



Artigo

Tendências em séries históricas de precipitação na região amazônica de Mato Grosso

Bruno Henrique Casavecchia¹, Eduardo Morgan Uliana^{1,*}, Adilson Pacheco de Souza¹, Luana Lisboa² e Marionei Fomaca de Sousa Junior¹

¹Universidade Federal de Mato Grosso, Sinop, MT; e-mail: brunohcasavecchiaef@gmail.com

²Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais, Manaus-AM; e-mail: luana.lisboa@cprm.gov.br;

* Autor Correspondente: morganoliana@gmail.com

Recebido: 26/01/2016; Aceito: 09/12/2016

Resumo – A detecção de tendências em séries históricas de precipitação apresenta expressiva importância para a gestão de recursos hídricos. Objetivou-se avaliar a significância das tendências em série temporais de precipitação anual para quinze estações na região amazônica do estado de Mato Grosso. Foram avaliadas as séries históricas correspondentes ao período de 1983 a 2013, registradas nas estações pertencentes à rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA), por meio dos testes de hipótese de Pettitt, Mann-Kendall e t de Student. Os testes permitiram identificar com coerência a existência de tendências nas séries temporais de precipitação para a região. Dentre as séries históricas avaliadas, a 1058002 (Núcleo Ariel) possui tendência positiva e a 1055002 (Colíder) negativa. Ressalta-se que são necessários outros estudos que levem em consideração a influência de fatores climáticos e antrópicos para avaliação do comportamento nos totais anuais de chuva destas localidades.

Palavras-Chave: estacionariedade; recursos hídricos; bacia amazônica.

Historical rainfall series trends in the amazon region of Mato Grosso state

Abstract – The detection of historical rainfall series trends is significantly important to the water resource management process. The aim of the current study is to assess the trend significance in annual rainfall time series of fifteen stations in the Amazon region of Mato Grosso State. Historical series recorded from 1983 to 2013 in the stations of the National Water Agency (ANA - Agência Nacional de Águas) hydrometeorological network were evaluated through Pettitt test, Mann-Kendall test and Student's t-test. The tests allowed consistently identifying the existence of rainfall time series trends in the region. Only two among the analyzed historical series have positive (1058002 – Núcleo Ariel) and negative trend (1055002 - Colíder). It is worth emphasizing the need to conduct further studies focused on the influence of climatic and anthropic factors in order to assess the total annual rainfall behavior in these locations.

Keywords: stationarity; water resources; amazon basin.

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas tem se tornado um dos principais focos de discussão/preocupação da comunidade científica, pois indicam possibilidades de falta e/ou restrição de recursos essenciais para vida, como a água, limitando deste modo às interações ecológicas e ambientais existentes. Estudos que consigam descrever o comportamento histórico dos recursos hídricos se tornam cada vez mais relevantes, pois o aumento populacional gera demandas diretas como a necessidade de abastecimento urbano, irrigação, alimentação ou até mesmo para geração de energia elétrica, que por sua vez, indicam a necessidade de políticas de gestão/planejamento para conservação e uso sustentável deste recurso (ARNOLD et al., 1990).

Analisando a influência das mudanças climáticas, Parry et al. (2007) encontraram tendências crescentes para a frequência de ocorrência, amplitude e impacto de eventos extremos, como secas, inundações e chuvas intensas, permitindo assim, maior entendimento das alterações dos processos que contextualizam o ciclo hidrológico, pelo fato deste ter grande ligação com os elementos climáticos.

Nesse contexto, o conhecimento das características espaciais e/ou temporais dos fenômenos que envolvem os processos hidro-climáticos, aliados aos seus padrões de tendência é indispensável para o manejo sustentável dos recursos hídricos regionais (MORTATTI et al., 2004; OGUNTUNDE et al., 2014; CERVILHA & SILVA FILHO, 2015). Para tanto, no planejamento de empreendimentos hidroagrícolas, têm-se empregado instrumentos estatísticos para o tratamento da aleatoriedade das variáveis hidrológicas (TUCCI, 2009).

