



ANÁLISE DE TENDÊNCIA DA PRECIPITAÇÃO UTILIZANDO TESTES ESTATÍSTICOS: UM ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE BOM CONSELHO-PE

João H. P. de B. Salgueiro¹; Suzana M. G. L. Montenegro²; Eber José de Andrade Pinto³; Bernardo Barbosa da Silva⁴ & Werônica Meira de Souza⁵

RESUMO – Atualmente, estudos específicos sobre alterações nos regimes pluviais e variações de temperaturas estão sendo desenvolvidos, devido as suas interações com as possíveis modificações climáticas nas últimas décadas. Os desastres naturais representam a componente mais preocupante desses estudos, por resultar, algumas vezes, em situações de riscos. Este trabalho investigou a possibilidade de tendência na série temporal pluviométrica de longo período medida em Bom Conselho-PE, utilizando como variáveis a precipitação total anual e a precipitação do trimestre mais chuvoso. Os testes estatísticos de *Mann-Kendall*, *Spearman's Rho* e Regressão linear; o *Trend Software*; e a técnica de Reamostragem *Bootstrapping*, compuseram a metodologia. Os resultados indicaram fortes evidências de tendência crescente na precipitação total anual, enquanto a precipitação do trimestre mais chuvoso não apresentou significância estatística de alteração.

ABSTRACT – Currently, specific studies on changes in rainfall patterns and temperature variations are being developed due to their interactions with potential climate changes over the past decades. Natural disasters represent the most troubling component of these studies, to result sometimes in situations of risk. This work investigated the possibility of trend in rainfall time series over a long period as in Bom Conselho, in Pernambuco, using as variables the total annual precipitation and precipitation of the wettest four months. Statistical tests of Mann-Kendall, Spearman's Rho and linear regression; Trend Software; and the technique of Bootstrapping resampling, comprised the methodology. The results showed strong evidence of an increasing trend in annual rainfall, while precipitation of the wettest four months was not statistically significant change.

Palavras-chave – Mudança no clima, Alteração pluviométrica, reamostragem *Bootstrapping*

1) Pesquisador em Geociências do Serviço Geológico do Brasil-CPRM e Doutorando da UFPE, Av. Sul, 2291, Afogados, Recife-PE, CEP 50770-011, Fone: 81-33161400, e-mail: joao.salgueiro@cprm.gov.br;

2) Professora do Departamento de Engenharia Civil da UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife-PE, CEP 50740-540, Fone: 81-21268709, e-mail: suzanam@ufpe.br;

3) Pesquisador em Geociências do Serviço Geológico do Brasil-CPRM e Professor da UFMG, Av. Brasil 1731, Funcionários, Belo Horizonte-MG, CEP 30140-002, Fone: 31-38780307, e-mail: eber.andrade@cprm.gov.br;

4) Professor do Departamento de Engenharia Civil da UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos s/n, Cidade Universitária, Recife-PE, CEP 50740-540, Fone: 81-21267764, e-mail: bbdasilva.ufpe@gmail.com;

5) Professora da Unidade de Garanhuns da UFRPE, Av. Bom Pastor s/n, Boa Vista, Garanhuns-PE, CEP 55296-901, Fone: 87-3764-5551 e-mail: weronicameira@gmail.com .

1 - INTRODUÇÃO

As incertezas nas ocorrências de extremos e sazonalidades atípicas são marcadas pelas cheias e secas de variadas magnitudes e frequências, dificultando com isso a gestão nos diversos setores públicos e privados, como o gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos, geração de energia elétrica, produção de alimentos, drenagens urbana e rural, defesa civil, previsão do tempo e clima, entre outros. Os desastres naturais decorrentes desses episódios representam a componente mais preocupante dos estudos, por resultar, em determinadas vezes, em situações de riscos materiais e humanos, permitindo a destruição dos patrimônios públicos e privados, além favorecer a ocorrência de óbitos, agravando cada vez mais os problemas socioeconômicos e ambientais.

