

XII ENCONTRO NACIONAL DE ÁGUAS URBANAS

ANÁLISE DA ESTACIONARIEDADE DA PRECIPITAÇÃO MÁXIMA ANUAL NA CIDADE DE MURICI/AL

Yan Ranny Machado Gomes¹; Wallisson Moreira de Carvalho²;

Letícia Leite de França Lopes³ & Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves⁴

RESUMO – Atualmente pode não ser mais razoável assumir estacionariedade em modelos de precipitação, especialmente devido às mudanças climáticas. Estudos da estacionariedade devem ser realizados em séries de precipitação máxima devido às suas consequências. Neste estudo o teste não paramétrico de Mann-Whitney U foi realizado em uma série pluviométrica em Murici/AL considerando precipitações máximas anuais. Resultados mostraram que não há uma mudança na tendência considerável, uma vez que o valor p foi de 0.80329, e maior que o nível de significância estabelecido de 0.05. Apesar os resultados acima apresentados, eles não significam que não há mudanças no regime de chuva, apenas que as máximas anuais não estão mudando. Informação importante para definição da precipitação de projeto. Um estudo detalhado da precipitação diária em Murici deve ser realizado levando em consideração os problemas de autocorrelação para maior investigação.

ABSTRACT – It may no longer be reasonable to model precipitation under stationary process, especially due to climate changing. Studies of stationarity should be driven in maximum extreme precipitation events because of their consequences. In this paper the nonparametric Mann-Whitney U test was conducted a pluviometric series in Murici/AL considering maximum annual precipitations. Results showed no considerable changing trend since the p-value turned out to be 0.80329, and greater than the 0.05 significance level. Although the results above presented, they do not mean that rainfall pattern is changing, only that the annual maximum extremes are not. Important information for precipitation design. A detailed examination of daily rainfall in Murici should be carried out taking into account the autocorrelation issues for further information.

Palavras-Chave – Tendência, teste de hipótese, chuva.

1) Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Civil, Recife, e-mail: yanr.machado@gmail.com

2) Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia, Maceió, e-mail: wallissoncarvalho95@gmail.com

3) Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia, Maceió, e-mail: leticia.leitefl@gmail.com

4) Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia, Maceió, e-mail: marllus.neves@gmail.com

1 - INTRODUÇÃO

Uma vez que a drenagem urbana envolve a rede de coleta da água precipitada sobre as superfícies para o planejamento de sistemas de drenagem e manejo das águas urbanas, é necessário entender o comportamento pluviométrico da região, incluindo a determinação da curva de intensidade, duração e frequência (IDF).

As ferramentas estatísticas clássicas de distribuição de frequências, necessárias para os cálculos da curva IDF, se baseiam em duas premissas: i) os elementos da série são independentes e igualmente distribuídos e ii) o fenômeno é estacionário, ou seja, as características estatísticas não se alteram com o tempo.

Milly et al. (2008) levantam uma discussão sobre os desafios que a estacionariedade enfrenta graças às intervenções antrópicas e às variações naturais. Sendo assim, os profissionais precisariam considerar substituir modelos matemáticos que se baseiam na premissa da estacionariedade. Além disso, Wang, Hagen e Alizad (2013) sugeriram que a determinação da curva IDF, a partir de uma série de dados pluviométricos, deveria ser revisada em consequência do aumento da intensidade e frequência das precipitações extremas.

Na literatura há diversos estudos que revelam a existência de tendências, crescentes ou decrescentes, em precipitações. Em algumas regiões de Ontario, no Canadá, foi observada a não-estacionariedade das precipitações (ADAMOWSKI; ADAMOWSKI; BOUGADIS, 2010). Tendências significantes foram observadas, também, na Coreia do Sul (JUNG et al., 2017) e no Reino Unido (PROSDOCIMI; KJELDEN; SVENSSON, 2014). No Brasil, estudos identificaram mudanças na tendência temporal das chuvas como em cidades do estado de Sergipe, (BARBOSA; ROCHA; MENDES, 2017), na região norte do estado do Rio Grande do Sul (MANKE et al., 2015) e na capital do estado de Alagoas (SALGUEIRO et al., 2017).

