Revista Brasileira de Climatologia
ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

ANÁLISE DA TENDÊNCIA TEMPORAL DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA INTERANUAL E INTRA-ANUAL NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

SILVA, Elisabeth Regina Alves Cavalcanti - elisabeth.silva@ifma.edu.br
Instituto Federal do Maranhão / IFMA

GALVÍNCIO, Josiclêda Domiciano - josicleda@hotmail.com
Universidade Federal do Pernambuco / UFPE

NASCIMENTO, Katarina Romenia Pinheiro - katarina_romenia@yahoo.com.br
Universidade Federal do Pernambuco / UFPE

SANTANA, Sidney Henrique Campelo de - sidneysantana.geo@hotmail.com
Universidade Federal do Pernambuco / UFPE

SOUZA, Werônica Meira de - weronica@hotmail.com
Universidade Federal Rural do Pernambuco / UFRPE

COSTA, Valéria Sandra de Oliveira - costavvso@yahoo.com.br
Universidade Federal do Pernambuco / UFPE

RESUMO: Para o entendimento das atuais tendências de variação da precipitação pluviométrica no semiárido pernambucano, análises estatísticas que indicam a variabilidade da intensidade e frequência da ocorrência de chuvas são importantes indicadores de modificação nos padrões climáticos. Por essa razão, este estudo tem como objetivo avaliar a tendência nos padrões de precipitação interanual e intra-anual ao longo de cerca de 4 décadas de período amostral (1970 a 2012) a partir de análises estatísticas. Foram utilizados dados diários de precipitação pluviométrica do município de Araripina-PE, processados através do software Climap 1.1, nos quais foram analisados as séries mensais, trimestrais e anuais da precipitação, desvio padronizado, o número de dias no ano com precipitação acima de 1mm, 10mm, 20mm e 30mm, bem como os métodos de análise de regressão linear e teste de Kendall-tau para verificar tendência nas séries de precipitação. O estudo demonstrou uma variação nos padrões de precipitação pluviométrica, em que os meses historicamente de maior precipitação até a década de 1970 (entre dezembro e abril) passaram a apresentar diminuição da precipitação, enquanto que os meses de menor precipitação (junho, julho e agosto) tiveram um acréscimo na ocorrência e no volume precipitado, o que coincidiu com o final da atuação negativa da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e início da ODP positiva. Com isso, as chuvas têm se apresentado mais distribuídas ao longo do ano, o que é indicação de uma tendência de umidificação na região.

PALAVRAS-CHAVES: Variabilidade climática, Mudanças Climáticas, Mann-Kendall, umidificação.

ANALYSIS OF THE TEMPORAL TENDENCY OF INTER-ANNUAL AND INTRA-ANNUAL PLUVIOMETRIC PRECIPITATION IN THE SEMIÁRID OF PERNAMBUCO

ABSTRACT: In order to understand the current trends in rainfall variation in the semi-arid region of Pernambuco, statistical analyzes that indicate the variability of rainfall quantity and occurrence are important indicators of changes in climatic patterns. For this reason, this study aims to demonstrate the trend in interanual and intra-annual precipitation patterns over about 4 decades of sampling period (from 1970 to 2012) from statistical analyzes. Daily rainfall data from the municipality of Araripina-PE, processed using Climap 1.1 software, were used to analyze the monthly, quarterly and annual

rainfall series, standard deviation, the number of days in the year with precipitation above 1 mm, 10mm, 20mm and 30mm, as well as the methods of linear regression analysis and Kendall-tau test to verify trend in the precipitation series. The study demonstrated a variation in the pluviometric precipitation patterns, in which the months of historically higher precipitation up to the 1970s (between December and April) started to decrease precipitation, whereas the months of lower precipitation (June, July and August), had an increase in occurrence and precipitated volume, which coincided with the end of the negative performance of the Pacific Decadal Oscillation (PDO) and the beginning of positive PDO. As a result, rainfall has been more distributed throughout the year, which indicates a tendency for humidification in the region.

KEYWORDS: Climate variability, Climate change, Mann-Kendall, humidification

ANÁLISIS DE LA TENDENCIA TEMPORAL DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIOMÉTRICA INTERANUAL E INTRA-ANUAL EN EL SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

RESUMEN: Para el entendimiento de las actuales tendencias de variación de la precipitación en el semiárido pernambucano, análisis estadísticos que indican la variabilidad de la cantidad y de la ocurrencia de lluvias son importantes indicadores de modificación en los patrones climáticos. Por esta razón, esta investigación tiene como objetivo presentar la tendencia en los patrones de precipitación interanual y intra anual a lo largo de cerca de 4 décadas de periodo de muestreo (desde 1970 hasta 2012) a partir de evaluaciones estadísticas. Se utilizaron datos diarios de precipitación pluviométrica del municipio de Araripina-PE, procesados a través del software Climap 1.1, en los cuales se analizaron las series mensuales, trimestrales y anuales de la precipitación, desviación estandarizada, el número de días en el año con precipitación por encima de 1mm, 10mm, 20mm y 30mm, así como los métodos de análisis de regresión lineal y prueba de Kendall-tau para verificar la tendencia en las series de precipitación. La investigación demostró una variación en los patrones de precipitación pluvial, en los cuales los meses que históricamente se obtuvo más precipitación hasta la década de 1970 (entre diciembre y abril) pasaran a presentar una caída de la precipitación, mientras que en los meses de menor precipitación (junio, julio y agosto), tuvieron un aumento en la ocurrencia y en el volumen precipitado, lo que coincidió con el final de la actuación negativa de la Oscilación Decadal del Pacífico (ODP) y inicio de la ODP positiva. Con esto, las lluvias se presentaron más distribuidas a lo largo del año, lo que consiste en una indicación de una tendencia de humidificación en la región.

PALABRAS CLAVE: Variabilidad climática, Cambio Climático, Mann-Kendall, humidificación

ANALYSE DE LA TENDANCE TEMPORAIRE DE LA PRÉCIPITATION PLUVIOMÉTRIQUE INTERANNUELLE ET INTRA-ANNUELLE DANS LE SEMI-ARIDE DU PERNAMBUCO

RÉSUMÉ: Pour la compréhension des tendances actuelles de variation de la précipitation dans la région semi-aride de Pernambuco, Les analyses statistiques qui indiquent la variabilité de la quantité et de l'apparition de pluies sont des indicateurs essentiels de modification dans les modèles climatiques. Par conséquent, ce étude vise à démontrer la tendance dans les modèles de précipitation interannuel et intra-annuel pendant quatre décennies de période d'échantillonnage (de 1970 à 2012) à partir d'analyses statistiques. Les données pluviométriques quotidiennes de la municipalité d'Araripina-PE, traitées avec le logiciel Climap 1.1, ont été utilisées pour analyser les séries de précipitations mensuelles, trimestrielles et annuelles, l'écart type, le nombre de jours dans l'année avec des précipitations supérieures à 1 mm, 10mm, 20mm et 30mm, ainsi que les méthodes d'analyse de régression linéaire et de test de Kendall-tau pour vérifier la tendance dans les séries de précipitations. L'étude a démontré une variation dans les normes de précipitation pluviométrique, dont les mois historiquement de plus grand précipitation d´ici les années 1970 (entre décembre et avril) ont présenté baisse de précipitation, alors que les mois de précipitation plus faible (juin, juillet et août) ont une augmentation de l'occurrence et du volume précipité, qui coïncidé avec la fin d´action négative de l'oscillation décennale du Pacific (ODP) et début de ODP positive. En conséquence, les

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

pluies ont présenté plus réparties tout au long de l'année, ce qui indique une tendance de l'humidification dans la région.

MOTS-CLÉS: variabilité climatique, changements climatiques, Mann-Kendall, humidification

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a atmosfera apresentou um relevante processo de aquecimento (SILVA et al., 2017), acentuado principalmente a partir da década de 1980 (ANGELOCCI; SENTELHAS, 2010). No entanto, Molion (2008) afirma que períodos de aquecimento e resfriamento fazem parte do processo de variabilidade natural do clima global e que essa grande variabilidade climática não permite afirmar que a tendência de aquecimento global observada nos últimos 150 anos persistirá nas próximas décadas.