Em algumas regiões, o aumento das chuvas intensas e das estiagens prolongadas submetem periodicamente as populações à condição de insegurança. Vitimadas pela condição indesejada, se entregam paulatinamente à perda progressiva da qualidade de vida, em meio à sobrevivência necessária. Farias & Nóbrega (2010) afirmaram que os eventos extremos, como secas severas ou grandes enchentes, podem causar grandes transtornos à população, seja com inundações nos grandes centros urbanos, como também estiagens prolongadas na zona rural.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas - IPCC divulgou em seu 5º Relatório de avaliação em 2013, um aumento na precipitação média anual no Planeta até o final deste século. Nas latitudes médias e subtropicais, as regiões secas provavelmente terão redução na média de precipitação. Haylock *et al.* (2006) realizaram um estudo da precipitação sobre a América do sul e observaram uma tendência de aumento do total anual sobre o Nordeste brasileiro.

Grande parte desses estudos de detecção de tendência está sendo desenvolvido com metodologias voltadas para investigação das séries pluviométricas observadas em longos períodos. Tais séries, quando submetidas às análises estatísticas, podem denotar a existência crescente ou decrescente de tendência. Segundo Obregón & Marengo (2007), as séries temporais longas, contínuas e homogêneas proporcionam grandes vantagens, em razão de fornecerem estatísticas representativas que caracterizam o fenômeno climático. Souza & Azevedo (2012) afirmaram que muitos estudos de variabilidade e mudanças do clima consideram as variações de precipitação pluvial como sendo um índice importante para detecção de mudanças climáticas.

Em Pernambuco, Farias & Nóbrega (2010) apontaram tendência de aumento da precipitação em quase todo o estado. Entretanto, Santos *et al.* (2014) encontrou redução da precipitação na bacia do Una em Pernambuco. A mesma redução foi observada também nas bacias do Brígida e Pajeú, localizadas no Sertão, e na bacia do Capibaribe, no Agreste, segundo Assis *et al.* (2012) e Assis & Sobral (2012), respectivamente. Em Recife, Souza & Azevedo (2012) detectaram aumento das chuvas intensas.

Localizado no Agreste, o município de Bom conselho apresenta série histórica de chuvas com grande variabilidade pluviométrica. Motivado pelas diferenças fisiográficas em que se divide o município, os sistemas meteorológicos propiciam anos com estiagens ou excessos de chuvas. As chuvas intensas precipitadas na região hidrográfica influenciam a formação de ondas de cheias a montante, que inevitavelmente atravessam os municípios alagoanos localizados nas margens do rio Paraíba, causando devastações, com destaque para o caso do desastre de junho de 2010. O desnível altimétrico da divisa estadual intensifica o ganho de energia que resulta no aumento dos sinistros. Este artigo pretende investigar a existência de tendência nas séries pluviométricas do total anual e do trimestre mais chuvoso do município de Bom Conselho. Espera-se com isso que os resultados obtidos possam contribuir com os órgãos municipais e estaduais competentes.

2 - ÁREA DE ESTUDO

O município pernambucano de Bom Conselho fica localizado no Agreste meridional do Estado. A posição global encontra-se georreferenciada entre as coordenadas geográficas de latitudes $09^{\circ} 01' 05''$ / $09^{\circ} 36' 18''$ e longitudes $36^{\circ} 30' 25''$ / $36^{\circ} 53' 06''$. Como limite municipal, têm-se ao norte os municípios de Saloá e Terezinha, ao sul o município alagoano de Palmeira dos Índios, ao oeste Iati, e ao leste Lagoa do Ouro (SECTMA, 2006). A Figura 1 apresenta a localização do município.

