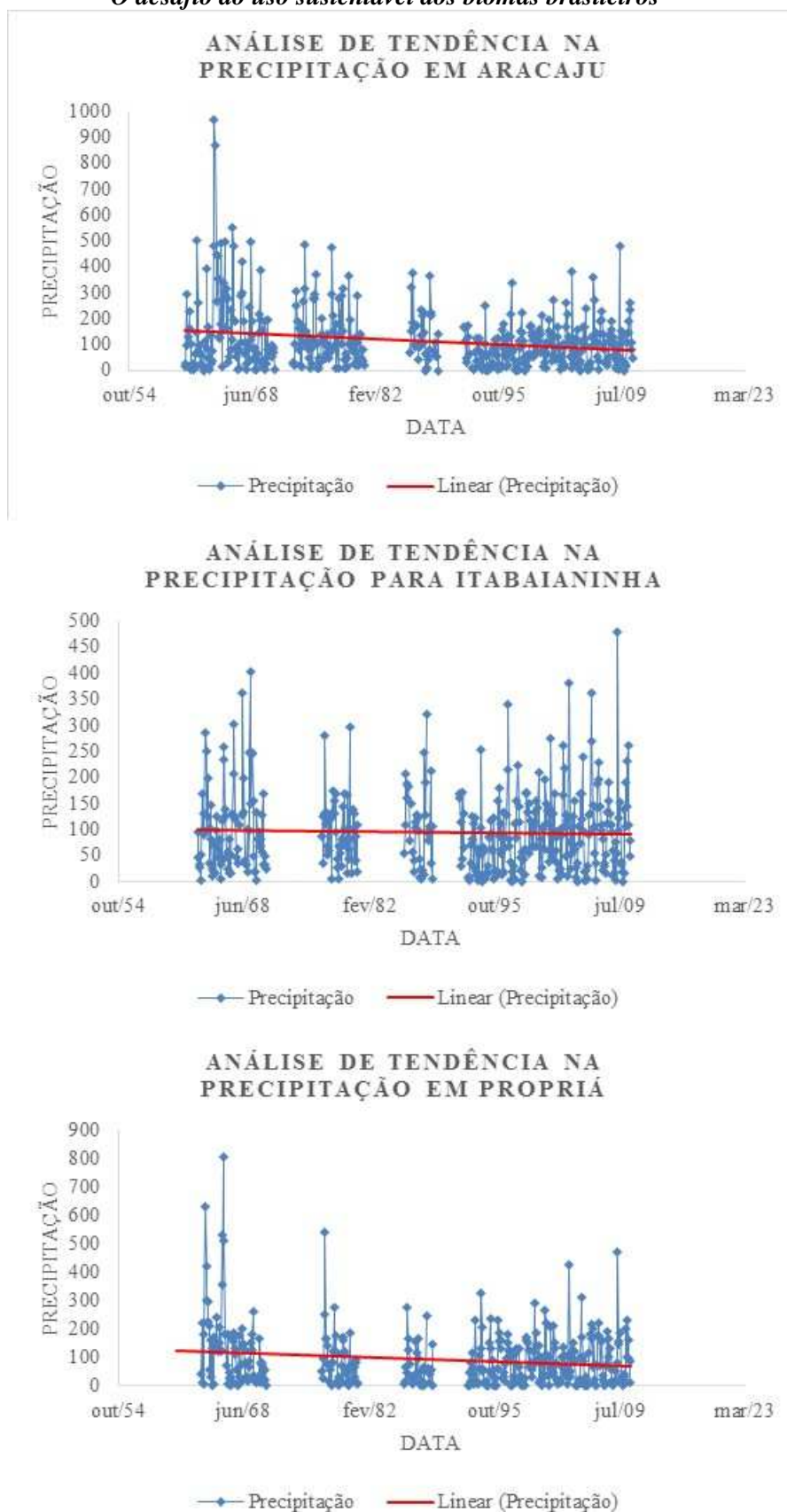
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de tendência utilizando a estatística de *Mann-Kendall* nas séries de precipitação total anual rejeitou a hipótese nula ( $H_0$ ) em dois postos (Aracaju e Propriá), em favor da hipótese alternativa ( $H_a$ ) de que há tendência negativa na série, a um nível de significância de 5%. Para o município de Itabaianinha não foi rejeitada a hipótese nula, indicando a não ocorrência de tendência na série. Os resultados do teste de *Mann-Kendall* para todos os municípios são apresentados na Tabela 2.

**Tabela 2.** Resultados do teste de *Mann-Kendall* para a Precipitação Total Anual

	Aracaju	Itabaianinha	Propriá
<b>Tau de Kendall</b>	-0,073	-0,008	-0,078
<b>p-valor</b>	0,009	0,802	0,011
<b>Tendência</b>	Negativa	Sem Tendência	Negativa

Os resultados obtidos no teste podem ser confirmados observando os gráficos gerados com o auxílio da planilha eletrônica (Figura 1), onde consta os dados de precipitação total anual de todas as estações analisadas. A linha em vermelho indica a tendência nos dados da série.



**Figura 1.** Análise de Tendência na Precipitação Total Anual para o estado de Sergipe

Com os gráficos acima pode-se identificar a existência de tendência negativa para os municípios de Aracaju e de Propriá desde o início da década de 60 até o ano de 2010. Os dados de precipitação de Itabaianinha apresentaram certa constância ao longo da série temporal. É possível perceber ainda algumas falhas nos dados, porém sem exercer grande influência na análise final.

## CONCLUSÕES

O teste não paramétrico de *Mann-Kendall* apresentou resultados diferentes ao longo da região estudada. As séries temporais de Aracaju e Propriá apresentaram redução na precipitação ao longo dos anos, enquanto que o município de Itabaianinha não apresentou qualquer mudança significativa em sua série.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo fomento que viabilizou a apresentação deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 5, p. 717-726, 2001.

BECKER, Carmem Terezinha et al. Caracterização Climática das Regiões Pluviometricamente Homogêneas do Estado da Paraíba (Climatic Characterization Rainfall Homogeneous Regions of the State of Paraíba). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 4, n. 2, p. 286-299, 2011.

CPEA – Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – ESALQ/USP. PIB Agro CPEA-USP/CNA. Disponível em: <<http://cepea.esalq.usp.br/pib/>>. Acesso em: 26 de março de 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Estados**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=se>>. Acesso em: 20 de março de 2015.

SIRHSE – Sistema de Informação sobre Recursos Hídricos de Sergipe. **Clima**. Disponível em: <[http://sirhse.semarh.se.gov.br/sirhse/index.php/macroplanejamento/bacias\\_hidrograficas/estadoClima/estado](http://sirhse.semarh.se.gov.br/sirhse/index.php/macroplanejamento/bacias_hidrograficas/estadoClima/estado)>. Acesso em: 20 de março de 2015.