Para melhor compreensão das influências climáticas nos recursos hídricos, é fundamental a identificação de tendências sazonais de precipitação e vazão, que por sua vez, subsidiarão o desenvolvimento de modelos hidrológicos e a previsão/gestão hidrológica (JOSEPH et al., 2013). Pumo et al. (2016), relatam que o entendimento das tendências dos processos hidrológicos são extremamente importantes, pois o regime de vazões de um rio é altamente dependente dos diferentes fatores climáticos, destacando deste modo a frequência, intensidade e distribuição sazonal das precipitações e seus eventos.

As análises de tendência são importantes para muitas aplicações hidrológicas, pois permite analisar se a não estacionariedade de uma série hidrológica está relacionada com variações climáticas e/ou alterações antrópicas, visto que as séries hidrológicas devem ter como pré-requisito os atributos de estacionariedade e homogeneidade (NAGHETTINI & PINTO, 2007). Para identificação de tendência em séries históricas podem ser usados diferentes testes não paramétricos (ÖNÖZ & BAYAZIT, 2003; LIU et al., 2013), que em geral, permitem confirmar a estacionariedade da série histórica, ou seja, excetuando as flutuações aleatórias, as observações são invariantes com relação à cronologia de suas ocorrências.

O objetivo do trabalho foi analisar a tendência de séries históricas de precipitação nas bacias hidrográficas dos Rios Juruena e Teles Pires, região Amazônica do estado de Mato Grosso, de forma que as informações obtidas possam ser incorporadas em estudos relacionados com a modelagem hidrológica e gestão de recursos hídricos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas séries históricas de precipitação correspondentes ao período de 1983 a 2013, registradas em quinze estações pertencentes à rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA) (Tabela 1 e Figura 1).

Tabela 1. Descrição das estações pluviométricas avaliadas na região Amazônica de Mato Grosso.

ID	Código	Nome do posto	Município	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1	0954001	Cachimbo	Guarantã do Norte	-9°49'7"	-54°53'11"	297
2	1055001	Indeco	Carlinda	-10°6'45"	-55°34'12"	254
3	1055002	Colíder	Colíder	-10°47'55"	55°26'55"	313
4	1054000	Agropecuária Cajabi	Marcelândia	-10°44'46"	-54°32'46"	424
5	1154000	Rancho de Deus	Marcelândia	-11°0'10"	-54°48'19"	421
6	1156000	Fazenda Itauba	Tabaporã	-11°28'17"	-56°26'0"	346
7	1155000	Cachoeirão	Sinop	-11°39'4"	55°42'9"	298
8	1156001	Fazenda Sempre Verde	Porto dos Gaúchos	-11°41'29"	-55°26'55"	358
9	1058004	Novo Tangará	Castanheira	-10°50'3"	-58°48'12"	326
10	1058005	Vale do Natal	Aripuãna	-10°35'19"	-58°52'4"	385
11	1058003	Juruena	Juruena	-10°18'45"	-58°30'6"	219
12	1058002	Núcleo Ariel	Cotriguaçu	-9°51'23"	-58°14'56"	220
13	0957001	Novo Planeta	Apiácas	-9°33'59"	-57°23'41"	219
14	1057001	Trivelato	Nova Monte Verde	-9°56'30"	-57°7'59"	262
15	1259001	Cachoeirinha	Juína	-12°3'37"	-59°39'1"	437