No município de Murici, Alagoas, ocorreram historicamente grandes inundações causadas por eventos hidrometeorológicos extremos, ocasionando situações de calamidade pública nos anos de 1989, 2000 e 2010, registradas no Sistema Integrado de Informações Sobre Desastres (S2iD), retratando a vulnerabilidade em que o município está exposto. Além disso, o município não dispõe de estudos que investiguem o comportamento pluviométrico na região.

Dessa forma, este estudo teve como objetivo analisar a estacionariedade temporal no município de Murici - AL, analisando as possíveis mudanças dos padrões em séries pluviométricas de máximas anuais de longo período.

2 - METODOLOGIA

O município de Murici está localizado na região norte-nordeste do estado de Alagoas, limitando-se a norte com o município de Branquinha, a sul com Atalaia, Capela e Rio Largo, a leste com Flexeiras e Messias e a oeste com Capela, como ilustrado na Figura 1. De acordo com os dados do último censo demográfico realizado pelo IBGE (2010), a população estimada para o ano de 2017 corresponde à 28.579 habitantes, em uma área de 418,03 km².

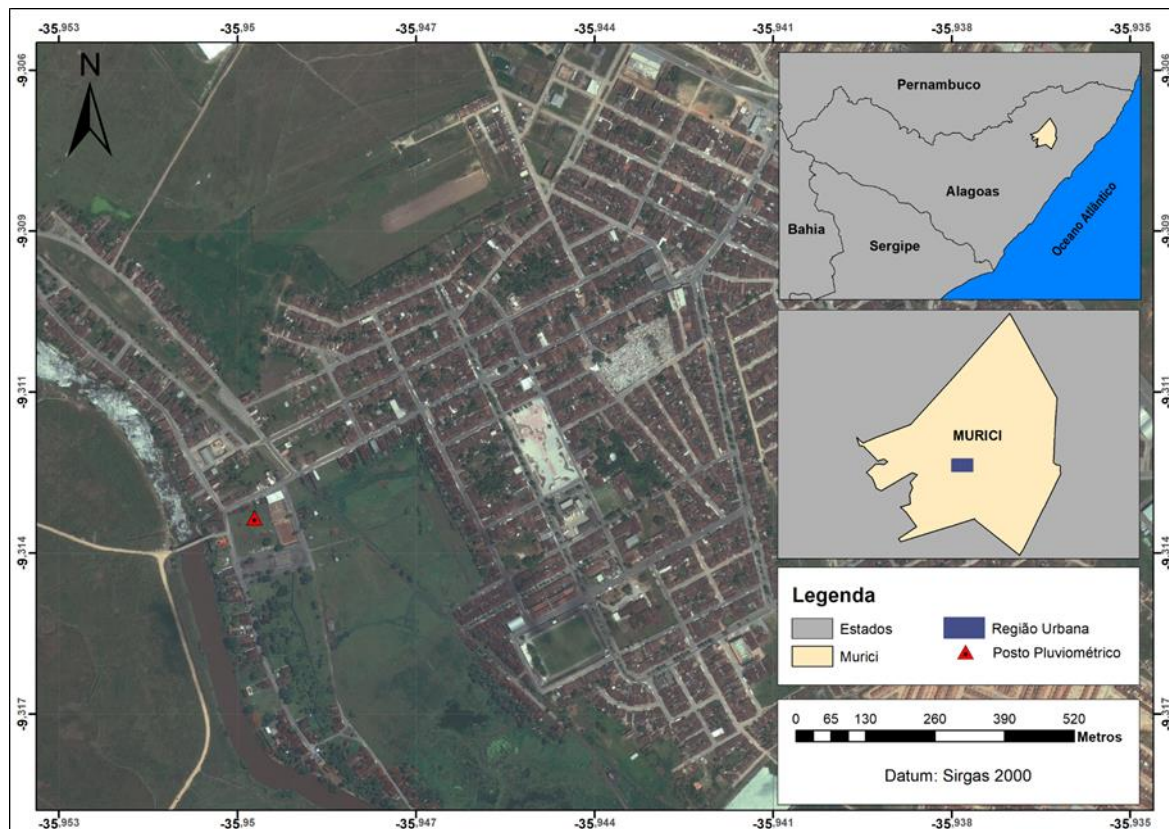


Figura 1 – Localização da área de estudo

Em relação às águas superficiais, o município de Murici está inserido na bacia hidrográfica do Rio Mundaú, sendo banhado por seus tributários, a leste: o riacho Água Quente e o Rio Butangi; a oeste, pelo rio Satuba e seus afluentes. O sistema fluvial deságua no rio São Francisco. (MASCARENHAS; BELTRÃO; SOUZA JR, 2005).