Dessa forma, a variabilidade climática deve ser entendida como um fenômeno inerente à própria dinâmica climática terrestre (SILVA et al., 2016) e está ligada à combinação das escalas temporal e espacial dos fenômenos meteorológicos relacionados às flutuações das condições meteorológicas e, por extensão, das condições climáticas em torno da média climatológica (ANGELOCCI; SENTELHAS, 2010). Evidências científicas de que a mudança global prevê um cenário de aumento nos eventos climáticos extremos acrescentou à análise espacial da precipitação uma importância ainda maior devido à necessidade de compreender a grande variabilidade da precipitação regional intra e interanual (GAUGHAN et al., 2016).

Autores como Lelis et al. (2011), afirmam que, caso os cenários de aquecimento global se confirmem, é esperado, além de um aumento dos eventos extremos de precipitação (tanto em termos de volume quanto de intensidade de precipitação), que o ciclo hidrológico tenha uma grande variabilidade em várias escalas de tempo (sazonal, anual, decadal, etc). Por conta disso a análise de tendência climática é de grande valia nos estudos climáticos por sinalizar modificações nas variáveis meteorológicas.

Yevjevich (1972) define tendência em uma série temporal como uma mudança sistemática e contínua em qualquer parâmetro de uma dada amostra, excluindo-se mudanças periódicas ou quase periódicas. Para Goossens e Berger (1986) tendência climática é uma mudança do clima caracterizada por um contínuo acréscimo ou decréscimo nos valores observados da variável em um período determinado. Conti (2000) afirma que tendência é o "aumento ou diminuição lenta dos valores médios ao longo de série de dados de no mínimo três décadas, podendo ou não ocorrer de forma linear". E segundo Silva et al. (2017), a análise da tendência de séries históricas de precipitação é uma das maneiras de se determinar a ocorrência de mudança climática local.

A distribuição interanual, a distribuição intra-anual de chuvas pode ter efeitos intensos sob as interações ambientais. Trabalhos como o de Gaughan et al. (2016) sobre a variação de precipitação nas escalas inter e intra-anuais em savanas semiáridas alertam para a relação entre as variações atípicas do clima e sua relação com fenômenos como a Oscilação Sul de El Niño (ENOS) e o Dipolo do Oceano Índico (IOD).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Souza Júnior et al. (2009) também apontam que as variáveis meteorológicas relacionadas a fenômenos de escala global sofrem influência do fenômeno ENOS que, por sua vez, está relacionado às anomalias oceânicas e atmosféricas na região equatorial do Oceano Pacífico. Para autores como Baú et al. (2013) o fenômeno ENOS é um dos responsáveis pelas flutuações globais do clima, e possui capacidade de provocar alterações segundo suas escalas de atuação.

Trabalhos como o de Grant et al. (2014) destacam que as mudanças climáticas deverão alterar a precipitação intra-anual em muitas regiões, o que resulta em secas mais extremas e comuns e em eventos de chuvas torrenciais em outras áreas. Autores como Fay et al., (2011) ainda salientam que o aquecimento global, leva a períodos mais longos e mais eventos de chuva intensa e ao aumento da variabilidade de precipitação intra-anual. Já o IPCC (2012) aponta para a problemática do estresse hídrico devido ao aumento da variabilidade intra-anual das precipitações.

Quanto ao Nordeste, esta é uma região que enfrenta graves problemas relacionados à irregularidade das chuvas, resultando em secas severas e prolongadas, assim como chuvas excessivas (FERREIRA et al., 2017), o que tem sido associado às anomalias de Temperatura de Superfície do Mar (TSM) do Pacífico equatorial que, na fase positiva (El Niño), favorece a redução da precipitação pluviométrica sobre a região Nordeste, enquanto na fase negativa (La Niña), contribui para a ocorrência de chuvas, por vezes acima da média histórica (ANDREOLI; KAYANO, 2007). Autores como Assis et al. (2015) também corroboram que a região semiárida do Nordeste do Brasil apresenta grande variabilidade espacial e temporal das chuvas, com precipitações irregulares concentradas em poucos dias e meses.

Segundo Sousa et al. (2008), outro aspecto da variabilidade na precipitação no Nordeste é a modulação por fenômenos de mais baixa frequência na escala interdecadal, como a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). De acordo com estudos elaborados por Ávila e Brito (2015), de 1925 a 1946, o clima do Nordeste brasileiro encontrava-se sob os efeitos de uma (ODP) positiva, com El Niños mais fortes e frequentes. De 1947 a 1976, no entanto, a ODP passou a ser negativa, resultando em aumento de chuvas. Nas décadas de 1980/90, a oscilação tornou-se novamente positiva, o que coincidiu com a ocorrência dos El Niños mais fortes do século (em 1983, 1997 e 1998).

A partir de 1999, novamente a ODP passou à fase negativa e a influência do La Niña foi maior do que do EL Niño, devendo permanecer até 2025 (MOLION, 2005), coincidindo com a ocorrência de intensos períodos de chuva no Nordeste, nos anos 2000, 2001, 2006, 2008 e 2009, enquanto nos outros anos as secas foram mais amenas. Dessa forma, segundo Silva et al. (2011), no Submédio São Francisco, a associação das mesmas fases de El Niño Oscilação Sul e Oscilação Decadal do Pacífico tendem promover diminuição nas chuvas na fase quente dos dois eventos, e aumento nas chuvas, quando na fase fria dos dois eventos.

Segundo Marengo (2006), em razão da dificuldade que os modelos têm para representar adequadamente as características do clima regional, a experiência brasileira demonstra a necessidade de se ajustar os métodos aplicáveis aos cenários de mudança do clima resultantes de modelos globais para projeções de escopo regional ou local (SILVA; GALVÍNCIO, 2011). Segundo

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Sant'Anna Neto (2010), enquanto as escalas globais permitem apenas a generalização dos elementos e processos, as regionais possibilitam a compreensão das suas formas de organização, que podem ser verificadas de maneira especializada, e mais complexa, nas escalas locais.

Por essa razão, estudos em escalas locais como o de Souza e Azevedo (2012), que verificaram tendências dos índices de detecção de mudanças climáticas a partir de alterações na precipitação pluviométrica e das temperaturas máximas e mínimas para um posto da cidade do Recife com o software RClimdex com base de dados diários de precipitação e temperatura no período de 1961 a 2008 são tão importantes. No trabalho realizado pelos autores, os resultados derivados da precipitação não apresentaram tendências significativas de redução. Por outro lado, diagnosticou-se aumento da frequência de eventos extremos de chuvas a partir da década de 1980, com chuvas diárias superiores a 100 mm.

Já Barbosa et al. (2016), a partir das informações geradas com o software Climap em relação aos índices de precipitação pluviométrica no município de Garanhuns-PE, concluíram que os dados não apresentam uma tendência de aumento significativa, o que não configura um cenário expressivo no âmbito das mudanças climáticas.

Num trabalho realizado por da Silva (2013), os resultados mostraram que o estado de Pernambuco apresentou tendência de diminuição da precipitação total anual da intensidade média diária de chuva, do número de dias em que a precipitação é maior que 10mm e 20mm. Estudos de detecção de mudanças climáticas revelaram também um aumento de cerca de 4ºC na temperatura máxima diária no período de 1961 a 2009 e diminuição da precipitação em 275mm (o que corresponde a 57% do total anual) (NOBRE, 2011; LACERDA, 2015).