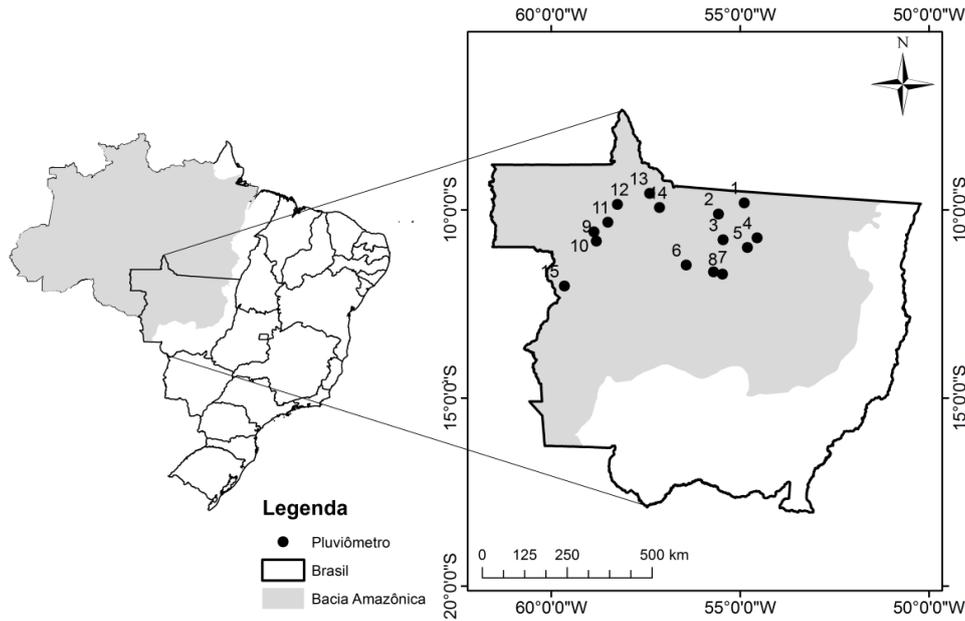


Figura 1. Localização da bacia hidrográfica e das estações pluviométricas utilizadas.

Os dados foram tabulados em planilha eletrônica e em seguida foi realizada uma análise de consistência, excluindo da série, aqueles valores que se mostraram inconsistentes. O método utilizado para análise de consistência foi o da Dupla Massa, desenvolvido pelo Geological Survey (USA) e descrito por Bertoni & Tucci (2001). Para preenchimento de falhas foi utilizado o método da ponderação regional (Equação 1).

$$Y = \frac{1}{3} \left[\frac{x_1}{x_{m1}} + \frac{x_2}{x_{m2}} + \frac{x_3}{x_{m3}} \right] \cdot y_m \tag{1}$$

em que: y é a precipitação do posto Y a ser estimada; X_1, X_2 e X_3 as precipitações correspondentes ao ano que se deseja preencher, observada em três estações vizinhas; Y_m as precipitação média do posto Y ; X_{m1}, X_{m2} e X_{m3} as precipitações médias nas três estações circunvizinhas.

Para identificação de tendência nas séries históricas de precipitação anual foram utilizados os testes de Pettitt (PETTITT, 1979; LIU et al., 2013), de Mann-Kendall (ÖNÖZ & BAYAZIT, 2003) e t de Student, todos ao nível de 5% de significância.

O teste de Pettitt é não paramétrico e utiliza uma versão da estatística de Mann-Whitney $U_{t,N}$, a qual verifica se duas amostras x_1, \dots, x_t e x_{t+1}, \dots, x_N , são da mesma população ou não. A estatística de teste $U_{t,N}$ foi calculada conforme Equações 2 e 3:

$$U_{t,N} = U_{t-1,N} + \sum_{j=1}^N \text{sgn}(x_t - x_j) \tag{2}$$

para $t=2,3,\dots$

em que:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & \text{se } x > 0 \\ 0 & \text{se } x = 0 \\ -1 & \text{se } x < 0 \end{cases} \tag{3}$$

A estatística de teste conta o número de vezes que o valor da primeira amostra excede o valor da segunda amostra. A hipótese nula do teste de Pettitt admite ausência de um ponto de mudança (change point) na série. A estatística $K(t)$ represa o ponto de mudança t significativo no qual o valor de $|U_{t,N}|$ é máximo e está associado a um nível de significância (P) calculado pelas Equações 4 e 5:

$$k(t) = \max_{1 \leq t \leq N} |U_{t,N}| \tag{4}$$

$$P=2e^{\left\{\frac{-6(K_N)^2}{(N^3+N^2)}\right\}} \tag{5}$$

em que: P é o nível de significância, K_N o valor crítico e N o número de anos da série histórica.

O teste de Mann-Kendall (não paramétrico) considera a hipótese de estabilidade de uma série temporal. Foram seguidos os seguintes passos para realização do teste: os dados da série histórica de precipitação foram ordenados a partir do primeiro ano de observação até o último ano; o valor de Y_i , para cada termo t_i , foi comparado com todos os outros dados coletados no tempo $t_j(j>i)$ subsequentes; calculou-se a estatística S de Mann-Kendall com as equações (6) e (7) e a estatística z com as Equações (8) e (9).