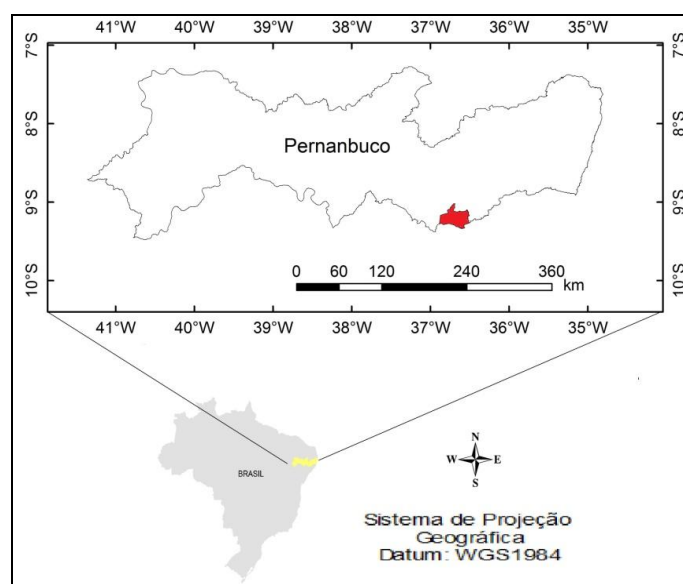


Figura 1 - Localização do Município de Bom Conselho no Estado de Pernambuco

Segundo o Atlas de Desenvolvimento Humano do Brasil 2013, o município de Bom Conselho ocupa uma área de $790,31 \text{ km}^2$, onde residiu até 2010 uma população de 45.503 habitantes, representando uma densidade demográfica de $57,58 \text{ habitantes/km}^2$, com Índice de Desenvolvimento Humano Médio - IDHM igual a 0,563. A agropecuária e o extrativismo são as principais atividades desenvolvidas.

Em SECTMA (2006) é possível observar que o município se encontra dividido entre os climas Seco Subúmido e Semiárido, respectivamente no sentido leste - oeste. A temperatura de 21 a 24°C está associada a uma precipitação média que se estabelece normalmente entre 700 a 1.150 mm. Com relevo suave e ondulado, a altitude chega a ultrapassar 650 m em determinados locais, quase que totalmente pertencente ao Planalto da Borborema. A divisão climática proporciona uma vegetação nativa formada por florestas e caatingas.

Conforme PERH-PE (1998), o município de Bom Conselho fica localizado na Unidade de Planejamento Hídrico - UP 20, que corresponde ao Grupo de Rios Interiores 1 - GI 1, segundo o modelo hidrográfico desenvolvido no Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco - PERH-PE. Entre as nascentes pertencentes à UP 20, destacam-se os rios Traipu e Paraíba, que se avolumam quando ultrapassam a fronteira com o Estado de Alagoas. O primeiro deságua no rio São Francisco e o segundo na Lagoa do Manguaba, seguindo para o oceano Atlântico, próximo à cidade de Maceió.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

A série temporal designada foi produzida pela rede pluviométrica estadual, operada pelo Instituto de Tecnologia de Pernambuco - ITEP, e disponibilizada pela Agência Pernambucana de Águas e Clima – APAC. O período de observação foi estabelecido em 70 anos, começando em janeiro de 1943 e terminando em dezembro de 2012. Por conta das variabilidades climáticas, Robson *et al.* (2000) sugerem que pelo menos 50 anos de registros sejam necessários e não mais 30, antes provavelmente utilizados para atender às normais climatológicas. A Tabela 1 resume as características principais da estação em operação. Essa estação representa uma continuidade operacional da estação de mesmo nome, publicada pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, sob o código 3886365 (SUDENE, 1990).

Tabela 1 - Características da série pluviométrica de Bom Conselho-PE em operação

Estação	Código	Município	UF	Latitude	Longitude	Altitude
Bom Conselho	17	Bom Conselho	PE	09° 10' 21"	36° 41' 34"	654 m

Inicialmente, a série diária foi transformada em séries mensais e totais anuais, sendo os meses e os anos faltosos respectivamente preenchidos e os dados duvidosos analisados. Em ambos os casos foi usado o programa computacional *Hidroplu*. O *Software Hidroplu*, criado pelo Programa de Homogeneização de dados - PROHD, utiliza o Método de regressão linear múltipla para consistência dos dados pluviométricos (Holanda & Oliveira, 1979). O *Hidroplu* é utilizado pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM em parceria com a Agência Nacional de Águas – ANA, atendendo ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH, instrumento da Lei 9.433/97, responsável pela implantação da Política de Recursos Hídricos no Brasil.