Diante da importância que o fator precipitação assume nos estudos sobre variabilidade climática, este trabalho tem por objetivo avaliar a tendência nos padrões da precipitação pluviométrica interanual e intra-anual tanto em sua quantidade quanto na ocorrência das chuvas, ao longo de cerca de quatro décadas de período amostral (1970 a 2012) em Araripina-PE. Com isso pretende-se substanciar em mais uma maneira os estudos relativos ao semiárido brasileiro em particular o pernambucano.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O município de Araripina-PE localiza-se na Mesorregião do Sertão e Microrregião Araripina, nas coordenadas geográficas de 07°34'34'' de latitude sul e 40°29'54'' de longitude oeste. Limita-se ao norte com o Estado do Ceará, ao sul com Ouricuri, a leste com Ipubi e Trindade, e a oeste com Estado do Piauí, e compreende uma área de 1.906,3 km² e uma altitude de 622 m (BRASIL, 2005). Com um clima do tipo Tropical Semiárido, segundo a classificação de Köppen do tipo BSh, e é caracterizado por altas temperaturas e chuvas de verão. A precipitação média anual é de 674 mm, com período chuvoso iniciando em novembro e término em abril, e período seco de maio a

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

outubro. A temperatura ao longo do ano varia com máximas de 30 a 34 °C e mínimas de 19 a 23 °C (ARRUDA, 2013).

De acordo com Mollion e Bernardo (2000) esta semiaridez está relacionada à subsidência gerada pelo ramo descendente da célula Hadley-Walker e a inversão psicrotérmica sobre a região. Que tem como principais sistemas produtores de chuvas: as instabilidades associadas aos Sistemas Frontais, Zona de Convergência Intertropical – ZCIT e os Vórtices Ciclônicos de altos níveis.

2.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para definir a análise de tendência analisou-se o padrão diário, mensal e anual do regime de chuvas observando a variabilidade pluviométrica existente. Nesse sentido, foram utilizados dados diários de precipitação pluviométrica no período de 1970 a 2012 do município de Araripina, localizada na região do Submédio São Francisco (Figura 1), da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC) e processados no software Climap 1.1.



Figura 1 – Localização espacial da estação pluviométrica de Araripina.

2.3 APLICATIVO CLIMAP 1.1

O Climap 1.1 é um aplicativo com interface gráfica que auxilia a análise de séries de dados meteorológicos de chuva e de temperatura do ar, com a associação de informações e criação de gráficos. O aplicativo foi desenvolvido por Salvador e Brito (2017). A linguagem de programação empregada para seu desenvolvimento foi a de Python 2.7.6, com os recursos de criação de interface gráfica da biblioteca Tkinter, que é um recurso nativo do Python (ROSSUM, 1996; BARBOSA et al., 2016).

Após a obtenção dos dados diários e análise, os dados foram processados no Climap 1.1 para a obtenção dos índices climáticos, como indicado por Barbosa et al. (2016):

I. Totais mensais, trimestrais e anuais de precipitação pluviométrica

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

II. DPP: Desvio padronizado da precipitação dos totais mensais, trimestrais e anuais. DPP= (total-média)/desvio padrão;
III. Pr1: Número de dias por ano com precipitação ≥ 1 mm, ≥5mm, ≥10mm, ≥20mm e ≥30mm;
IV. Análise da ocorrência de precipitações a 95% e a 99% de confiança;
V. Regressão linear e Teste não paramétrico de Mann-Kendall (MANN, 1945; KENDALL, 1975), segundo proposto por Sneyers (1975) para delimitar o ponto inicial de determinada tendência.

Os resultados obtidos com o software permite analisar os dados com base:

1- No P-valor, que é a significância de um resultado (também denominado nível descritivo do teste), é a probabilidade de que a estatística do teste (como variável aleatória) tenha valor extremo em relação ao valor observado (estatística) quando a hipótese H0 é verdadeira.

Posteriormente foi elaborado o gráfico referente à quantidade de chuvas onde o P-valor reflete a significância do resultado. Em termos gerais, um P-valor pequeno significa que a probabilidade de obter um valor da estatística de teste como o observado é muito improvável, leva-se, desse modo, à rejeição da hipótese nula.

Salvador (2017) considera que, na hipótese de estabilidade de uma série temporal, a sucessão de valores ocorre de forma independente e a distribuição de probabilidade deve permanecer sempre a mesma, o que caracteriza, desse modo, uma série aleatória simples. Dessa forma, se p-valor ≥0.5 não há tendência, se p-valor ≤0.5 há tendência, se p-valor ≤0.05 há tendência com significância estatística.

2- E no ‘r’ (chamado também de Coeficiente de Correlação de Pearson) que mede o grau de relacionamento linear entre valores emparelhados em uma amostra, bem como a intensidade e a direção da relação linear entre duas variáveis quantitativas (NETER, 1996).

O ‘r’ sempre será um valor entre $-1 \leq r \leq 1$. Quanto mais próximo de –1, maior a correlação negativa; quanto mais próximo de 1, maior correlação positiva e quanto mais próximo de 0, menor a correlação linear. Posteriormente, foi analisada a regressão, que é uma técnica estatística usada para investigar a relação linear entre duas ou mais variáveis.

Com o banco de dados definido, fez-se uma análise e consistência das séries históricas. Os valores relacionados à erros na coleta ou transmissão dos dados foram devidamente excluídos da série, passando a constar como falhas. Deve-se salientar que o programa determina que resultados não sejam gerados quando a quantidade de falhas supera o limite de confiabilidade, e, nesse sentido, o limite de falha foi de 1% e o teste de confiabilidade foi o do próprio programa. Após a análise dos dados realizou-se a aplicação dos testes.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da tendência de séries históricas de precipitação pluviométrica é uma das maneiras de se inferir a ocorrência de mudança climática local, por essa razão também foi analisada a climatologia mensal e trimestral da

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

precipitação pluviométrica, para identificar os períodos secos e chuvosos da região (Figura 2).

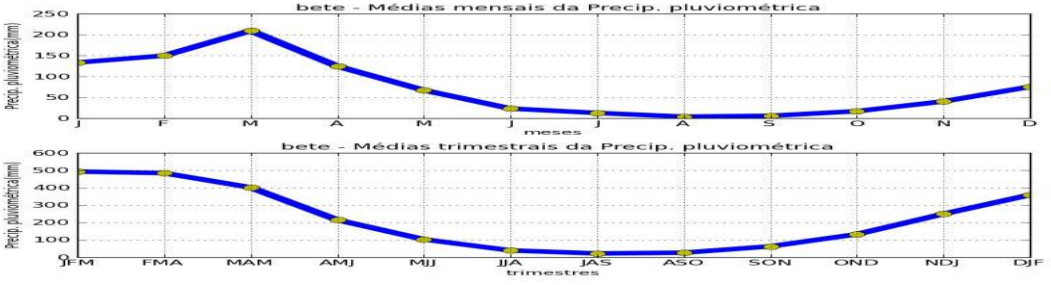

Figura 2 - Médias históricas mensais e trimestrais de precipitação pluviométrica.

Como demonstrado na Figura 2 a precipitação do município de Araripina evidencia-se com maiores índices nos meses de novembro a agosto, e um maior volume de chuvas nos meses de janeiro a abril, como pode ser visualizado nas médias históricas de precipitação mensais e trimestrais dos anos de 1970 a 2012.

Posteriormente foi avaliada a média, mediana e desvio padrão com base na densidade das chuvas e a quantidade no trimestre Janeiro-fevereiro-março em que a densidade e as precipitações variam entre um mês e outro. Os valores foram tabelados e observa-se que o mês de março é o que apresenta a maior média de chuvas bem como o maior desvio padrão (Tabela 1).

Tabela 1 - Média, mediana e desvio padrão do trimestre chuvoso de janeiro-fevereiro-março.

	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	JAN-FEV-MAR
Média	133.7	150.1	209.9	497.8
Mediana	112.1	128.2	158.1	419.3
Desvio Padrão	88.5	100.4	223.5	310.7

Em seguida, foi elaborada a tabela referente aos meses de março-abril-maio. Observa-se que a média de chuvas do final do trimestre chuvoso (de abril-maio-junho) é inferior ao do trimestre de janeiro-fevereiro-março (Tabela 2).

Tabela 2 - Média, mediana e desvio padrão do trimestre março-abril-maio.

