

Análise da Tendência Climática nas Séries Temporais de Temperatura de Rondonópolis - MT

Analysis of the Climate Trend in the Temporary Series of Temperature of Rondonópolis- MT

Danielle da Silva Batista^a; Jonathan Willian Zangeski Novais^{*a}

^aUniversidade de Cuiabá, Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais. MT, Brasil.

*E-mail: jonathan.novais@ktoton.com.br

Resumo

Com expansão territorial, as cidades tendem a sofrer com as alterações climáticas, estudar essas alterações se apresentam como de extrema necessidade, pois auxiliarão na mitigação desses efeitos para a sociedade. O objetivo deste trabalho foi analisar séries temporais de temperatura média da cidade de Rondonópolis-MT no período de 2004 a 2016, os dados foram coletados pelo Instituto Nacional Meteorológico (INMET), obtidos por meio de seu Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), para essa análise foi utilizado o teste não paramétrico de Mann Kendall. Os resultados apresentaram tendência positiva, porém não significativa, ou seja, houve aumento na temperatura média durante o período estudado. Os meses de janeiro e fevereiro apresentaram o valor de Z_{MK} -0,011 e -0,055 respectivamente, dessa forma o valor de $Z_{MK} < 0$ consequentemente decrescente, isso pode ter relação com o período chuvoso na região.

Palavra-chave: Mudança Climática. Microclima. Urbanização.

Abstract

With territorial expansion cities tend to suffer from climate change, studying these changes are extremely necessary, as it will help in mitigating these effects to the society. The objective of this work was to analyze the temporal series of the mean temperature of the city of Rondonópolis-MT from 2004 to 2016, the data were collected by the National Meteorological Institute (INMET), obtained through its Meteorological Database for Teaching and Research BDMEP, the non-parametric Mann Kendall test was used for this analysis. The results showed a positive tendency, but not significant, that is, there was an increase in the average temperature during the studied period. The months of January and February presented the value of ZMK -0.011 and -0.055 respectively, thus the value of ZMK < 0 consequently decreasing, this may be related to the rainy season in the region.

Keywords: Climate Change. Microclimate. Urbanization.

1 Introdução

Atualmente, há diversas pesquisas que têm por objetivos investigar e determinar o aumento do microclima de uma determinada região. Estudos indicam que o efeito estufa deverá causar impactos catastróficos e provocará muitas mudanças no modo de viver de várias populações (LOBELL *et al.* 2011, OBREGÓN; MARENGO 2007). Porém, outros estudos indicam que estas mudanças não são assim tão agressivas e seria um processo natural que vem ocorrendo com a Terra e não é fruto exclusivo da antropização (MOSS *et al.*, 2010).

O avanço da urbanização e o crescimento populacional talvez sejam uns dos motivos que causa mudança no microclima, conforme Gheno *et al.*(2012), que afirmam que o processo de urbanização provoca alterações significativas no ambiente natural, em que grandes áreas constituídas de vegetação nativa são substituídas por materiais e equipamentos urbanos. Em 2014, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014) publicou mais um relatório a respeito dos avanços da ciência referentes às mudanças climáticas globais. O cenário mais otimista prevê

um aumento da temperatura terrestre entre 0,3 °C e 1,7 °C de 2010 até 2100 e, no pior cenário, a superfície da Terra poderá aquecer entre 2,6 °C e 4,8 °C ao longo deste século. Assim, atualmente, a caracterização estatística de séries temporais de dados climáticos deve considerar a existência de possíveis alterações no regime esperado das variáveis em estudo na análise do clima de uma região (COSTA *et al.*, 2015).

A análise estatística tem sido usada, de forma expressiva, para identificações e previsões de tendências de variáveis como temperatura e precipitações, Lobell *et al.* (2011) relatam o aumento em um desvio padrão histórico da variabilidade ano a ano para a temperatura na maioria dos países produtores de grãos. Os modelos têm indicado queda na produção de milho e trigo na ordem de 3,8 e 5,5%, respectivamente, em relação ao cenário sem essas mudanças climáticas. Ainda, segundo esses autores, a temperatura média global tem subido 0,13 °C por década desde os anos 1950 e isto deverá afetar profundamente a produção e os preços dos alimentos nas próximas duas ou três décadas.

