

ALTERAÇÃO DE TENDÊNCIA MONOTÔNICA NO ÍNDICE PADRONIZADO DE PRECIPITAÇÃO EM PELOTAS/RS

GUSTAVO BUBOLZ KLUMB¹; PATRICK MORAIS VEBER¹; GISELE MACHADO DA SILVA²; RITA DE CÁSSIA FRAGA DAMÉ³; CLAUDIA FERNANDA ALMEIDA TEIXEIRA-GANDRA³

¹*Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias – gustavo19klumb@hotmail.com; patrick.veber@hotmail.com*

²*Universidade Federal de Pelotas, Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água – giselesilva@cavg.ifsul.edu.br*

³*Universidade Federal de Pelotas, Centro de Engenharias – ritah2o@hotmail.com; cteixei@ig.com*

1. INTRODUÇÃO

Muitos estudos têm sido realizados com o propósito de determinar, de forma mais abrangente, as mudanças climáticas da precipitação que possam afetar a agricultura, a população e a economia. MARENKO et al. (2010) ao considerar as interferências antrópicas no meio ambiente fazem um alerta para uma maior constância de eventos extremos, que irão ocorrer ou já estão ocorrendo, nas mais diversas regiões do Brasil, com quantidade e intensidade elevadas, e destacam entre eles, os períodos prolongados de estiagem.

Para CASTRO (2003) a estiagem é o resultado da diminuição das precipitações pluviais (as médias mensais dos meses chuvosos alcançam limites inferiores a 60% das médias mensais históricas para o período) e do atraso ou da ausência de chuvas previstas para um determinado período do tempo em uma região (o início da temporada chuvosa em sua plenitude atrasa por prazo superior a 15 dias). Como consequência tem-se a queda dos índices pluviais, comprometendo as reservas hidrológicas da região e causando prejuízos à agricultura e à pecuária.

Um passo importante para o entendimento dos eventos de seca é a utilização de índices, que fazem um levantamento da situação, conforme uma escala de intensidade, com o objetivo de dar um panorama do comportamento hídrico da região. O Índice Padronizado de Precipitação (SPI) foi desenvolvido por MCKEE et al. (1993) com o objetivo de quantificar, padronizar e comparar a seca, em base temporal e espacial. Dentre os vários indicadores de seca é atualmente um dos mais utilizados devido a possibilidade de cálculo em diferentes escalas temporais e ainda tem condições de apresentar um panorama da severidade da seca e um aviso prévio de ocorrência dos eventos.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi identificar a presença ou ausência de tendência na série do Índice Padronizado de Precipitação, na escala mensal, para a localidade de Pelotas/RS.

2. METODOLOGIA

Foram utilizados os dados diários de chuva do período de 1994 a 2013 (20 anos) da localidade de Pelotas/RS (estação 3152014; 31° 51'S; 52° 21'O; a 13,2 m de altitude) obtidos junto a Agência Nacional de Águas (ANA, www.hidroweb.ana.gov.br). A partir do banco de dados de chuva diária foi constituída a série de total mensal, para posterior cálculo do SPI de acordo com a metodologia de MCKEE et al. (1993), descrita em SILVA (2015).

Para a série foi construído um gráfico com o propósito de detectar visualmente o ponto em que houve a intersecção da variável em relação à média móvel com *lag* 5, correspondente a localização do ponto aproximado de mudança de tendência.

Para a verificação da existência ou não de tendência monotônica foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Kendall (XU et al., 2003), sendo a estatística do teste dada pela expressão (1):

$$Z_c = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{var}(S)}}, & S > 0 \\ 0, & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{var}(S)}}, & S < 0 \end{cases} \quad (1)$$

em que,

Z_c – estatística do teste;

S – estatística do teste que segue a distribuição normal, cuja média $E(.)$ e variância $\text{var}(.)$, representados matematicamente pelas expressões (2), (3) e (4), respectivamente.

$$E(S) = 0 \quad (2)$$

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{k=i+1}^n \text{sgn}(x_k - x_i) \quad (3)$$

$$\text{var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (4)$$

em que,

x_k e x_i - valores contidos na amostra com ordem k e i , respectivamente;

$\text{sgn}(\theta)$ - igual a 1, 0, e -1, se θ (x_k e x_i) for maior, igual ou menor do que zero, respectivamente;

n - tamanho da amostra.