	MARÇO	ABRIL	MAIO	MAR-ABR-MAI
Média	209.9	124.9	67.3	402.1
Mediana	158.1	103.8	30.2	321.9
Desvio Padrão	223.5	91.6	88.4	306.6

A seguir os dados de média, mediana e desvio padrão foram tabulados para os meses de junho, julho e agosto em que o desvio padrão no mês de junho foi o mais alto (tabela 3):

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Tabela 3-Média, mediana e desvio padrão do trimestre julho-agosto-setembro.

	JUNHO	JULHO	AGOSTO	JUN-JUL-AGO
Média	23.3	12.8	3.9	32.4
Mediana	11.7	7.0	0.2	18.3
Desvio Padrão	52.7	18.2	8.2	34.7

Posteriormente foram tabulados os dados de média, mediana e desvio padrão foram tabulados para os meses de outubro, novembro e dezembro em que o desvio padrão no mês de dezembro foi o mais alto (tabela 4):

Tabela 4 - Média, mediana e desvio padrão do trimestre julho-agosto-setembro.

	OUT	NOV	DEZ	OUT-NOV-DEZ
Média	17.0	40.4	75.6	133.0
Mediana	8.4	30.4	63.8	124.9
Desvio Padrão	24.9	34.6	56.8	73.8

Na prática, considera-se satisfatório o limite de 5% de probabilidade de erro, não sendo significativas as diferenças que tiverem uma probabilidade acima desse limite. Desse modo, elaborou-se a estimativa de dias com chuva iguais ou menores que 1mm (=>1mm), dias com chuvas iguais ou menores que 10mm (=>10mm) e dias com chuvas iguais ou menores do que 20mm diários (=>20mm), (Figura 3):

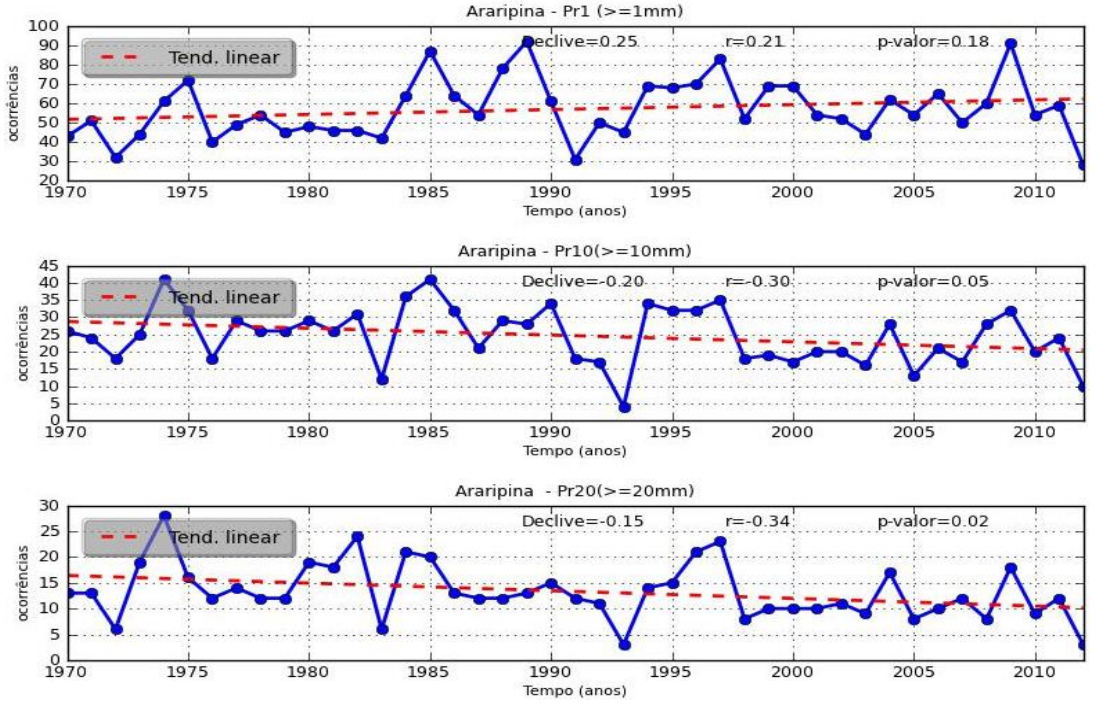

Figura 3 - Dias com chuva =>1 mm, dias com chuva =>10 mm e dias com chuva =>20 mm diários.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Para o entendimento das atuais tendências de variação da precipitação pluviométrica no semiárido pernambucano, análises estatísticas que indicam a variabilidade da intensidade e frequência da ocorrência de chuvas são importantes indicadores de modificação nos padrões climáticos. Como pode ser observado, os dias com chuva =>1 mm apresentou uma tendência linear positiva, ou seja, um ligeiro aumento das precipitações durante os anos na série histórica admitida. Todavia o P-valor foi de 0.18, o que indica que a probabilidade de significância desse resultado não foi estatisticamente significativa.

Os dias com chuva iguais ou superiores a 10 mm tiveram uma tendência de diminuição ao longo dos anos, apresentando um nível de P-valor de 0.05 sendo considerado significativo. Já para dias com chuva iguais ou superiores a 20mm também ocorreu a tendência de diminuição da frequência desses episódios com um P-valor de 0.02, portanto, com forte significância estatística, sugerindo que as chuvas acima de 10 e 20 mm são mais importantes em relação ao aumento da precipitação na região do que as chuvas abaixo desse corte.

Ao utilizar um valor de corte de 0,05 para o p-valor, rejeitou-se a hipótese nula e concluiu-se que existe uma diferença estatisticamente significativa entre os grupos. Esse valor ou valores menores (como ocorreu em relação aos episódios com 1, 10 e 20 mm) significa que o estudo assumiu uma probabilidade de 5% de que diferenças entre os grupos sejam encontradas e de que a probabilidade desse resultado seja devida ao acaso, possuindo um intervalo de confiança de 95%. A seguir, para efeito de comparação, são apresentados os gráficos dos volumes de precipitação ≥5mm, ≥20mm e ≥30mm, respectivamente (Figura 4).

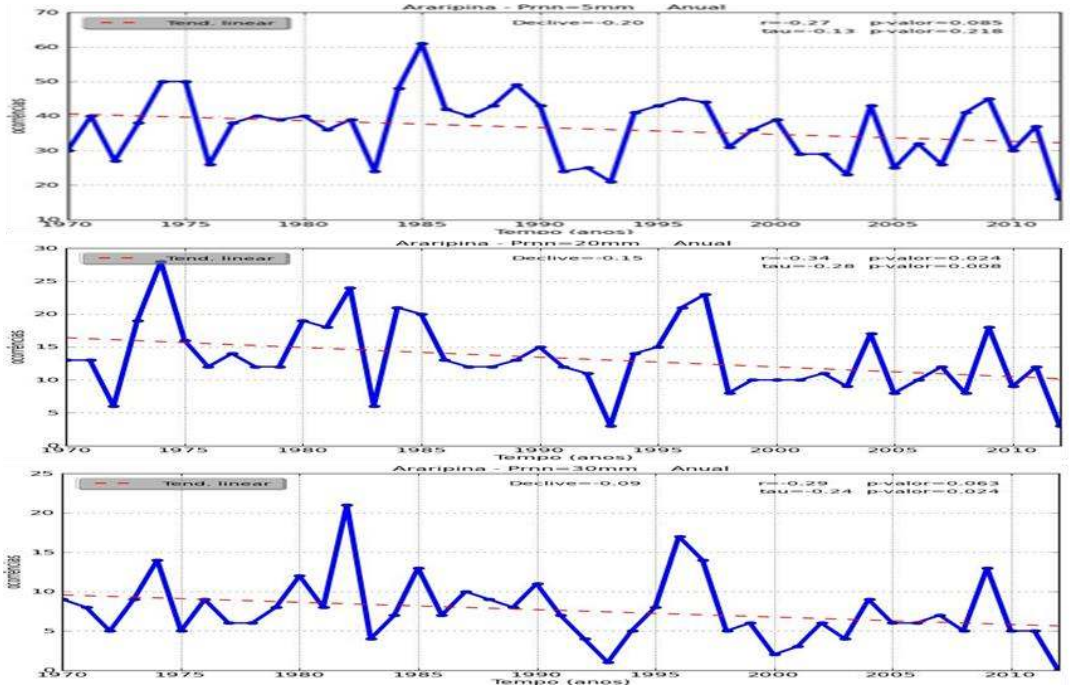

Figura 4 - Volumes de precipitação ≥ a 5mm, 20mm e 30mm.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Posteriormente os dados foram tabulados para evidenciar a tendência de diminuição dos episódios de precipitação maiores ou iguais a 5mm, 20mm e 30mm (Tabela 5).