Como no caso Back (2001), que realizou análise estatística a uma série de dados para temperatura do ar e precipitação para a cidade de Urussanga, SC, no período de 1924 a 1998.

Empregou análise de regressão e os testes não paramétricos de Run, Mann-Kendall e Pettitt. Os resultados encontrados mostram que naquela cidade houve, a partir de 1965, um incremento na temperatura média anual e na temperatura média do mês de janeiro. Também foi identificada tendência significativa de aumento da precipitação pluvial total anual.

Dessa forma, objetivo desse trabalho foi realizar uma análise estatística aplicada às séries de 2004-2016, contemplando os parâmetros de temperaturas médias mensais da cidade de Rondonópolis-MT, utilizando como método estatístico e não paramétrico o teste de Mann-Kendall, no intuito de detectar mudanças bruscas e tendências significativas nas médias interanuais.

2 Material e Métodos

A cidade de Rondonópolis se localiza, geograficamente, na Região Sul do Estado de Mato Grosso, situa-se a uma distância de 210 Km da capital, Cuiabá, e representa cerca de 0,48% da área total do Estado, com uma área de 4.165 Km², sendo 129,2 Km² de zona urbana e 4.035,8 Km² de zona rural (IBGE, 2012).

Foram utilizadas séries históricas de temperaturas médias correspondentes aos períodos de 2004-2016, dados fornecidos pelo Instituto Nacional Meteorológico (INMET), obtidos por meio do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). O conjunto de dados foi organizado em totais mensais, utilizando como ferramenta o software Excel (Microsoft Inc.). Após a organização dos dados, os mesmos foram avaliados quanto às mudanças significativas de comportamento, por meio da aplicação do Teste de Mann-Kendall (MK), utilizando a ferramenta Excel XLSTAT 365. Neste teste se adota a hipótese da estabilidade da série temporal (H_0), em que os valores devem ser independentes e a distribuição de probabilidades deve permanecer sempre a mesma.

2.1 Teste de Mann-Kendall (MK)

O Teste de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975) é um método robusto, sequencial e não paramétrico utilizado para determinar se determinada série de dados possui uma tendência temporal de alteração estatisticamente significativa. Por se tratar de um método não paramétrico, esse não requer distribuição normal dos dados (YUE *et al.*, 2002).

De acordo com Portela *et al.* (2011), o referido teste é relatado por inúmeros autores, que evidenciam resultados bastante consistentes. Alertam, todavia, que o referido teste deve ser aplicado para a detecção de tendências monotônicas.

Conforme Chebana *et al.* (2013) acrescentam que é uma ferramenta poderosa para teste de tendências e destacam que o mesmo foi concebido para testar a hipótese nula (H_0), de ausência de tendência. Como explicitado por Yue *et al.* (2002) e Wagesho *et al.* (2012), dada uma série (X_1, X_2, \dots ,

X_n) proveniente de uma amostra de n variáveis aleatórias independentes e identicamente distribuídas (iid), a estatística do teste MK é dada conforme a equação (1):

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(X_j - X_i) \quad (1)$$

De acordo com Salviano *et al.* (2015), a variável estatística S , para uma série de n dados do teste de Mann-Kendall é calculada a partir da somatória dos sinais (sgn) da diferença, par a par, de todos os valores da série (x_i) em relação aos valores que a esses são futuros (x_j), expressa na Eq. (2):

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} +1; & \text{se } x_j > x_i \\ 0; & \text{se } x_j = x_i \\ -1; & \text{se } x_j < x_i \end{cases} \quad (2)$$

A estatística S tende à normalidade para n grande, com média e variância dadas por: $E(s) = 0$ e $\text{Var}(s) = [n(n-1)(2n+5)]$ Em que n é o tamanho da série temporal. Assim, o teste estatístico ZMK é dado por:

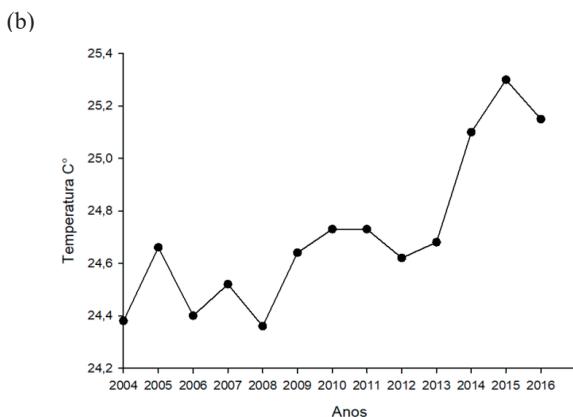
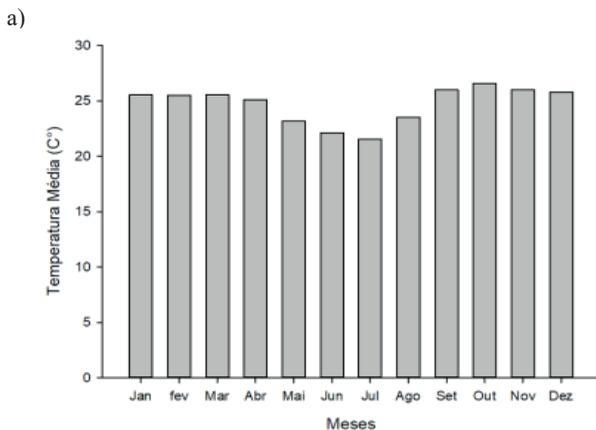
$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ 0, & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, & \text{se } S < 0 \end{cases} \quad (3)$$

O sinal de Z_{MK} indica se a tendência é crescente ($Z_{MK} > 0$) ou decrescente ($Z_{MK} < 0$) e nula quando o $Z_{MK} = 0$. O nível de significância comumente utilizado é $\alpha = 0,05$, como é o caso do presente estudo. O p-valor da estatística S para os dados da amostra pode ser estimado pela probabilidade acumulada da distribuição normal, considerando que se $p \leq \alpha$, o teste apresenta evidências para rejeição de H_0 , sugerindo a presença de tendências na série (MOREIRA; NAHETTINI, 2015).

3 Resultados e Discussão

As Figuras 1(a) e 1(b) mostram, respectivamente, a variação sazonal da temperatura média e a sua tendência no tempo para o período de 2004 a 2016, sendo possível visualizar na Figura 1(a) menor índice nos meses Junho-Julho-Agosto, ou seja, início do outono, seguido pelo inverno, que corresponde ao período mais chuvoso em Rondonópolis, ou seja, a diminuição da temperatura média mensal nesse período está associada com o aumento da nebulosidade.

Figura 1- Análise da temperatura média mensal (1a) e da tendência da temperatura para o período de 2003-2016 (1b) para o município de Rondonópolis-MT



Fonte: Dados da pesquisa.

Ao analisar a tendência ao longo dos anos, Figura 1(b), verifica-se que há inclinação positiva, iniciando no ano de 2009. Observa-se ao período de 13 anos (2004-2016), que a temperatura média aumentou aproximadamente 1°C, podendo ser considerado um valor relativamente alto, se comparado com o tempo. Entretanto, é importante ressaltar que esse estudo trabalha com médias mensais e anuais, dessa forma se tem que levar em considerações fatores que podem ter influenciado nesses períodos.

A utilização do teste de Mann Kendall para verificação de tendência das temperaturas média mensal, compreendidos nos períodos de 2004-2016, são apresentados no Quadro 1. Observa-se que as tendências apresentaram valores $Z_{MK} > 0$, ou seja, crescentes.

Quadro 1- Resultados do Teste Mann Kendall e *p*-valor, para temperatura média mensal período de 2004-2016, do município de Rondonópolis-MT.

Temperatura Média mensal (C°)	Teste Mann Kendall (Z_{MK})	<i>p</i> -valor (Teste de Mann-Kendall)	Valor de S
Janeiro	-0,011	0,500	-1,000
Fevereiro	-0,055	0,415	-5,000
Março	0,143	0,259	13,000

Abril	0,429	0,018	39,000
Mai	0,516	0,005	47,000
Junho	0,319	0,063	29,000
Julho	0,473	0,010	43,000
Agosto	0,143	0,259	13,000
Setembro	0,495	0,007	45,000
Outubro	0,209	0,165	19,000
Novembro	0,077	0,374	7,000
Dezembro	0,011	0,500	1,000

Nível de Significância 5%.