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sinal}(Y_j - Y_i) \tag{6}$$

$$\text{sinal}(Y_j - Y_i) = \begin{cases} +1 & \text{se } (Y_j - Y_i) > 0 \\ 0 & \text{se } (Y_j - Y_i) = 0 \\ -1 & \text{se } (Y_j - Y_i) < 0 \end{cases} \tag{7}$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \tag{8}$$

em que n é o número de dados da série

$$z = \begin{cases} \frac{(S-1)}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{(S+1)}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & \text{se } S < 0 \end{cases} \tag{9}$$

Com base na estatística z foi tomada a decisão de rejeitar ou não H_0 , ou seja, confirmar a hipótese de estacionariedade dos dados ou rejeitá-la a favor da hipótese alternativa, isto é, existência de tendência nos dados.

O sinal da estatística z indica se a tendência é crescente ($z > 0$) ou decrescente ($z < 0$). A hipótese nula H_0 não foi rejeitada no caso de $|z| \leq Z_{\alpha/2}$ em que o valor de $Z_{\alpha/2}$ foi obtido na tabela normal padrão.

Neste trabalho a análise de regressão foi utilizada para indicar alteração na tendência de precipitação anual por meio do teste de significância do coeficiente angular da reta (teste t de Student), apresentado na Equação 10.

$$y = a + b(x) \tag{10}$$

em que: Y é o elemento do clima; x é o tempo; a e b são os coeficientes da regressão calculados pelo métodos de mínimos quadrados.

A estatística do teste t de Student foi obtida com a Equação 11. A hipótese nula H_0 de que não existe tendência, foi testada contra a hipótese alternativa H_1 , que há tendência.

$$t = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{b}{s/\sqrt{SS_x}} \tag{11}$$

em que: n é o tamanho da amostra, s é o desvio padrão dos resíduos, b é o coeficiente angular da reta, SS_x é a soma dos quadrados da variável independente e r é o coeficiente de correlação de Pearson. A hipótese nula de que não há tendência foi rejeitada quando o valor de t calculado pela equação foi maior em valor absoluto do que o valor crítico $t_{\frac{\alpha}{2}, n-2}$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se que todas as séries históricas, exceto a do pluviômetro com código 1058002, apresentaram estacionariedade (Figura 2). Neste caso, excetuando as flutuações aleatórias, as observações são invariantes com relação à cronologia de suas ocorrências, e com este resultado (Figura 2) é possível afirmar que não ocorreu aumento ou redução da precipitação anual, no período de 1983 a 2013, em quatorze das quinze localidades da bacia amazônica do Mato Grosso, segundo o teste de Pettitt.