Tabela 5 – Testes estatísticos de tendência linear para dos episódios de precipitação

Testes estatísticos	≥5mm	≥20mm	≥30mm
Declive	-0.20	-0.15	-0.09
r	-0.27	-0.34	-0.29
P-valor	0.085	*0.024	0.063
Tau	-0.13	-0.28	-0.24
P-valor	0.218	*0.008	*0.024

** Correlação é significativa ao nível de significância de 0.05 (bicaudal)*

A partir da análise da tabela 5 pode-se perceber a diminuição das precipitações maiores ou iguais a 5mm, 20mm e 30mm. Esse resultado é corroborada por trabalhos como o de Lacerda et al. (2016), a partir da análise de tendência das precipitações e pelos cálculos de balanço hídrico no município de Araripina- PE, em que se constatou a diminuição da precipitação total, diminuição da umidade do solo e aumento da evapotranspiração nas décadas de 1950-60 a 2010, e também pelo trabalho de Silva (2013), que constatou tendência de diminuição da precipitação total anual da intensidade média diária de chuva, do número de dias em que a precipitação é maior do que 10mm e 20mm em Pernambuco.

Posteriormente foi analisada a precipitação ao longo dos 42 anos de período amostral a 95% (considerando 51.6mm de precipitação) e a 99% de confiança (considerando 93.6mm de precipitação), ambos apresentando correlação linear fraca e p-valor tendo um nível de significância maior a 99% de confiança, ou seja, os valores estão diminuindo, mas não apresentam significância estatística.

Fica evidenciado na figura 5, que a precipitação no município de Araripina-PE apresentou tendência de diminuição, tanto no volume de chuvas quanto nos extremos de precipitação, esse último porém a não foi estatisticamente significativo.

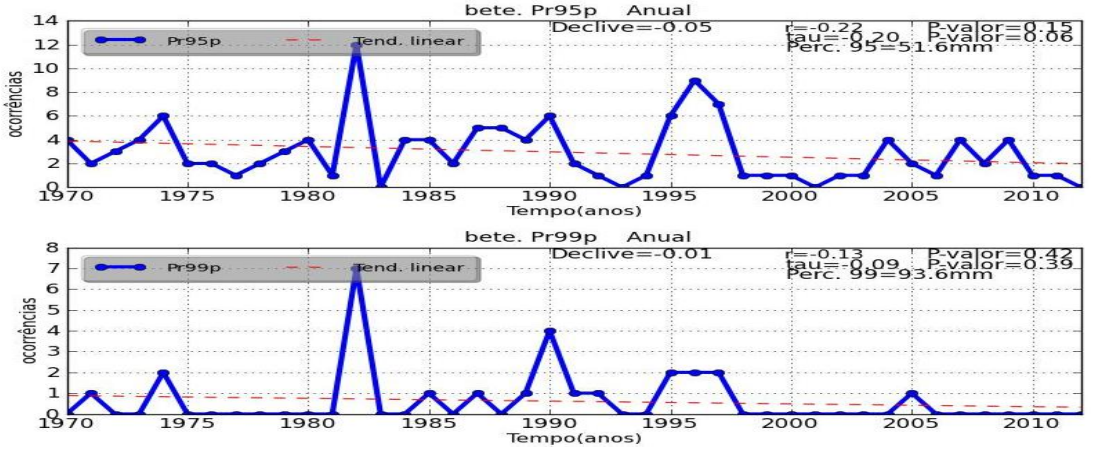

Figura 5 – Ocorrência de precipitação a 95% e 99% de confiança.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

A seguir, apresenta-se a precipitação total de 1970-2012 (Figura 6), no qual a média da precipitação pluviométrica anual foi de 853.7mm, o coeficiente angular foi de -0.03 (o que significa que a diminuição foi de -0.03mm anual) e o p-valor de 0.850, o que demonstra que em relação aos dados anuais não há tendência significativa. Contudo, apesar de não haver tendência significativa de diminuição em relação aos dados anuais de precipitação, é na escala mensal que é possível detectar melhor esses processos, por isso o foco deste trabalho ao analisar não só a tendência interanual, mas também a tendência intra-anual da precipitação.

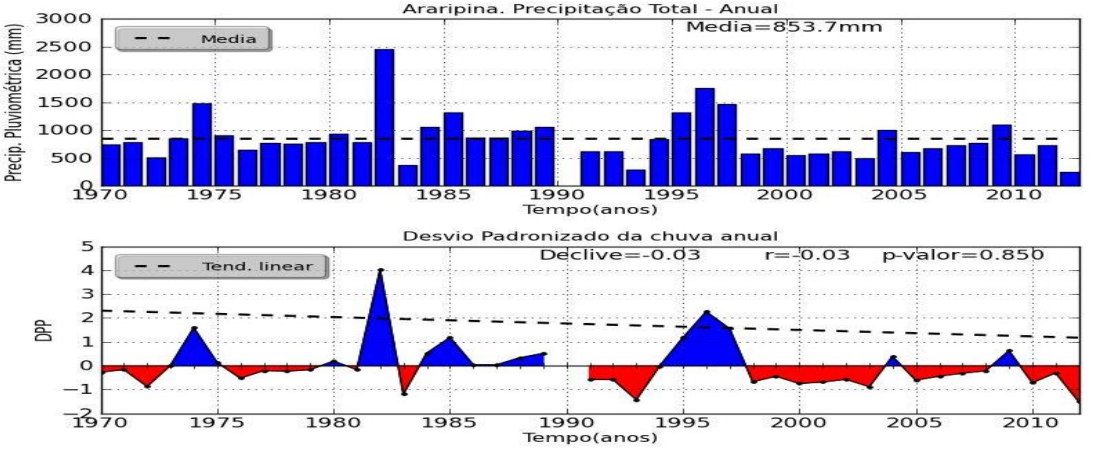

Figura 6 - Precipitação pluviométrica total de 1970-2012.

A Figura a seguir sobre a dinâmica das chuvas nas últimas décadas revela que nos meses de maior ocorrência histórica de precipitação pluviométrica houve uma variação nos padrões de precipitação em alguns meses do ano, indicando tendência de diminuição das chuvas. A literatura afirma que os meses mais chuvosos em Araripina se concentram entre novembro e abril (BRASIL, 2005; FUPEF, 2007; SOMAR, 2013), no entanto, o que pode ser observado através dos dados é que essa tendência histórica de chuvas nos meses indicados pela literatura se manteve até a década de 1990, e a partir dela houve uma diminuição da precipitação nos meses mais chuvosos (figura 7).