Fonte: Dados da pesquisa.

Verificou-se também que ao nível de significância de 5%, que os dados observados apresentaram evidências para não rejeição de H_0 , ou seja, analisando os resultados, rejeita-se a hipótese nula de que as informações são independentes e identicamente distribuídas, que a série não possui tendência.

Entretanto, nos meses de janeiro e de fevereiro, os valores de Z_{MK} de -0,011 e -0,055 respectivamente apresentaram valores negativos, portanto decrescente, confirmado através do valor do $S < 0$. Em relação a *p*-value somente o mês de maio apresentou diferença significativa.

4 Conclusão

O teste não paramétrico de Mann-kendall utilizado no presente artigo permitiu uma análise mais abrangente sobre os comportamentos das séries climáticas de temperaturas, fornecendo subsídios para conclusões mais contundentes sobre as anomalias apresentadas em alguns parâmetros climáticos. Diante deste contexto, os resultados indicaram tendência crescente positiva, porém nenhuma significativa nas séries de temperatura média mensal. O resultado que apresentou maior índice de aumento de temperatura foi no ano de 2015, apresentando valor de aproximadamente 25,3 °C.

Os meses que apresentaram valores negativos foram janeiro e fevereiro, isso se deve por esses meses estarem relacionados com o período chuvoso, daquela região.

Em suma, analisando os resultados estatísticos encontrados, por meio das análises exploratórias dos dados, nos períodos abordados, conclui-se que, em termos gerais, uma possível tendência de aumento das temperaturas anuais de Rondonópolis-MT, esse crescente aumento deve estar relacionado com a expansão do uso da terra e de produção industrial, presente nesta cidade.

Referências

BACK, A.J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. *Pesq. Agropec. Bras.*, v.36, p.717-726, 2001.

CHEBANA, F.; OUARDA, T.B.M.J.; DUONG, T.C. Testing for multivariate trends in hydrologic frequency analysis. *J. Hydrol.*, v.486, p.519-530, 2013.

GHENO, E.L.; FRANÇA, M.S.; MAITELLI, S.F. Variações microclimáticas na área urbana de Sinop no final da estação chuvosa. *Rev Educ.. Cultura Scuola*, v.2, n.1, p.139-153, 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e

Estatística. Censo Demográfico de 2012. Disponível em: <www.cidades.ibge.gov.br/xtras/home.php>. Acesso em: 12 out. 2018.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change 2014: Summary for Policymakers. In: FIELD, C.B. et al. Climate Change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.

KENDALL, M.G. *Rank correlation Methods*. Londres: Charles Griffin, 1975.

LOBELL, D.B. et al. Climate trends and global crop production since 1980. *Science*, v.29, p.616-620, 2011.

MANN, H.B. Non-parametric tests against trend. *Econometria*, v.13, p.245-259, 1945.

MOSS RH et al. The next generation of scenarios for climate change research and assessment. *Nature*, v.463, p.747-756, 2010.

OBREGÓN, G.; MARENGO, J.A. Caracterização do clima no Século XX no Brasil: tendências de chuvas e Temperaturas Médias Extremas. Relatório nº 2. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2007.

PORTELA, M.M. et al. tendências em séries temporais de variáveis hidrológicas. *Assoc. Port. Recursos Hídricos (APRH)*, v.32, n.1, p.43-60, 2011.

WAGESHO, N.; GOEL, N.K.; JAIN, M.K. Investigation of nonstationarity in hydro-climatic variables at Rift Valley lakes basin of Ethiopia. *J. Hydrol.*, v.444/445, p.113-133, 2012.

YUE, S.; PILON, P.; CAVADIAS, G. Power of the MannKendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. *J. Hydrol.*, v.259, p.254-271, 2002.

ZHANG, W. et al. Temporal and spatial variability of annual extreme water level in the Pearl River Delta region, *China. Global and Planetary Change*, v. 69, p.35-47. 2009.