

---

## CARACTERIZAÇÃO ESTATÍSTICA DE TENDÊNCIAS EM SÉRIES DE DADOS CLIMÁTICOS DE CHAPADINHA-MA

Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira<sup>1</sup>, Valner da Silva Nogueira<sup>2</sup>, Magaly de Fátima  
Correia<sup>3</sup>, Estefânia de Sousa Soares<sup>4</sup>, Maria de Fátima Araújo Alves<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Professora do CCTA/UFCG, email: vbnogueira@ccta.ufcg.edu.br

<sup>2</sup>Aluno de pós-graduação do DCA/UFCG, email: nvalner@hotmail.com

<sup>3</sup>Professora do DCA/UFCG

<sup>4,5</sup>Alunas de Graduação do CCTA/UFCG

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi analisar tendências e/ou variações climáticas que possam ter ocorrido na Cidade de Chapadinho-MA, que se tornou uma grande produtora de soja do leste Maranhense. Foi usada a série histórica de 1977 a 2009 de precipitação e das temperaturas máxima média anual (Tmax) e mínima média anual (Tmin), da estação meteorológica de Chapadinho (localizada na Lat 03°46'S, Lon 43°21'W, altitude de 103,5 m). Foram empregadas a análise de regressão e os testes não-paramétricos Run e de Pettitt. Os resultados indicam que as séries de temperatura não apresentaram homogeneidade, mostraram uma tendência significativa de aumento. O teste de Pettitt mostrou que a mudança ocorreu no ano de 1989 para as mínimas e 1991 para as máximas. Embora as séries apresentem importantes variações em seus parâmetros estatísticos não foi analisado a significância dos resultados.

**PALAVRAS-CHAVE:** Tendência; Teste de Pettitt; Teste Run.

**ABSTRACT:** The aim of the work was to analyze trends and/or climatic changes that have occurred in the City of Chapadinho-MA, which became a major producer of soybeans in the eastern Maranhão. We used the time series 1977-2009 of precipitation and average annual temperatures (Tmax) and minimum annual average (Tmin), the weather station Chapadinho (located at Lat 03 ° 46'S, 43 ° 21'W Lon, altitude 103.5 m). Were employed regression analysis and non-parametric tests Run and Pettitt. The results indicate that the series of temperature did not have homogeneity and showed a significant tendency of increase. Pettitt test showed that the change occurred in 1989 to 1991 to the minimum and maximum. Although the series present important variations in their statistical parameters was not analyzed the significance of the results.

**KEY-WORDS:** Trend; Pettitt Test, Test Run.

## INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial tem provocado um aumento na demanda por alimentos, energia e principalmente por água. Associada a crescente demanda por água o tema aquecimento global aparece como a grande preocupação da comunidade científica nas últimas décadas. A possibilidade de mudanças no regime de temperatura e precipitação vem frequentemente sendo apontado como interferência antrópica. Mas, alguns estudos já concluíram que as mudanças observadas no clima global não são suficientemente grandes para serem atribuídas inequivocamente a causas antropogênicas (BACK, 2001). Estudos como os de Back (2001) e Meschiatti et al (2012) relatam que a urbanização resultando em “ilhas de calor” e o acelerado desenvolvimento agroindustrial no Brasil, têm provocado o aquecimento da atmosfera e a degradação dos recursos hídricos.

Numerosos artigos tem se dedicado em analisar as variabilidades climáticas que estão acontecendo no planeta, através de detecção de tendências em séries de observações hidrometeorológicas, (SANSIGOLO e KAYANO, 2010).

Lopes e Silva (2011) relatam que existem diferentes técnicas sendo usadas para diagnosticar tendências e/ou variações climáticas e o uso de técnicas estatísticas têm aumentado consideravelmente. Já Blain (2010) comenta que se destacam os estudos com base em métodos estatísticos de indícios de mudanças climáticas em longas séries meteorológicas. Ele analisou tendências nas séries de temperatura máxima média anual de cidades do Estado de São Paulo, utilizou o teste da razão da verossimilhança e os testes não-paramétricos: teste de Mann-Kendall e o teste de Pettitt. Observou que apesar da maioria das séries apresentarem importantes variações em seus parâmetros estatísticos, não foi possível estabelecer uma concomitância/significativa na variabilidade temporal nas oito séries de Tmax do Estado de São Paulo.

Back (2011) analisou dados de precipitação mensal e temperatura média mensal da estação meteorológica de Urussanga-SC, relativo ao período de 1924 a 1998. Concluiu que a análise de regressão, o teste de Pettitt e o teste de Mann-Kendall apresentaram concordância entre seus resultados e podem ser utilizados na identificação de tendências de séries temporais.