A obtenção dos dados se deu através do Hidroweb (ANA, 2005). A estação pluviométrica Murici – Ponte (código 00935012), apresentada na Figura 1, operada pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM), possui série de dados de abril de 1963 a fevereiro de 2018 e foi escolhida devido ao seu extenso tamanho e continuidade em relação às outras estações na região. A partir de dados de precipitação diária, a máxima anual foi determinada. As ocasionais falhas foram levadas em consideração. Os anos hidrológicos que possuíram mais da metade de seus meses com falha considerável, meses com ausência de mais de 15 dados, foram retirados da análise.

Para o cálculo das máximas anuais utilizou-se a metodologia descrita por Gordon (2004) onde calculou-se a menor média mensal de precipitação para definir o mês de início do ano hidrológico. A partir disso, calculou-se as precipitações máximas anuais de cada ano hidrológico.

Analisar estacionariedade basicamente é verificar tendências, positivas ou negativas, ou mudanças abruptas nas séries. Desse modo, para verificação dessas variações foi utilizado o teste estatístico não paramétrico de Wilcoxon de soma de postos (ou teste U de Mann-Whitney), que consiste na definição de uma hipótese nula (h_0), onde não há tendência positiva nem negativa na série, e de uma hipótese alternativa (h_1), onde há tendência positiva ou negativa. Comparam-se as tendências centrais de duas amostras para verificar se pertencem à uma mesma população, sendo essas amostras obtidas pela divisão da série de dados em duas subamostras (neste estudo, pela divisão da série em duas subamostras de igual tamanho), às quais têm as suas medianas comparadas. Caso a diferença seja maior que um valor crítico estabelecido (determinado pelo nível de significância, que neste caso foi de 5%) se rejeita a hipótese nula, indicando que as amostras são distintas.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a coleta dos dados no Hidroweb (ANA, 2005), foram identificados os dias que apresentaram falhas no registro de precipitação, totalizando 1.398 dias. Os meses com falhas, determinados a partir da ausência de mais de 15 dados, estão identificados na Tabela 1. Os anos hidrológicos de 1978 e 1979 (em destaque) foram retirados da análise de estacionariedade temporal, por apresentarem mais da metade dos meses com falhas.

Tabela 1 – Identificação dos meses com falhas

Ano	Meses com falha	Ano	Meses com falha
1969	1	1979	8
1973	4	1980	4
1974	1	1982	2
1976	4	1984	5
1977	3	2015	1
1978	12		

A metodologia descrita por Gordon (2004) possibilitou a identificação do mês de início do ano hidrológico, definindo como o mês de novembro. Os resultados referentes aos cálculos de precipitações de médias mensais mínimas estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Número de vezes que cada mês apresentou média mensal mínima

Mês	Nº
11	16
12	15
10	9
1	6
2	6
9	2
3	1

A série de dados possui início em janeiro de 1963 e final em fevereiro de 2018. Visto que o período entre novembro (início do ano hidrológico) e fevereiro não é caracterizado como período de precipitações máximas, foram descartados os dados entre novembro de 2017 e fevereiro de 2018. Por outro lado, os dados entre janeiro e outubro de 1963 foram mantidos, já que conseguiram caracterizar um período com alta magnitude de precipitação. Isso pode ser verificado na Figura 2.