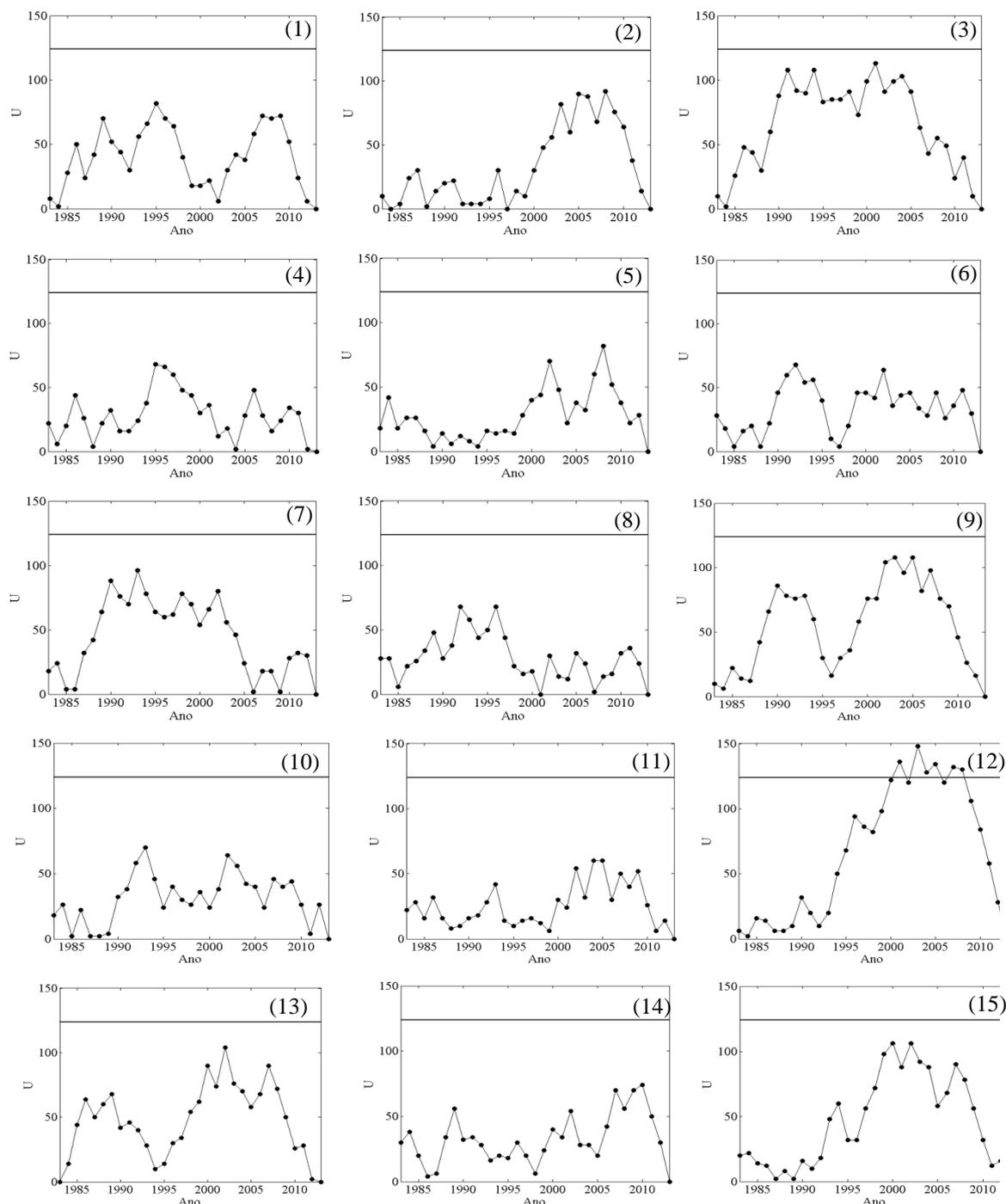


Figura 2. Resultado do teste de Pettitt para os dados de precipitação anual (mm ano⁻¹) dos pluviômetros com código 0954001 (1), 1055001 (2), 1055002 (3), 1054000 (4), 1154000 (5), 1156000 (6), 1155000 (7), 1156001 (8), 1058004 (9), 1058005 (10), 1058003 (11), 1058002 (12), 0957001 (13), 1057001 (14), 1259001 (15).

Na Tabela 2 estão apresentados os resultados dos testes de Mann-Kendall e do teste t de Student. Verifica-se que os testes identificaram a existência de tendência negativa na série histórica do pluviômetro 1055002 (Figura 3a) e confirmaram também tendência positiva na série do pluviômetro 1058002 (Figura 3b), já evidenciada pelo teste de Pettitt conforme Figura 2(m).

Na região sul do país o teste de Mann-Kendall indicou tendência significativa na avaliação do comportamento das precipitações em 16 estações pluviométricas entre as décadas de 1970 e 1980 (PINHEIRO et al., 2013), fato justificado pelo evento denominado desvio climático mais intenso associado com a Oscilação Decadal do Pacífico, corroborando com Kayano et al. (2008).

Tabela 2. Resultados dos testes de Mann-Kendall e do teste t de Student.

ID	Código	Local	S	Z	Valor p*	t	Valor p**
1	0954001	Guarantã do Norte	-77,0	-1,29	0,19	-1,51	0,14
2	1055001	Carlinda	-45,0	-0,75	0,45	-0,54	0,59
3	1055002	Colíder	-132,0	-2,22	0,02	-2,51	0,01
4	1054000	Marcelândia	-33,0	-0,54	0,58	-0,51	0,61
5	1154000	Marcelândia	43,0	0,71	0,47	0,92	0,36
6	1156000	Tabaporã	17,0	0,27	0,78	0,77	0,44
7	1155000	Sinop	89,0	1,49	0,13	1,62	0,11
8	1156001	Porto dos Gaúchos	-21,0	-0,34	0,73	-0,75	0,45
9	1058004	Novo Tangará	105,0	1,76	0,07	1,59	0,12
10	1058005	Vale do Natal	61,0	1,02	0,30	0,89	0,38
11	1058003	Juruena	39,0	0,64	0,51	0,60	0,54
12	1058002	Núcleo Ariel	129,0	2,17	0,03	2,99	0,005
13	0957001	Novo Planeta	23,0	0,37	0,70	0,19	0,84
14	1057001	Trivelato	21,0	0,34	0,73	0,97	0,33
15	1259001	Cachoeirinha	85,0	1,42	0,15	1,54	0,13

S: valor resultante da Equação 6; Z: valor resultante da Equação 9; *:valor p do teste de Mann-Kendall; t: valor resultante da Equação 11; **: valor p do teste t de Student.