Sansigolo e Kayano (2010) utilizaram as reanálises do NCEP para o período de 1950 a 2005 para a Região Sul do Brasil. Analisaram a temperatura mínima diária para se calcular as tendências climáticas. O Teste de Mann-Kendall (S) foi usado para se analisar as tendências lineares da série. Encontraram tendências significativas apenas sobre o estado do RS.

Este trabalho visa usar a análise estatística para identificar tendências e/ou variações nas séries de temperatura máxima e mínima e de precipitação pluvial para a localidade de Chapadinha-MA.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizados dados de precipitação (totais anuais e trimestrais) e temperaturas médias anuais máximas e mínimas da estação de Chapadinha-MA do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), localizada na Lat 03°46'S, Lon 43°21'W, altitude de 103,5 m, no período de 1977 a 2009. Em cada variável estudada, foi aplicada a análise de regressão, e realizadas análises não-paramétricas por meio dos testes Run e de Pettitt.

### - Teste Run

O teste Run é usado para avaliar se uma série ocorre aleatoriamente. Se a sequência contém  $N_1$  valores inferiores e  $N_2$  valores superiores à mediana da série, a distribuição amostral do número de Runs total pode ser aproximada pela distribuição normal com média  $E(u)$  e variância  $Var(u)$  da distribuição estimadas por:

$$E(u) = \frac{2N_1N_2}{N_1N_2} + 1 \quad (1) \quad \text{e} \quad Var(u) = \frac{2N_1N_2(2N_1N_2 - n)}{n^2(n-1)} \quad (2)$$

Onde  $u$  representa o número de Runs. A hipótese nula de que a distribuição dos valores na série ocorre normalmente, e que é aleatória, pode ser testada com base estatística:

$$z = \frac{u - E(u)}{\sqrt{var(u)}} \quad (3)$$

O valor de  $z$  calculado em (3) deve ser comparado com valores de  $z$  para a distribuição normal. Utilizamos o nível de significância de 5%, neste caso  $z$  deve estar entre -1,96 e 1,96.

### - Análise de Regressão

Essa técnica pode ser utilizada para indicar alterações climáticas por meio do teste de significância do coeficiente angular. O teste consiste em determinar o intervalo de confiança do coeficiente  $a$  da equação da reta. A equação da reta é do tipo:

$$Y = aX + b \quad (4)$$

### - O Teste de Pettitt

Este teste foi apresentado por Pettitt em 1979 consiste em verificar se duas amostras  $X_1, \dots, X_t$  e  $X_{t+1}, \dots, X_T$  são da mesma população. Segundo Pettitt (1979), a estatística  $U_{t,T}$  pode ser calculada usando a seguinte equação:

$$U_{t,T} = U_{t-1,T} + V_{t,T} \quad (5), \text{ para } t = 2, \dots, T, \text{ onde } V_{t,T} = \sum_{j=1}^T \text{sgn}(X_t - X_j) \quad (6)$$

onde  $U_{1,T} = V_{1,T}$ . Quando não há laços nos dados,  $V_{t,T} = T + 1 - 2R_t$ , onde  $R_t$  é a ordem de  $X_t$  na amostra de  $T$  observações. A estatística  $k(t)$  localiza o ponto onde houve uma mudança brusca na média de uma série temporal, que é o  $t$  onde ocorre o máximo de  $k(t)$ , se escreve:

$$k(t) = \text{MAX}_{1 \leq t \leq T} |U_{t,T}| \quad (7)$$

e a sua significância pode ser calculada aproximadamente pela equação:

$$p \cong 2 \exp\left\{-6k(t)^2 / (T^3 + T^2)\right\} \quad (8)$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se que pelo teste Run somente as séries de temperatura máxima média anual e da temperatura mínima média anual não podem ser consideradas como sendo homogêneas (Tabela 1). Pela análise de regressão, observa-se que mesmo a regressão indicando um aumento da precipitação total anual, da ordem de 10,4 mm por ano, o resultado mostra que a tendência não é significativa. Já para as temperaturas como mostrado na Tabela 1, o coeficiente angular da reta de regressão, mostrou tendência significativa de aumento em torno de 0,03°C e 0,02°C para as temperaturas médias máximas e mínimas, respectivamente. Esses valores são elevados quando comparados aos de Back (2001) que encontrou um valor anual de 0,0098°C, que ele aproximou para 1°C/século, Mello e Alfonsi (1993) e Sentelhas et al. (1994) encontraram valores de aquecimento de 2°C em 90 anos na cidade de Campinas, SP. Back (2001) comenta que esses maiores valores possivelmente refletem também o efeito da urbanização. Consideramos que no nosso caso poderia ser resultante da mudança do uso do solo.

Tabela 1 - Resultados dos testes de Run e da análise de regressão linear.