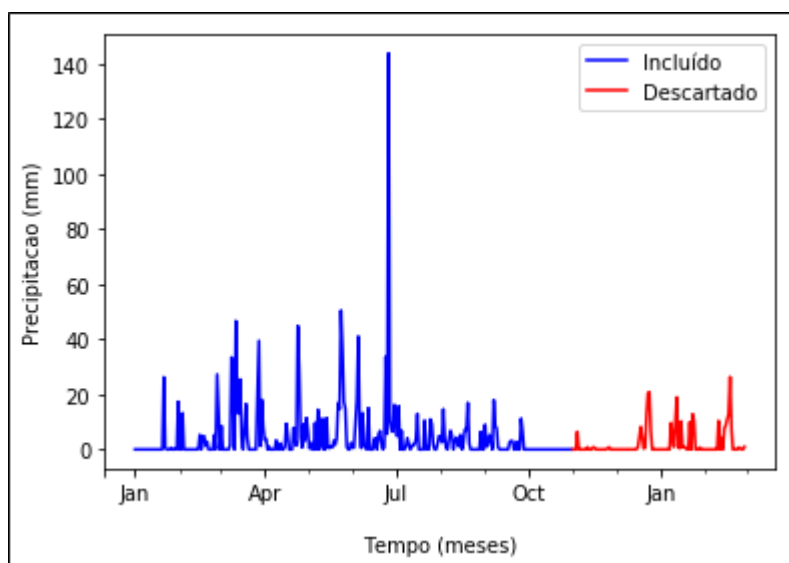


Figura 2: Início e fim da série de dados que não estava inteiramente contida nos anos hidrológicos estabelecidos

Aplicou-se o teste de Mann-Whitney U na série de precipitações máximas anuais, resultando em uma estatística de teste igual a -0,2490 e valor p igual a 0,80329. O valor p é interpretado como a probabilidade de encontrar um resultado pelo menos tão extremo quanto o encontrado na série de dados assumindo que a hipótese nula é verdadeira. Como a hipótese nula no teste é de que as amostras são iguais, ou seja, a série é estacionária e o valor p encontrado é de 0,80329, logo, temos 80,329% de chance de obter o conjunto de dados como este caso a série de precipitação seja estacionária.

Assumindo um nível de significância de 5%, não rejeitamos a hipótese nula, ou seja, não há evidência suficiente para afirmar que a série de precipitações máximas anuais são não estacionárias. A série de máximas anuais assim como sua respectiva regressão linear podem ser vistas na Figura 3.

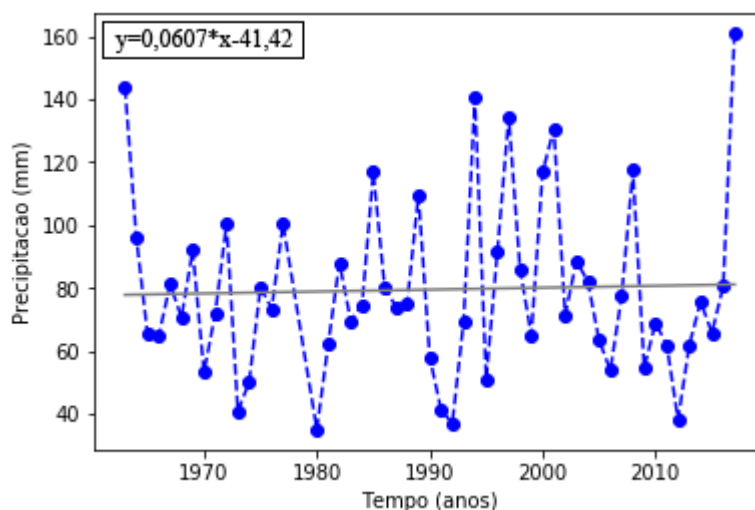


Figura 3: Série de máximas anuais

Salgueiro et al. (2017) encontraram a existência de tendências crescentes na série de precipitações acumuladas anuais na cidade de Maceió, no entanto, não é possível compará-lo com este estudo, visto que se avaliou precipitações máximas anuais. A realização de um estudo voltado para análise de estacionariedade de precipitações máximas anuais dá subsídios para a determinação de precipitações máximas com diferentes períodos de recorrência reduzindo as incertezas associadas, visto que técnicas usuais de definição de chuva de projeto consideram regime estacionário, aplicável neste caso para a cidade de Murici.