A análise exploratória dos dados teve início com uma análise estatística, processada a partir das avaliações das tendências centrais e dispersivas da série, associada à detecção de eventuais *outliers* (pontos atípicos). Para verificação dos *outlier* foi usado o critério da Amplitude Inter-quartis (AIQ). Em seguida, a análise da distribuição de frequência foi realizada a partir do histograma construído para esse fim. Para facilitar a análise dos parâmetros estatísticos prosseguiu-se com a execução de um diagrama *Box Plot*. Foi também elaborado com o programa *Excel*, um gráfico cartesiano contendo a variabilidade interanual e a respectiva tendência linear da série. As estatísticas descritivas e as construções gráficas foram elaboradas com o auxílio do programa estatístico *Action*, foi produzido por *Estatcamp* - Consultoria Estatística. A operação acoplada ao *Excel* em plataforma R torna-o de fácil utilização, forte abrangência e confiabilidade. Sua aquisição é gratuita e pode ser encontrado em: <http://www.estatcamp.com.br>.

Com as séries mensais e anuais preenchidas e homogeneizadas foi possível compor as duas variáveis hidrológicas previstas na metodologia, como a “Precipitação total anual - PTA” e o “Trimestre mais úmido - TMU”. Em seguida, os testes estatísticos de *Mann-Kendall*, *Spearman's Rho* e Regressão linear, propostos para detecção de tendência, foram aplicados às variáveis hidrológicas, utilizando o programa computacional *Trend*. Esses testes encontram-se detalhados em Robson *et al.* (2000) e Chiew & Siriwardena (2005).

O *Trend Change Detection Software* é um produto da *Cooperative Research Center for Catchment Hydrology* - CRCCH, desenvolvido cientificamente na Austrália por Francis Chiew e Lionel Siriwardena em 2005. Dispõe de 12 testes estatísticos para verificar a existência de tendências, mudanças abruptas e aleatoriedade em séries de dados. Todos os métodos têm como base científica os “testes de hipóteses”. Qualquer interessado poderá adquirir esse software em: <http://www.toolkit.net.au/Tools/TREND>, usufruindo da facilidade e gratuidade oferecida.

Segundo Chiew & Siriwardena (2005) os testes estatísticos consistem em definir uma hipótese nula “ h_0 ” que pressupõe a não existência de tendência em uma série de dados, e uma hipótese alternativa “ h_1 ”, para a existência de tendência crescente ou decrescente. A estatística de teste é o meio de comparação entre “ h_0 e h_1 ”, e é designada por um valor numérico calculado a partir da série de dados que está sendo testada. Se o valor da estatística de teste é maior do que o valor crítico, “ h_0 ” é rejeitada. Nesse processo, poderão ocorrer dois tipos de erros: O erro tipo I, quando “ h_0 ” é incorretamente rejeitado, e tipo II, quando “ h_0 ” é aceita sendo e “ h_1 ” verdadeira.

O meio de medir se a estatística de testes é muito diferente dos valores que normalmente ocorreriam sob “ h_0 ”, é o nível de significância estatística (α). É, portanto, a probabilidade de que o valor crítico ultrapasse a estatística de teste em (α) assumindo que não há tendência na série, Logo, o nível de significância é a probabilidade de um teste detectar uma tendência (rejeitar “ h_0 ”) quando na

realidade não existe tendência (erro tipo I). Conforme Robson *et al.* (2000), uma possível interpretação do nível de significância pode ser:

- $\alpha > 0,10$ significa pouca evidência contra a hipótese nula “ h_0 ”;
- $0,05 < \alpha < 0,10$ significa possível evidência contra a hipótese nula “ h_0 ”;
- $0,01 < \alpha < 0,05$ significa forte evidência contra a hipótese nula “ h_0 ”;
- $\alpha < 0,01$ significa muito forte evidência contra a hipótese nula “ h_0 ”.