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

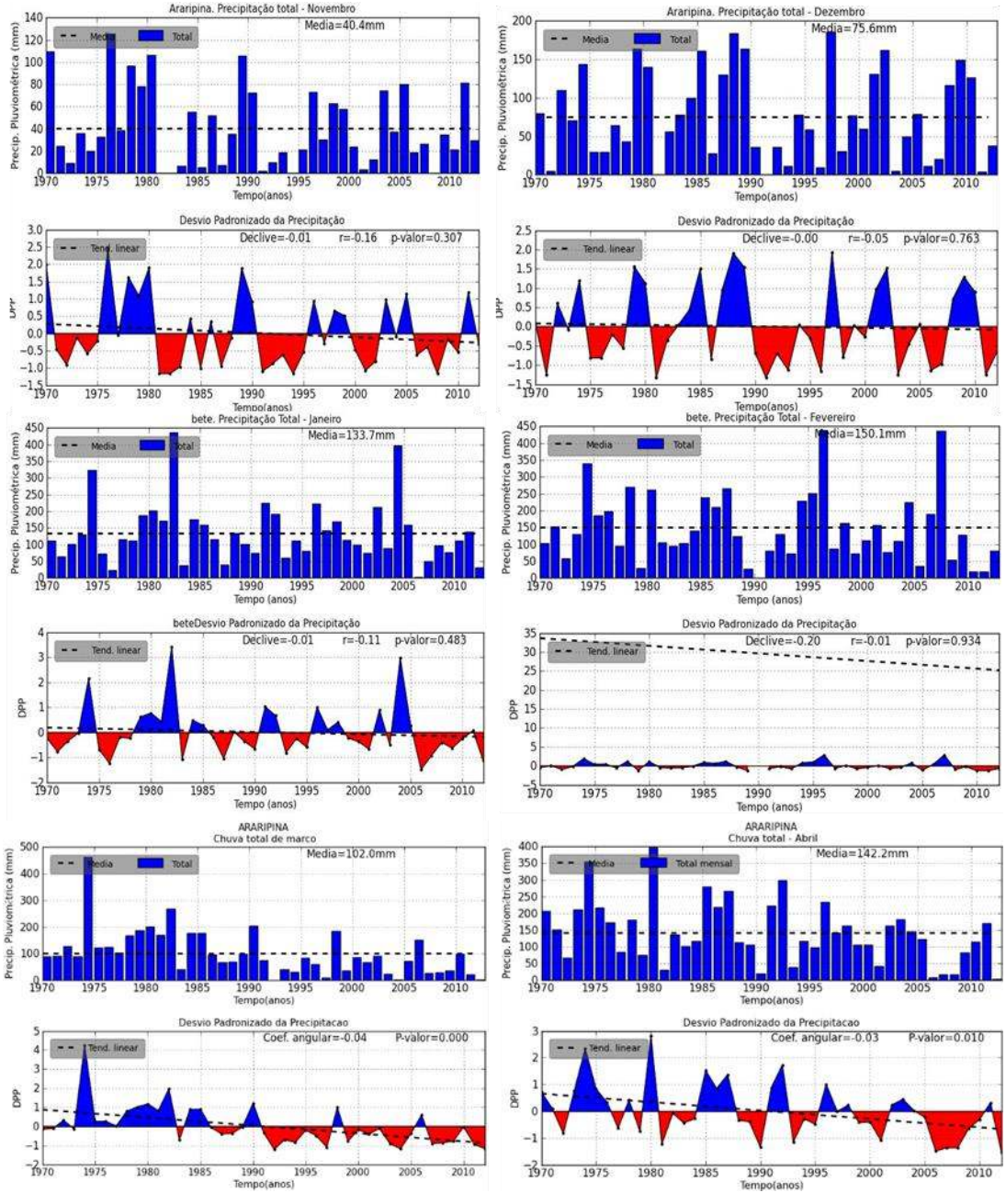

Figura 7 – Meses de maior ocorrência histórica de precipitação pluviométrica.

A variação atípica da precipitação pluviométrica no município de Araripina também pode ser visualizada nos meses que comumente apresentavam menor precipitação (excetuando-se o mês de maio), e atualmente apresentam uma tendência de aumento de precipitação (Figura 8):

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

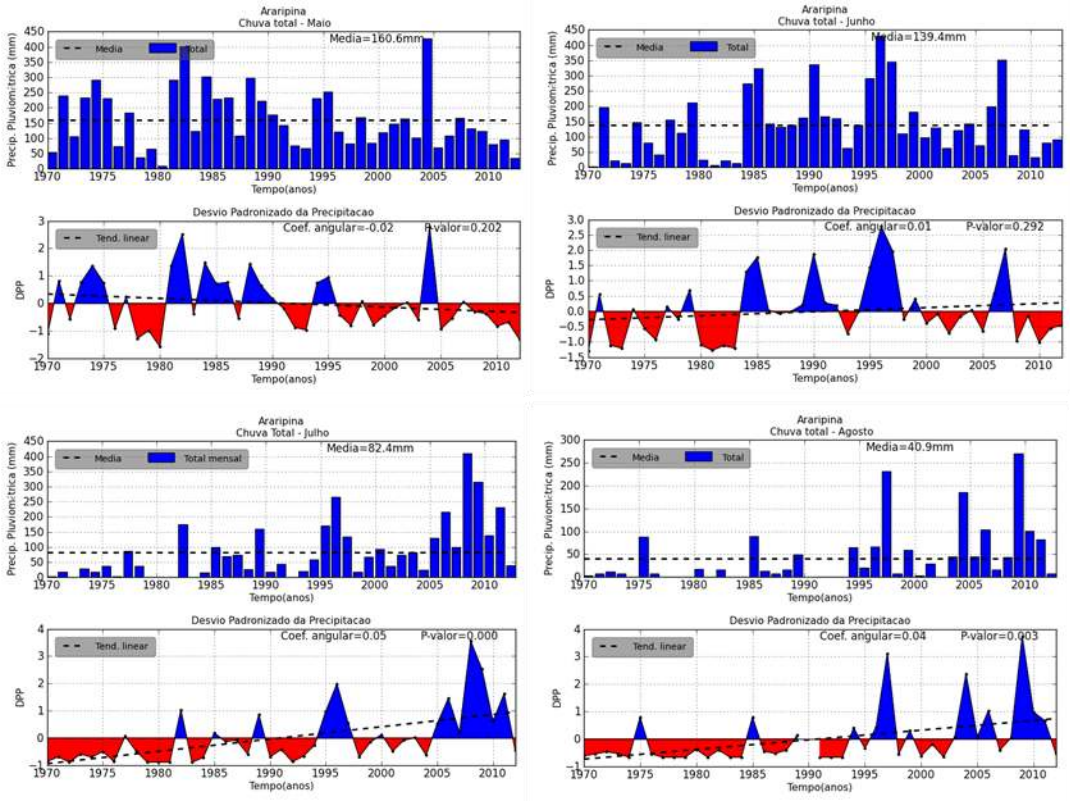

Figura 8 - Meses de menor ocorrência histórica de precipitação pluviométrica.

Como pôde ser observado na Figura 8, nos meses historicamente mais secos, a precipitação pluviométrica tem apresentado uma tendência de aumento na região a partir do final da década de 1980, ou seja, houve incremento da precipitação pluviométrica nos meses anteriormente mais secos. Em contrapartida, nos meses de maior pluviosidade a quantidade de chuvas diminuiu (como foi observado na figura 7). Isso indica que se esteja diante do reflexo de uma possível umidificação do semiárido brasileiro, com aumento significativo da precipitação nos meses secos, principalmente em julho e agosto e maior distribuição das chuvas pelos meses do ano, o que poderá acarretar em longo prazo modificações na paisagem.

Entretanto, quando se avalia a precipitação pluviométrica ao longo dos anos, nota-se uma tendência de queda da precipitação no período amostral no município de Araripina-PE, embora ao observar os valores anuais não se verifica a existência de tendência significativa. Em relação a análise interanual da precipitação observou-se que a partir da década de 1990 os períodos mais secos se tornaram mais frequentes e mais longos e houve tendência de diminuição da precipitação no município estudado.

A seguir, foi realizada a Regressão Linear e o Teste Sequencial de Mann-Kendall para os meses pesquisados (de novembro a julho). A aplicação do Teste Estatístico de Mann-Kendall para estimar o nível de significância estatística e o tipo de tendência nas séries de precipitação anual.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Na Figura 9, nos meses de janeiro e março a curva de U(t) corta a linha correspondente aos limites de significância, indicando alteração pluviométrica quando o p-valor é ≤0.05. O mês de novembro, por exemplo, não apresentou tendência significativa, já os meses de janeiro e março (p-valor = 0.000), apresentam intersecção em meados da década de 1970, a curva do mês de fevereiro não foi gerada pela falta de dados do final da década de 1980.