Variável Analisada	Teste Run (Z calculado)	Análise de Regressão	
		Coeficiente angular	Intervalo de confiança (95%)
Precipitação anual	-0,1717	10,396	-6,01248 a 26,80493
Prec. total no 1º trimestre	0,1824	5,668	-2,07603 a 13,41206
Prec. total no 2º trimestre	-1,2339	6,875	-2,50167 a 16,25355
Prec. total no 3º trimestre	-1,2339	-1,871	-3,86461 a 0,122233
Prec. total no 4º trimestre	0,8905	-0,383	-3,56929 a 2,802316
Temp. Max. media anual	-2,6501*	0,0308	0,007606 a 0,054108
Temp. Mín. media anual	-3,3582*	0,0235	0,012056 a 0,034959

Na Figura 1 encontram-se o resultado do teste de Pettitt para as séries de precipitação (total anual e por trimestre) (a) e para as temperaturas médias anuais de máxima e mínima (b). O teste de Pettitt indica o ponto de mudança brusca do valor máximo de  $K(t)$ , quando este for maior que o limite crítico estabelecido.

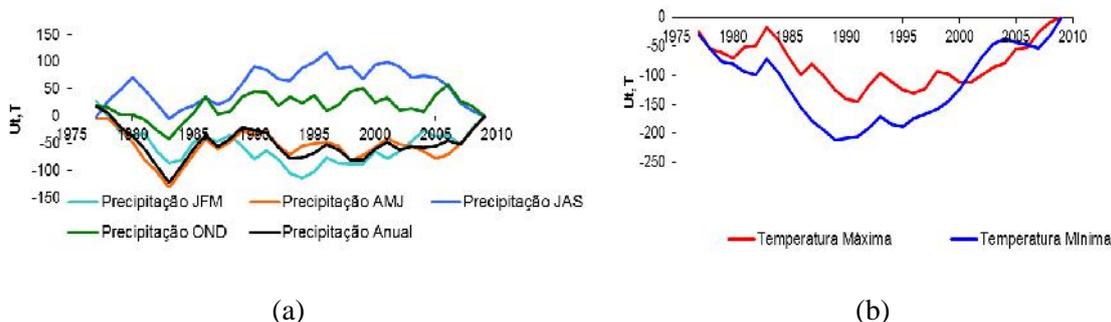


Figura 1 – Estatística de Pettitt para (a) séries de precipitação e (b) séries de temperatura

## CONCLUSÕES

O teste de Pettitt indica concordância com a análise de regressão não identificando mudanças bruscas nas séries de precipitação. Indica uma tendência de mudança nas temperaturas mínimas no ano 1989, já as máximas a mudança foi no ano de 1991. Esses resultados necessitam ser analisados juntamente com a significância estatística do teste de Pettitt.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BACK, A. J. 2001. A percepção de análise estatística para identificação de tendências climáticas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* (Brasília), v.36, n.5, p.717-726.
- BLAIN, G. C. 2010. Séries anuais de temperatura máxima média do ar no estado de São Paulo: variações e tendências climáticas. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.25, n.1, 114 – 124.
- LOPES, J. R. F.; SILVA, D. F. 2011. Análise de Tendência para Pluviometria nas Quatro Macrorregiões do Centro e Sul Cearense. IV SIC – Simpósio Internacional de Climatologia, João Pessoa – PB.
- MELLO, M. H. A.; ALFONSI, R. R. 1993. A variação térmica secular em Campinas, SP: um exemplo de problemas inerentes ao estudo de séries temporais em climatologia. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 7., 1991, Viçosa. Anais. Sociedade Brasileira de Agrometeorologia/UFV, p. 244-246.
- MESCHIATTI, M. C.; FONTOLAN, M. R.; PENEIRO, J. C.; FERREIRA, D. H. J. 2012. Caracterização Estatística de Tendências em Séries anuais de Dados Hidro-Climáticos no Estado de São Paulo. *Rev. Geogr. Acadêmica*, v. 6, n. 1, p 52-64.
- PENEREIRO, J. C.; FERREIRA, D. H. L. 2011. Estatística apoiada pela Tecnologia: uma proposta para identificar tendências climáticas. *Acta Scientiae*. Porto Alegre, v. 13, p. 87-105.

- PETTITT, A. N. 1979. A non-parametric approach to the changepoint problem. *Applied Statistics*, London, v. 28, n. 2, p. 126-135.
- SANSIGOLO, C. A.; KAYANO, M. T. 2010. Tendências nas Temperaturas Máximas e Mínimas e nas Precipitações Sazonais do Rio Grande do Sul (1913-2006). IN: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia, Anais. Belém.
- SENTELHAS, P. C.; CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P.; ALFONSI, R. R. 1994. Um século de desmatamento: efeitos no regime térmico, pluvial e no balanço hídrico em Campinas, SP. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, Santa Maria, v. 2, p. 99-103.