Nos casos em que os pressupostos dos testes estatísticos são violados, o programa dispõe de um recurso confiável para determinação do nível de significância e dos valores críticos, conhecido como “Reamostragem” ou *Resampling*. No caso em que a reamostragem é realizada pelo Método *Bootstrapping*, os valores das estatísticas de teste das séries originais são amostrados com substituição, e comparados com as estatísticas de testes das séries geradas, em um número de vezes que pode variar de 100 a 2.000 repetições de valores aleatórios, sendo 1.000 vezes o valor recomendado por Chiew & Siriwardena (2005). Para a opção de *Resampling* e seu respectivo número de repetições, o usuário deverá selecionar na tela do *Trend*.

Segundo Kundzewicz & Robson (2004), os pressupostos de que se refere à violação, correspondem à condição de normalidade, homogeneidade e independência, atribuída aos dados da série. Conforme Naghetinni & Pinto (2007), a premissa de base para a aplicação de métodos estatísticos a um conjunto de observações de uma variável hidrológica, é que se trata de uma amostra aleatória simples, extraída de uma população única, cuja função de distribuição de probabilidades não é conhecida *a priori*. Nessa premissa de base estão implícitas as hipóteses de aleatoriedade, independência, homogeneidade e estacionaridade.

Considerando que as violações às hipóteses nulas “ h_0 ” frequentemente ocorrem quando se trata de séries pluviométricas, decidiu-se, portanto aplicar a técnica de reamostragem *Bootstrapping*, de acordo com as sugestões de Chiew & Siriwardena (2005). A outra forma de que dependeria a sua indicação, seria conhecer antecipadamente os níveis dos pressupostos exigidos pelos testes estatísticos, através da aplicação de alguns testes de aderência apropriados, sendo os de Shapiro-Wilk, Spearman, Mann-Whiley, Wald-Wolfowitz, muito utilizados em hidrologia, além de outros. Por ser reconhecido como um método robusto, a aplicação desse recurso tem sido muito utilizada como forma de adequação às características peculiares às séries temporais de chuva.

O programa *Trend* fornece os resultados dos testes acompanhados das estatísticas de teste e valores críticos aos níveis de significância de: $\alpha = 0,10$, $\alpha = 0,05$ e $\alpha = 0,01$. Esses resultados são fornecidos para valores críticos encontrados em tabelas de probabilidade, ou oriundos da reamostragem dos dados quando essa opção é solicitada.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise exploratória dos dados, tanto as estatísticas descritivas de tendências centrais como as dispersivas apresentaram-se compatíveis segundo Andriotti (2005). O critério da Amplitude Inter-quartil (AIQ) não detectou *outlier*. O sumário das estatísticas descritivas e análise de pontos atípicos estão detalhados na Tabela 2.

Tabelas 2 - Estatísticas descritivas e análise de pontos atípicos da série anual			
Sumário estatístico e detecção de <i>outlier</i>			
Parâmetro	Valor	Parâmetro	Valor
Média	649,0 mm	Mínimo	101,0 mm
Mediana	691,0 mm	1º quartil	434,5 mm
Desvio padrão	308,8 mm	3º Quartil	887,3 mm
Variância	95357,4 mm	Amplitude (AIQ)	452,8 mm
Curtose	-0,8	Limite superior	1566,4 mm
Assimetria	-0,3	Limite inferior	-244,6 mm
Variação	48%	Outlier inferior	Não existe
Máximo	1295,0 mm	Outlier superior	Não existe

Analisando o histograma observou-se uma assimetria negativa. Os excessos observados podem estar atribuídos aos efeitos orográficos da precipitação, provocados pelos sistemas meteorológicos que atravessam as altitudes da divisa estadual. A linha de tendência denotou uma reta com coeficiente positivo sinalizando a possibilidade de detecção de tendência crescente na PTA. As Figuras 3, 4 e 5 apresentam respectivamente: o histograma, o gráfico *Box Plot* e a linha de tendência.