O mês de março apresentou a intersecção no início da década de 1980, o mês de abril apresentou intersecção em meados da década de 1990, e o mês de maio não apresentou tendência significativa, como demonstrado no teste de Mann-Kendall (Figura 9):

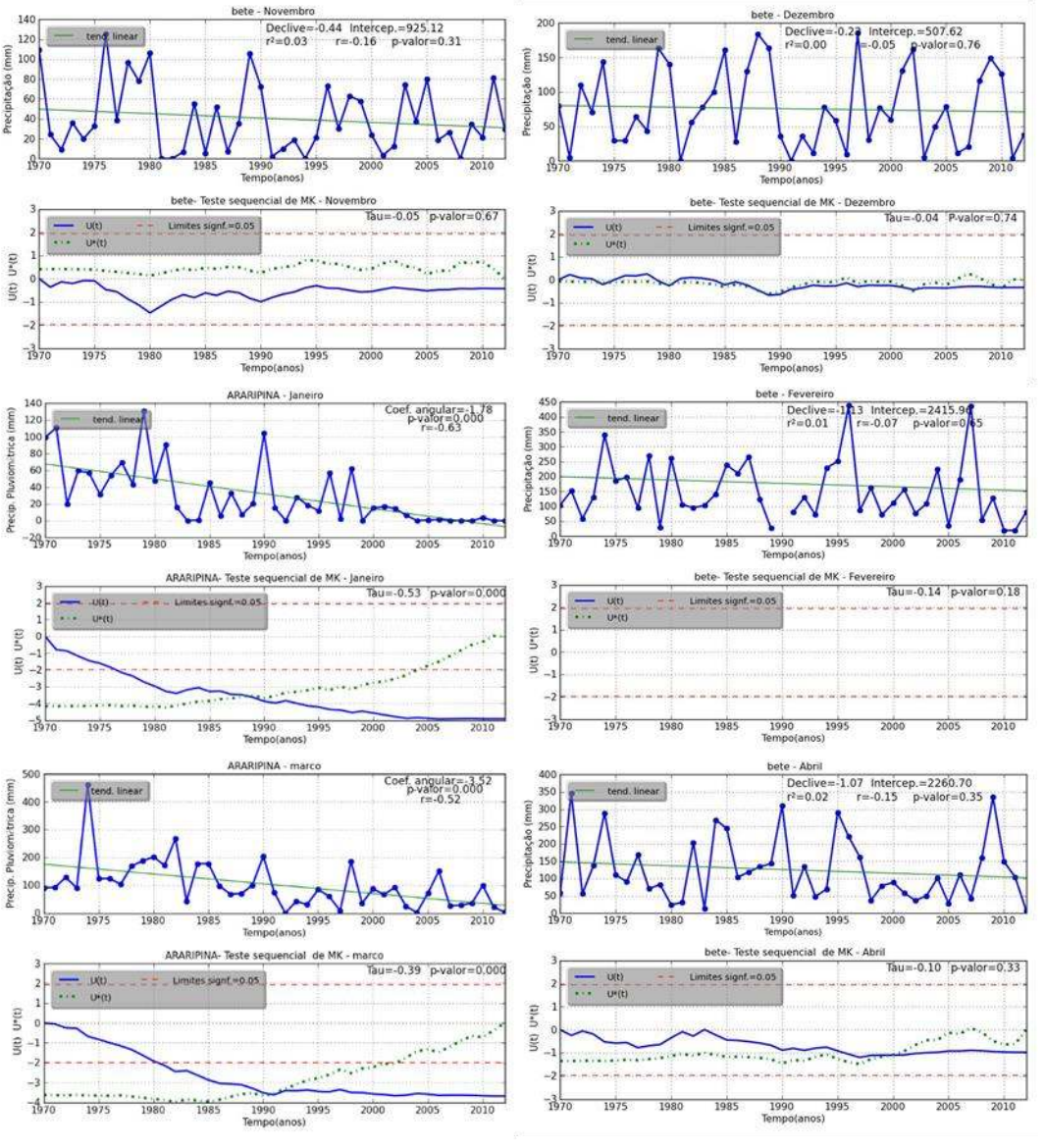

Figura 9 – Regressão Linear e Teste Sequencial de Mann-Kendall nos meses historicamente mais chuvosos (de novembro a abril) de 1970-2012.

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

Segundo Salvador (2017), em sua versão sequencial são geradas duas curvas, a estatística U(tn) e o seu inverso, a estatística U*(tn). A intersecção das duas curvas geradas representa o ponto aproximado de mudança na série, se este ponto ocorre dentro do intervalo de confiança 1,96<u(tn) <1,96 (1,96 correspondendo α = 0,05).

Segundo Gossens e Berger (1986) nesse teste, uma tendência é constatada quando a curva U(tn), que é o teste aplicado no sentido direto da série temporal, cruza um dos limites de confiança de 95% (α = 0,05). O teste aplicado no sentido inverso da série, representado pela curva U*(tn), serve também para detectar uma ruptura na série (alteração pluviométrica), quando esta cruza com U(tn), dentro do intervalo de confiança. Os dados referentes à Figura 9 foram compilados a seguir (Tabela 6).

Tabela 6 – Meses historicamente com maior ocorrência de precipitação.

Testes estatísticos	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr
Coeficiente Angular	-0.44	-0.22	-1.78	-1.13	-0.352	-1.07
P-valor (Precip. Pluviom.)	0.31	0.76	*0.000	0.65	*0.000	0.35
r	-0.16	-0.05	-0.63	-0.07	-0.52	-0.15
Tau	-0.05	-0.04	-0.53	-0.14	-0.39	-0.24
P-valor (Teste de Mann-Kendall)	0.67	0.74	*0.000	0.18	*0.000	0.33

** Correlação é significativa ao nível de significância de 0.05 (bicaudal)*

Todos os meses analisados na tabela 6 apresentaram tendência negativa, mas os meses de janeiro e março apresentaram p-valores significativos para precipitação pluviométrica e os meses de janeiro e março também apresentaram p-valores significativos para o teste de Mann-Kendall ao nível de significância de 0.05.

A seguir o teste de Mann-Kendall para os meses iniciais do período mais seco (Figura 10):

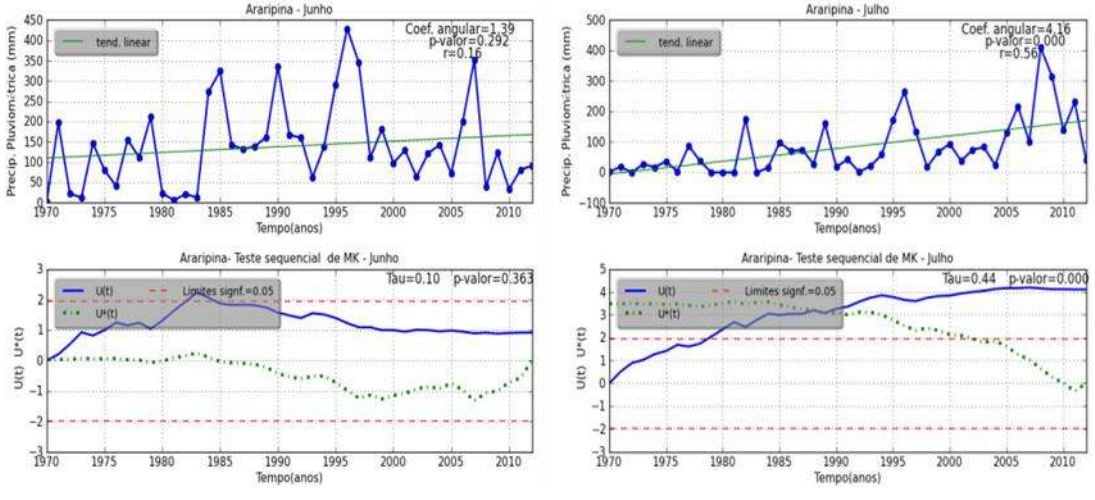

Figura 10 – Regressão Linear e Teste Sequencial de Mann-Kendall nos meses historicamente mais secos (de junho e julho) de 1970-2012.

Dessa forma, os resultados sugerem uma tendência de aumento nos padrões pluviométricos no trimestre seco e diminuição no trimestre chuvoso, principalmente a partir do final da década de 1970 e meados da década de 1980.