A hipótese de nulidade é aceita se $|Z_c| \leq Z_{1-\alpha/2}$, em que $Z_{1-\alpha/2}$ é o quartil da distribuição normal padrão correspondente ao nível α (0,05) de probabilidade, usado para a aplicação do teste.

Foi utilizado o teste não paramétrico de Mann-Whitney (CHEN et al., 2007) para detectar a ocorrência ou não dos pontos de mudança nas séries analisadas. Na aplicação do teste deve-se seccionar a série de dados $X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1}, x_n)$, de tal forma que $Y = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_{n-1})$ e $Z = (x_{n+1}, x_{n+2}, x_{n+3}, \dots, x_{n+n/2})$. A estatística do teste de Mann-Whitney é dada pela equação (5). A hipótese de nulidade, H_0 , é aceita se $|Z_c| \leq Z_{1-\alpha/2}$, onde $Z_{1-\alpha/2}$ é o quartil da distribuição normal padrão correspondente ao nível α (0,05) de probabilidade, usado para a aplicação do teste.

$$Z_c = \frac{\sum_{t=1}^{n_1} r(x_t) - n_1(n_1 + n_2 + 1)/2}{[n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)/12]^{1/2}} \quad (5)$$

em que,

$r(x_t)$ – ordem das observações;

n_1 e n_2 - número de elementos das sub-amostras X e Y, respectivamente.

A hipótese de nulidade, H_0 , é aceita se $|U_c| \leq U_{1-\alpha/2}$, onde $U_{1-\alpha/2}$ é o quartil da distribuição normal padrão correspondente ao nível α (0,05) de probabilidade usado para a aplicação do teste.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 é apresentada a série de SPI, com sua respectiva média, média móvel de *lag* 5 e o ajuste linear, obtida para a localidade de Pelotas/RS, na escala mensal. A partir da observação visual do comportamento da média móvel em relação à média dos valores de SPI foi possível a identificação do período em que a série deveria ser subdividida, em função da alteração da tendência em relação à média aritmética (0,08), o que corresponde ao mês = 119, outubro de 2003.

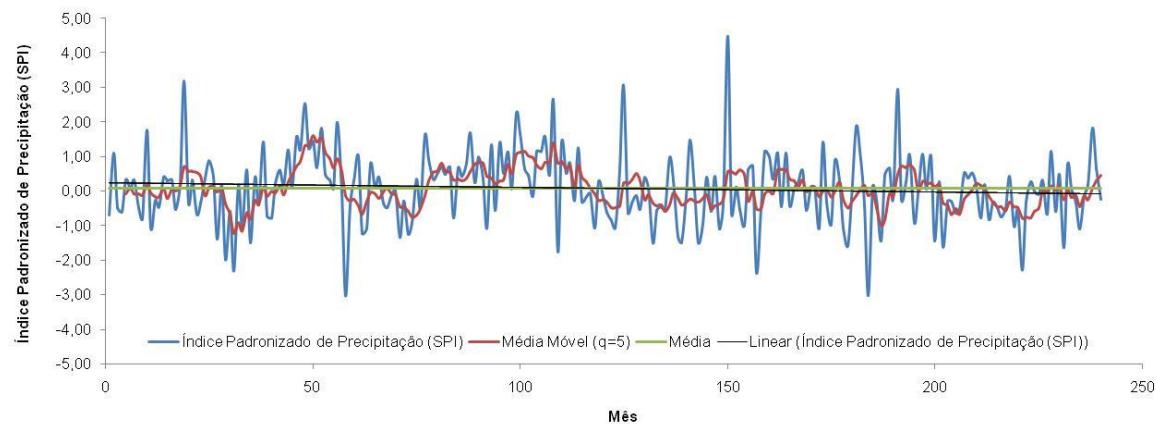


FIGURA 1. Representação do comportamento da série de SPI, com sua respectiva média, média móvel de *lag* 5 e ajuste linear, para a localidade de Pelotas/RS, no período de 1994 a 2013.