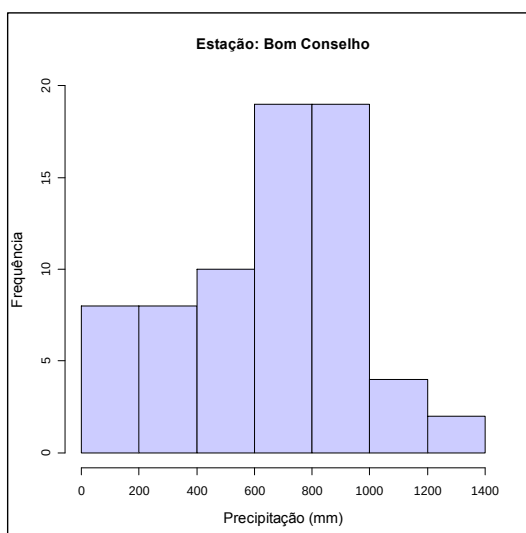


Figura 3 - Análise da distribuição de Frequência

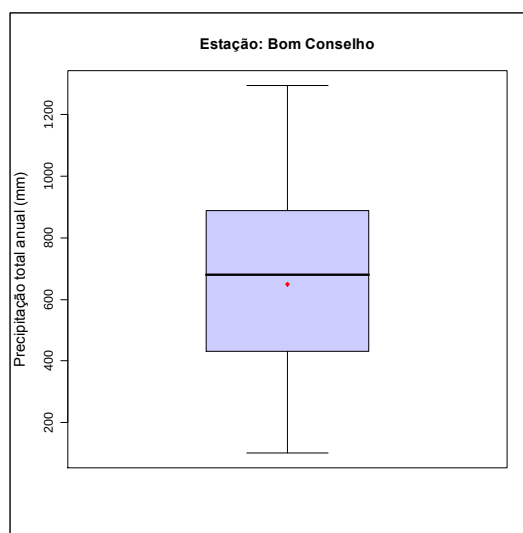


Figura 4 - Análise dos parâmetros estatísticos

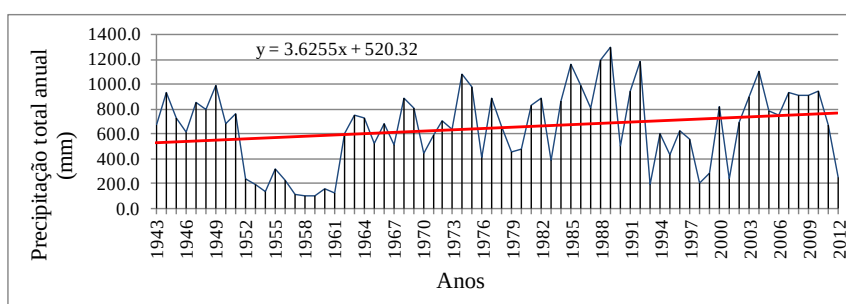


Figura 5 – Análise da variabilidade interanual e linha de tendência da série

Os resultados dos testes estatísticos indicaram para a PTA tendências positivas com fortes evidências contra a hipótese nula “ h_0 ” quando $0,01 < \alpha < 0,05$, segundo Robson *et al.* (2000). Isso pode ser interpretado como fortes evidências à existência de tendência crescente na PTA, com significâncias estatísticas de $\alpha=0,05$ em todos os métodos testados. Nesse caso, houve a rejeição da hipótese nula h_0 (negação à existência de tendência).