Para a estação 1058002, o teste de Pettitt identificou o ponto de mudança em 2001. A vantagem deste teste em relação aos outros é que ele permite a identificação do ponto de mudança de tendência na série histórica, com isso, identificam-se períodos com comportamentos distintos na série como pode ser observado na Figura 4. Especificamente nesta série, ocorreu aumento de 24,3% na precipitação média anual a partir de 2001 (Figura 4).

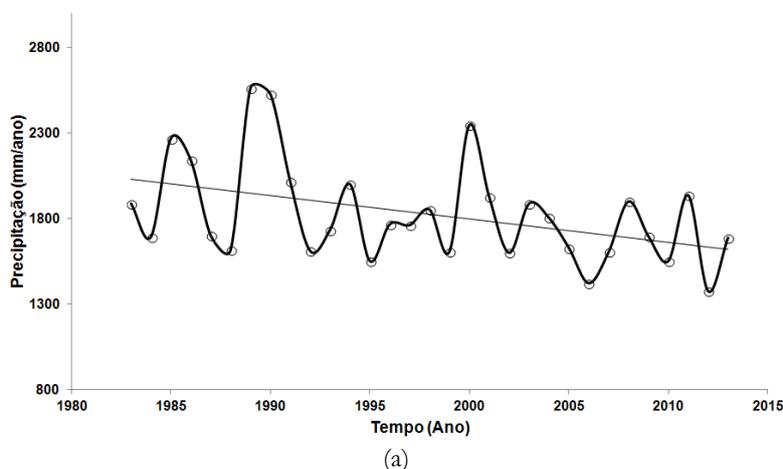


Figura 3. Séries históricas de precipitação total anual das estações (continua...)

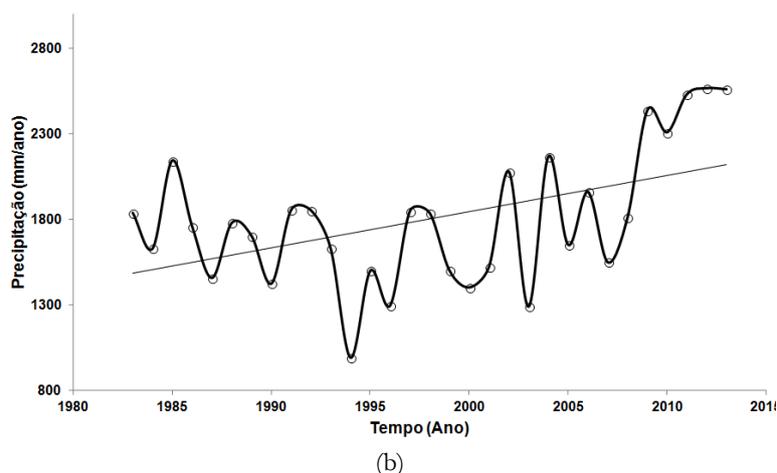


Figura 3. Séries históricas de precipitação total anual das estações 1055002 (a) e 1058002 (b) pertencentes à região amazônica de Mato Grosso, nas quais estão explicitadas as retas de regressão linear.