A partir do resultado do teste de Mann-Kendall (Tabela 1), que considera o período total da série (1 a 240 meses), observa-se que não houve evidência de alteração de tendência, uma vez que a estatística_{calc} (0,00161) foi inferior ao valor crítico da estatística_{tab} (1,96), para o nível de probabilidade de 5%. Considerando o teste de Mann-Whitney, que subdivide a série ($n_1 = 118$ e $n_2 = 122$), também não evidenciou mudança de tendência, pois o valor da estatística_{calc} ($U_{calc} = 21389,6$) foi maior do que U_{tab} (8251,89), para a série de menor tamanho e igual nível de probabilidade. Dos resultados obtidos verifica-se que a hipótese de nulidade (H_0) deve ser aceita, ou seja, a série mensal do Índice Padronizado de Precipitação não apresenta alteração de tendência. DAMÉ et al. (2013) analisaram a tendência em 14 séries de precipitação total anual da bacia hidrográfica da lagoa Mirim RS/Brasil/Uruguai (lado brasileiro), bem como o período em que estas ocorreram. Os autores concluíram que para a localidade de Pelotas houve alteração na tendência na série de precipitação no período de 1953

a 2007, sendo que a metodologia que utiliza séries subdivididas foi mais eficiente na detecção de alteração de tendência, comparativamente ao teste de Mann-Kendall, que utilizou a série completa.

PINHEIRO et al. (2013) avaliaram a presença de tendências nas séries diárias, mensais e anuais de 18 estações pluviométricas de precipitação no Sul do Brasil, a partir do teste de Mann-Kendall. Os resultados mostraram uma tendência positiva significativa de elevação dos totais mensais na maioria das estações. Com a comprovação da alteração de tendência nas séries de precipitações totais mensais, indicando uma elevação das mesmas ao longo do tempo, verifica-se que esta alteração não se refletiu no comportamento dos valores do SPI para a localidade e período em estudo.

TABELA 1. Valores das estatísticas de Mann-Kendall e de Mann-Whitney para a série de SPI, na localidade de Pelotas/RS

Teste	n	Estatística _{calc}	Estatística _{tab}	Hipótese (H_0)
Mann-Kendall	240	0,00161	1,96	Aceita
Mann-Whitney	118	21389,6	8251,89	Aceita
	122	21908,1	8251,89	

4. CONCLUSÕES

Os testes de Mann-Kendall e de Mann-Whitney não detectaram alterações de tendência nos valores do Índice Padronizado de Precipitação, na escala mensal do período de 1994 a 2013, para a estação meteorológica analisada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CASTRO, A.L.C. **Manual de Desastres**: desastres naturais. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2003. 174 p.
- DAMÉ, R.C.F.; TEIXEIRA, C.F.A.; BACELAR, L.C.S.; WINKLER, A.S.; SANTOS, J.P. Monotonic trend and change points in southern Brazil precipitation. **Engenharia Agrícola**, v.33, n.2, p.258-268, 2013.
- CHEN, Y.N.; LI, W.H.; XU, C.C.; HAO, X.M. Effects of climate change on water resources in Tarim River Basin, Northwest China. **Journal of Environmental Sciences**, v.19, n.4, p.488–493, 2007.
- MARENGO, J.A.; SCHAEFFER, R.; ZEE, D.; PINTO, H.S. Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. Disponível em: http://www.fbds.org.br/cop15/FBDS_MudancasClimaticas.pdf. Acesso em Outubro de 2013.
- MCKEE, T.B.; DOESKEN, N.J.; KLEIST, J. The relationship of drought frequency and duration to times scale. In: CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY, 8., 1993, Boston. **Anais...** Boston: American Meteorological Society, 1993. p.179-184.
- PINHEIRO, A.; GRACIANO, R.L.G.; SEVERO, D.L. Tendência das séries temporais de precipitação da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.3, p.281-290, 2013.
- SILVA, G.M. **Avaliação da ocorrência de seca no Estado do Rio Grande do Sul**. 2015. Dissertação - Programa de Pós-Graduação em Manejo e Conservação do Solo e da Água. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas - Brasil.
- XU, Z.X.; TAKEUCHIA, K.; ISHIDAIRAA, H. Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. **Journal of Hydrology**, v.279, p.144-150, 2003.