Quanto ao TMU, a variável não apresentou significância estatística nos resultados dos testes. Os resultados obtidos para as duas variáveis testadas, resultaram dos testes tradicionais e das reamostragens. As Tabelas 3, 4, 5 e 6 resumem os elementos extraídos dos blocos de resultados do *Trend*.

Tabela 3 – Resultados dos testes estatísticos aplicados à PTA sem reamostragem

Métodos	Variável hidrológica	Estatística de teste	Valores críticos (Tabelados)			Resultado
			$\alpha=0,10$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$	
Mann-Kendall	PTA	2,008	1,645	1,960	2,576	Positivo $\alpha<0,05$
Spearman's Rho		2,014	1,645	1,960	2,576	Positivo $\alpha<0,05$
Regressão linear		2,029	1,669	1,997	2,654	Positivo $\alpha<0,05$

Tabela 4 – Resultados dos testes estatísticos aplicados à PTA com reamostragem

Métodos	Variável hidrológica	Estatística de teste	Valores críticos (Reamostragem)			Resultado
			$\alpha=0,10$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$	
Mann-Kendall	PTA	2,008	1,637	1,906	2,621	Positivo $\alpha<0,05$
Spearman's Rho		2,014	1,691	1,993	2,635	Positivo $\alpha<0,05$
Regressão linear		2,029	1,604	1,928	2,417	Positivo $\alpha<0,05$

Tabela 5 – Resultados dos testes estatísticos aplicados ao TMU sem reamostragem

Métodos	Variável hidrológica	Estatística de teste	Valores críticos (Tabelado)			Resultado
			$\alpha=0,10$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$	
Mann-Kendall	TMU	1,272	1,645	1,960	2,576	Não significativo
Spearman's Rho		1,199	1,645	1,960	2,576	Não significativo
Regressão linear		0,974	1,669	1,997	2,654	Não significativo

Tabela 6 – Resultados dos testes estatísticos aplicados ao TMU com reamostragem

Métodos	Variável hidrológica	Estatística de teste	Valores críticos (Reamostragem)			Resultado
			$\alpha=0,10$	$\alpha=0,05$	$\alpha=0,01$	
Mann-Kendall	TMU	1,272	1,567	1,906	2,332	Não significativo
Spearman's Rho		1,199	1,671	1,962	2,589	Não significativo
Regressão linear		0,974	1,704	2,019	2,645	Não significativo

A série de Bom Conselho poderia não ter requerido a utilização da técnica de reamostragem, uma vez que os testes tradicionais permitiram os resultados desejados. Supõe-se que devem estar implícitas as premissas de aleatoriedade, independência, homogeneidade e estacionaridade, requisitadas pelos testes estatísticos. O aumento da PTA está de acordo com as previsões do 5º Relatório do IPCC, como também se compatibilizam com Haylock *et al.* (2006), Farias & Nóbrega (2010) e Souza & Azevedo (2012).

5 - CONCLUSÕES

Os resultados dos testes estatísticos indicaram fortes evidências de tendências crescentes na precipitação total anual do município de Bom Conselho em Pernambuco, entretanto para a precipitação do trimestre mais chuvoso, os resultados dos testes não apresentaram significância estatística.

Estes resultados indicam que os estudos devem ser estendidos aos outros trimestres, pois, como o TMU não apresenta uma tendência significativa de tendência positiva, para o resultado ser coerente com a PTA, algum outro período do ano deverá apresentar a presença de uma tendência crescente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Serviço Geológico do Brasil - CPRM, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq; à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco - FACEPE; à Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP – Projeto REHIDRO, à Agência Pernambucana de Águas e Clima - APAC; e ao Instituto Tecnológico de Pernambuco - ITEP.