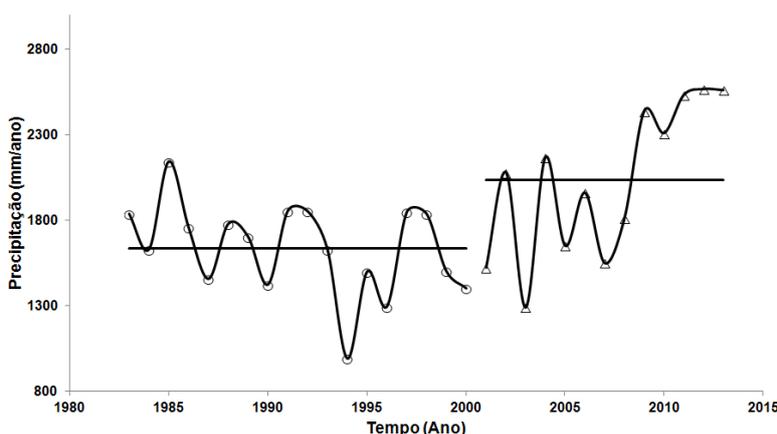


Figura 4. Série histórica de precipitação da estação 1058002 dividida com base no ponto de mudança de acordo com o resultado do teste de Pettitt.

Em análise de tendência de séries históricas de vazões e precipitações no município de Alegre-ES, com o emprego do teste de Pettitt, Uliana et al. (2015) também identificaram tendências significativas bem como do ponto de mudança. O mesmo teste aplicado para encontrar tendências do comportamento das precipitações em 134 estações na bacia hidrográfica do rio Huai, China, apontou mudanças significativas para seca em 17 estações no outono e para chuva em 37 no inverno, sendo que no outono os pontos de mudança encontrados estavam entre 1987 e 1991, e para o inverno entre 1984 e 1988. Esse contexto evidencia a importância do teste de Pettitt para detecção de tendências climáticas em qualquer região (HE et al., 2015).

Por conseguinte, estudos do comportamento de tendência de eventos extremos de precipitação de séries históricas de 1960 a 2013, em Loess Plateau, China, não foram observadas tendências negativas de precipitação total anual, mas foi observada uma diminuição significativa de intensidade de precipitação diária de $-0,14 \text{ mm/dia/década}$, que por sua vez, indica menor tendência de perda de solo decorrente de menores ocorrências de eventos extremos de precipitação na região (SUN et al., 2016). Esse comportamento corrobora com os trabalhos de Miao et al. (2010), Xin et al. (2011) e Sun et al. (2014), que associaram a diminuição de transporte de sedimentos por simulação a redução da intensidade de precipitação diária na região.

Em geral, os testes de Pettitt, Mann-Kendall e t permitem apenas identificar a existência de tendência significativa em determinada série histórica, sendo necessário realizar estudos adicionais para identificação das causas deste comportamento. Aliado aos testes é importante entender os fatores físicos que implicam nas mudanças na precipitação com vistas na construção de argumentos para o desenvolvimento de estratégias viáveis de adaptação da utilização sustentável dos recursos hídricos, bem como do uso e ocupação do solo.

Os resultados obtidos com os testes de hipótese são importantes para os estudos de engenharia de recursos hídricos, pois tanto as simulações hidrológicas como as aplicações de teorias de probabilidade são realizadas com a hipótese de que as séries históricas são homogêneas, isto é, que não apresentem tendências (BACK, 2011). Neste caso, indica-se que as séries históricas dos pluviômetros 1055002 e 1058002 não devem ser utilizadas nesses estudos uma vez que apresentaram tendências negativa e positiva (Figura 3), respectivamente.

4. CONCLUSÕES

Os testes de hipótese de Pettitt, Mann-Kendall e t de Student permitem identificar com coerência a existência de tendência em séries temporais de precipitação total anual para a região Amazônica;