Embora o resultado encontrado seja estacionário para série de precipitações máximas anuais, não significa que o registro de vazões em rios também não se altere com o tempo. Santos et al. (2016) definiram como uma das principais causas da não estacionariedade da vazão no rio Pardo em Ribeirão Preto/SP a mudança no uso e cobertura do solo. Além disso, fatores como aumento ou redução da quantidade de água superficial captada e construções de grandes obras hídricas também são capazes de alterar o regime hidrológico de rios na região possivelmente causando não estacionariedade.

4 - CONCLUSÕES

O presente estudo encontrou a estacionariedade nos registros de precipitações máximas anual na cidade de Murici/AL, contribuindo para a redução de incertezas nas definições de precipitação

de projeto utilizando os métodos clássicos como a curva i-d-f para, por exemplo, projetos de microdrenagem.

Além das considerações acima, aconselha-se estudar as vazões dos rios da região para inferir sobre sua possível estacionariedade. Visto que a indicação da estacionariedade dos registros de precipitação não é o suficiente para concluir o mesmo para os rios, pois não é levado em consideração fatores como mudanças no uso e cobertura do solo, alterações na captação e construção de barramentos.

5 - REFERÊNCIAS

- ANA. HidroWeb – Sistema de Informações Hidrológicas, 2005. Disponível em: <[www.http://hidroweb.ana.gov.br/](http://hidroweb.ana.gov.br/)>. Acesso em junho de 2018.
- ADAMOWSKI, J.; ADAMOWSKI, K.; BOUGADIS, J. “*Influence of Trend on Short Duration Design Storms*”. *Water Resources Management*, v. 24, n. 3, p. 401–413, 12 fev. 2010.
- BARBOSA, A. G.; ROCHA, I. M. L.; MENDES, L. A. “*Análise da alteração das precipitações em cidades do estado de Sergipe*”. In *Anais do XI Encontro Nacional de Águas Urbanas*, Belo Horizonte, Jul. 2017.
- BRASIL. IBGE. *Censo Demográfico 2010*. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em junho de 2018.
- GORDON, N. D.; MCMAHON, T. A.; FINLAYSON, B. L.; GIPPEL, C. J.; NATHAN, R. J. *Stream hydrology: an introduction for ecologists*. Wiley, 2 ed., 2004.
- JUNG, Y. et al. “*The Spatial and Temporal Structure of Extreme Rainfall Trends in South Korea*”. *Water*, v. 9, n. 10, p. 809, 22 out. 2017.
- MANKE, E. B.; PRIEBE, P. S.; GUEDES, H. A. S.; CHAGAS NETA, M. C. C.; SILVEIRA, J. P. M. “*Análise de tendências climáticas na região norte do Estado do Rio Grande do Sul*”. In *Anais XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Brasília, Nov. 2015.
- MASCARENHAS, J. C.; BELTRÃO, B. A.; SOUZA JR, L. C. *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Murici, estado de Alagoas*. Recife: CPRM/PRODEEM, 2005.
- MILLY, P. C. D. et al. Climate change. “*Stationarity is dead: whither water management?*” *Science (New York, N.Y.)*, v. 319, n. 5863, p. 573–4, 1 fev. 2008.
- PROSDOCIMI, I.; KJELDSSEN, T. R.; SVENSSON, C. “*Non-stationarity in annual and seasonal series of peak flow and precipitation in the UK*”. *Natural Hazards and Earth System Science*, v. 14, n. 5, p. 1125–1144, 16 maio 2014.
- SALGUEIRO, J. H. P. B.; PINTO, E. J. A.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; SILVA, B. B.; OLIVEIRA, L. M. M. “*Análise da estacionariedade da precipitação na cidade de Maceió segundo métodos estatísticos para verificação de tendências*”. In *Anais XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, Florianópolis, Nov. 2017.
- SANTOS, C. A.; LIMA, A. M. M.; FARIAS, M. H. C. S.; AIRES, U. R. V.; SERRÃO, E. A. O. “*Análise estatística da não estacionariedade de séries temporais de vazão máxima anual diária na bacia hidrográfica do Rio Pardo*”. *Holos*, ano 32, v. 7, 2016.

WANG, D.; HAGEN, S. C.; ALIZAD, K. “*Climate change impact and uncertainty analysis of extreme rainfall events in the Apalachicola River basin, Florida*”. Journal of Hydrology, v. 480, p. 125–135, 14 fev 2013.