BIBLIOGRAFIA

- ANDRIOTTI, J. L. S. (2005). *Fundamentos de estatística e geoestatística*, UNISINOS São Leopoldo - RS, pp. 165p.
- ASSIS, J. M. O. & SOBRAL, M. G. M. (2012). *Análise de Detecção de Tendências no Padrão Pluviométrico na Bacia Hidrográfica do Rio Capibaribe*. Revista Brasileira de Geografia Física, v.2, p.320-331.
- ASSIS, J. M. O.; SOBRAL, M. C. M. & SOUZA, W. M. (2012). *Análise de Detecção de Variabilidades Climáticas com Base na Precipitação nas Bacias Hidrográficas do Sertão de Pernambuco*. Revista Brasileira de Geografia Física, v.3, pp. 630-645.
- CHIEW, F. & SIRIWARDENA, L. (2005). *Trend/Change Detection Software - User Guide*. CRC for Catchment Hydrology. Austrália.

- FARIAS, R. F. L. & NÓBREGA, R. S. (2010). *Tendência Espacial e Temporal da Precipitação Pluviométrica em Pernambuco - Mudanças climáticas e Impactos ambientais*. Org. Galvêncio, J. D. Ed. Universitária, UFPE, Recife-PE, Capítulo 15, pp. 251-264.
- HAYLOC, M. R., PETERSON, T. C., ALVES, L. M., AMBRIZZI, T., ANUNCIAÇÃO Y. M. T., BAEZ, J., BARROS, V. R., BERLATO, M. A., CORONEL, G., GRACIA, VJ., GRIMM, A. M., KAROLY, D., MARENGO, J. A., MARINO, M. B., MONCUNILL, D. F., NECHET, D., QUINTANA, J., REBELLO, E., RUSTICUCCI, M., SANTOS, J. L., TREBEJO, I. & VINCENT, L. A. (2006). *Trends in Total and Extreme South American Rainfall 1960-2000 and links with Sea Surface Temperature*. International Journal of Climate. v.19, pp. 1490-1512.
- HOLANDA, C. V. M, OLIVEIRA, E. (1979). *Programa para Homogeneização de Dados - PROHD*. In Anais do Simpósio de Hidrologia, 3, 1979, Brasília. Anais. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, pp. 810-845.
- KUNDZEWICZ, Z. W. & ROBSON, A. (2004). *Change detection in Hydrological Records - a Review of the Methodology / Revue méthodologique de la détection de changements dans les chroniques hydrologiques*. Hydrological Sciences Journal, v.49, pp. 7-19.
- NAGUETTINI, M. & PINTO, E. J. A. (2007). *Hidrologia Estatística*. CPRM-Serviço geológico do Brasil, Belo Horizonte-BH, 561p.
- OBREGÓN, G. & MARENGO, J. A. (2007). *Caracterização do Clima no Século XX no Brasil: Tendências de Chuvas e Temperaturas Médias e Extremas*. Relatório N. 2 do Ministério do Meio Ambiente.
- PERH-PE (1998). *Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco*. Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos de Pernambuco Recife-PE.
- SECTMA (2006). *Atlas de Bacias Hidrográficas de Pernambuco*. Secretaria de Ciências, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco. Recife-PE.
- ROBSON, A.; BÁRDOSSY, A.; JONES, D. & KUNDZEWICZ, Z. W. (2000). *Métodos Estatísticos para Testes de Mudanças, Detecting Trend and other Change Hydrological Data*. World Climate Program - Water, Cap. 5, WCDMP-45, WMO, Genebra, Suíça.
- SANTOS, S. M. S.; ASSIS, J. M. O. & SOUZA, W. M. *Tendência de Mudanças Climáticas na Bacia do Rio Uma, Pernambuco – Brasil*. Revista Brasileira de Geografia Física, v.7, pp. 243-257.
- SOUZA, W. M. & AZEVEDO, P. V. (2012) *Índice de Detecção de Mudanças Climáticas Derivados da Precipitação Pluviométrica e das Temperaturas em Recife-PE*. Revista Brasileira de Geografia Física, v.2, pp. 320-331.
- SUDENE (1990). *Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste - Estado de Pernambuco - Séries Pluviométricas N° 6*. Recife – PE, 363p.