As séries históricas de precipitação anual dos pluviômetros 1058002 (Núcleo Ariel) e 1055002 (Colíder) possuem tendências positiva e negativa, respectivamente. Ressalta-se que são necessários estudos que levem em consideração a influência de fatores climáticos e antrópicos no comportamento dos totais anuais de precipitação destas localidades, para posterior uso em simulações hidrológicas para a região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARNOLD, J. G.; WILLIAMS, J. R.; NICKS, A. D.; SAMMONS, N. B. **SWRRB**: a basin scale simulation model for soil and water resources management. College Station: Texas A & M University, 1990. 56p.
- BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 5, p.717-726, 2011.
- BERTONI, J. C.; TUCCI, C. E. M. Precipitação. In: TUCCI, C. E. M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. Porto Alegre: ABRH, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2001. p. 177-241.
- CERVILHA, G. B.; SILVA FILHO, A. C. **Métodos estocásticos e não estocásticos para a previsão de vazão em rios**. Disponível em <http://www.facef.br/novo/publicacoes/.../Guilherme%20Cervilha.pdf>. Acesso em 25 mai. 2015.
- HE, Y.; YE, J.; YANG, X. Analysis of the spatio-temporal patterns of dry and wet conditions in the Huai River Basin using the standardized precipitation index. **Atmospheric Research**, Amsterdam, v. 166, p.120-128, 2015.
- JOSEPH, J. F.; FALCON, H. E.; SHARIF, H. O. Hydrologic Trends and Correlations in South Texas River Basins: 1950-2009. **Journal of Hydrologic Engineering**, Reston, v. 18, n. 2, p.1653-1662, 2013.
- KAYANO, M. T.; OLIVEIRA, C. P.; ANDREOLI, R. V. Interannual relations between South American rainfall and tropical sea surface temperature anomalies before and after 1976. **International Journal of Climatology**, Chichester, v. 29, p.1439-1448, 2008.
- LIU, X.; DAI, X.; ZHONG, Y.; LI, J.; WANG, P. Analysis of changes in the relationship between precipitation and streamflow in the Yiluo River, China. **Theoretical and Applied Climatology**, Vienna, v. 114, n. 1-2, p.183-191, 2013.
- MIAO, C.; NI, J.; BORTHWICK, A. G. Recent changes of water discharge and sediment load in the Yellow River basin, China. **Progress in Physical Geography**, London, v. 34, n. 4, p.541-561, 2010.
- MORTATTI, J.; BORTOLETTO JÚNIOR, M. J.; MILDE, L. C. E.; PROBST, J. L. Hidrologia dos rios Tietê e Piracicaba: séries temporais de vazão e hidrogramas de cheia. **Revista de Ciência & Tecnologia**, Piracicaba, v. 12, n. 23, p.55-67, 2004.
- NAGUETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552 p.
- OGUNTUNDE, P. E.; ODETUNMIBI, O. A.; ADEJUMO, A. O. A Study of Probability Models in Monitoring Environmental Pollution in Nigeria. **Journal of Probability and Statistics**, v. 2014, 2014.
- ÖNÖZ, B.; BAYAZIT, M. The power statistical test for trend detection. **Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences**, v. 27, n. 4, p. 65-75. 2003.

- PARRY, M.; CANZIANI, O.; PALUTIKOF, J.; LINDEN, P. V. D.; HANSON, C. **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007, p. 982.
- PETTTTT, A. N. A Non-Parametric Approach to the Change-Point Problem. **Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)**, v. 28, n. 2, p. 126-135, 1979.
- PINHEIRO, A.; GRACIANO, R. L. G.; SEVERO, D. L. Tendência das séries temporais de precipitação da região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São José dos Campos, v. 28, n. 3, p.281-290, 2013.
- PUMO, D.; CARACCILOLO, D.; VIOLA, F.; NOTO, L. V. Climate change effects on the hydrological regime of small non-perennial river basins. **Science of the Total Environment**, v. 542, p.76-92, 2016.
- SUN, W. ; SHAO, Q. Q.; LIU, J. Y.; ZHAI, J. Assessing the effects of land use and topography on soil erosion on the Loess Plateau in China. **Catena**, Amsterdam, v. 121, p.151-163, 2014.
- SUN, W.; MU, X.; SONG, X; WU, D.; CHENG, A.; QIU, B. Changes in extreme temperature and precipitation events in the Loess Plateau (China) during 1960-2013 under global warming. **Atmospheric Research**, Amsterdam, v. 168, p.33-48, 2016.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4.ed. reimp. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH. 2009.
- ULIANA, E. M.; SILVA, D. D.; ULIANA, E. M.; RODRIGUES, B. S.; CORRÊDO, L. P. Análise de tendência em séries históricas de vazão e precipitação: uso de teste estatístico não paramétrico. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 10, n.1, p.82-87, 2015.
- XIN, Z.; YU, X.; LU, X. Factors controlling sediment yield in China's Loess Plateau. **Earth Surface Processes and Landforms**, Sussex, v. 36, n. 6, p.816-826, 2011.



Universidade do Estado de Mato Grosso
Campus I - Rod. MT 208, KM 147 - Jardim Tropical - Fone: +55(66) 3521-2041
Revista de Ciências Agroambientais (ISSN 1677-6062)