Como pôde ser observado nas duas figuras (Figuras 9 e 10), em relação aos níveis atuais, existe uma correlação negativa fraca nos meses de novembro a maio (Figura 9) e uma correlação positiva fraca no mês de junho (Figura 10), quando historicamente a precipitação apresenta diminuição.

Já o mês de julho apresenta um aumento significativo de 4.16 mm/ano (Tabela 7). Observa-se que no mês de junho a tendência de aumento da precipitação acontece em meados da década de 1980, já no mês de julho a alteração pluviométrica da série ocorre no final da década de 1970.

Tabela 7 – Meses historicamente com menor ocorrência de precipitação.

Testes estatísticos	Junho	Julho
Coeficiente Angular	1.39	4.16
P-valor (Precip. Pluviom.)	0.292	*0.000
r	0.16	0.56
Tau	0.10	0.44
P-valor (Teste de Mann-Kendall)	0.363	*0.000

** Correlação é significativa ao nível de significância de 0.05 (bicaudal)*

Posteriormente foi realizada a Regressão Linear e o Teste Sequencial de Mann-Kendall no trimestre historicamente mais chuvoso que o atual (novembro, dezembro e janeiro) na parte (a) da Figura 11, e no trimestre que anteriormente era menos chuvoso do que o período atual (maio, junho e julho), na parte (b) da Figura 11:

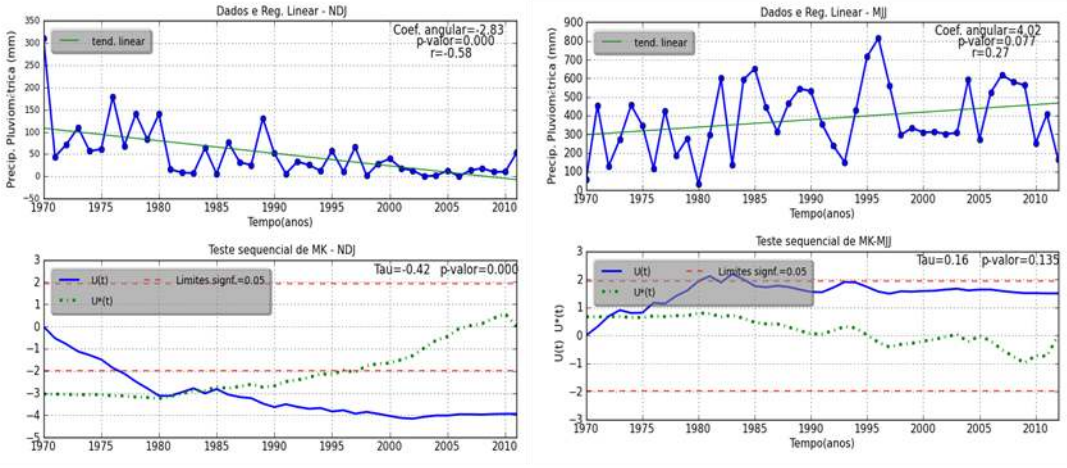

Figura 11 – Regressão Linear e Teste Sequencial de Mann-Kendall nos trimestres de novembro, dezembro e janeiro e de maio, junho e julho de 1970-2012.

Os resultados das análises de regressão linear e do índice de Kendall-tau indicam que a precipitação apresentou tendência estatisticamente significativa, revelando um alto grau de confiabilidade estatística de que a tendência seja

ISSN: 2237-8642 (Eletrônica)

real. O cruzamento das duas curvas da estatística de Mann-Kendall (U(t) e U*(t)) indicou uma possível quebra de patamar em meados da década de 1970 (no caso do início do trimestre mais chuvoso que é novembro-dezembro-janeiro) e em meados da década de 1980 (no caso do início do período menos chuvoso que vai de maio-junho-julho).

Dessa forma, os dados indicam que para o início do trimestre mais chuvoso a tendência de diminuição de precipitação já se apresentava desde meados de 1970, enquanto que para o início dos meses menos chuvosos houve tendência de aumento da precipitação já a partir de 1982. Os dados da análise foram comparados, conforme a tabela 8:

Tabela 8 – Comparação entre o início do trimestre chuvoso e o início do trimestre menos chuvoso.

Testes estatísticos	Nov-Dez-Jan	Maio-Jun-Jul
Coeficiente Angular	-2.83	4.02
P-valor (Precip. Pluviom.)	*0.000	0.077
r	-0.58	0.27
Tau	-0.42	0.16
P-valor (Teste de Mann-Kendall)	*0	0.135

** Correlação é significativa ao nível de significância de 0.05 (bicaudal)*

Nos resultados mostrados na tabela 6 em relação ao início do trimestre chuvoso (novembro-dezembro-janeiro)) e início do trimestre mais seco (maio-junho-julho), fica clara a diferença de tendência de precipitação da série analisada. Enquanto nos meses historicamente mais chuvosos houve uma tendência de queda na precipitação com significância estatística, os meses que antes caracterizavam-se pela baixa pluviosidade, como os de junho e julho, apresentaram aumento de precipitação (exceto no mês de maio), principalmente a partir da década de 1970 na maioria dos meses estudados.

No entanto o trimestre menos chuvoso não apresenta resultados estatisticamente significativos por conta do mês de maio ter apresentado pluviosidade acima da média histórica desde o início da série estudada. Dessa forma, fica evidente uma questão de escala quando se trata de modificação climática pois o trimestre mascarou a força da tendência em julho.

Segundo Penereiro e Ferreira (2011) o grande diferencial do teste estatístico de Mann-Kendall é que este é um método de análise das mudanças climáticas que permite detectar e localizar de forma aproximada o ponto inicial de determinada tendência, como foi apontado neste trabalho. A partir desse teste foi possível visualizar que a maior parte das tendências observadas aconteceram entre o final da década de 1970 e meados da década de 1980, que, segundo Kayano; Oliveira; Andreoli (2009), é um período marcado pelo grande desvio climático associado à Oscilação Decadal do Pacífico.

Dessa forma, os resultados sugerem uma tendência de aumento nos padrões pluviométricos no trimestre seco e diminuição no trimestre chuvoso, principalmente a partir do final da década de 1970 e meados da década de 1980, o que coincidiu com o final da atuação negativa da Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e início da ODP positiva.

Em comparação com os resultados encontrados neste trabalho autores como Silva; Galvíncio (2011) também notaram a relação entre a ODP e a variabilidade de precipitação em Campina Grande-PB, salientando que, ao que parece, a ODP negativa incrementa os valores das anomalias de chuva, tanto durante o El Niño, quanto La Niña.

Os resultados encontrados neste trabalho corroboram com o de Ferreira et al. (2017), que ao analisar a precipitação interanual para o posto de Moreilândia-PE e Santa Cruz-PE, também encontrou tendência negativa na série temporal de precipitação, no semiárido pernambucano, entre as décadas de 1970 e 1980, entretanto os autores não trabalharam com a tendência de precipitação intra-anual nesses municípios.

Por essa razão, os resultados encontrados neste trabalho indicam a importância da análise dos dados intra-anuais para identificação de tendências mensais, que permitiu revelar uma maior distribuição da precipitação em relação aos meses do ano, o que em longo prazo poderá acarretar um processo de umidificação da região analisada.

4.CONCLUSÃO

O estudo demonstrou que tem havido uma tendência nos padrões de precipitação pluviométrica no município de Araripina-PE, levando-se em consideração o encontro de tendências através de parâmetros estatísticos e descritivos. Quanto à frequência da precipitação interanual foi observado que os dias com chuva iguais ou superiores a 10mm e 20mm tiveram uma tendência significativa de diminuição ao longo dos anos. Já quanto ao volume de precipitação foi observado que volumes ≥ a 5mm também diminuíram, com forte significância estatística para precipitações iguais ou superiores a 20mm e 30mm.

Foi observado que os meses de maior precipitação ocorriam entre novembro a abril, entretanto a partir de meados da década de 1970 e início da década de 1980 a precipitação nesses meses tem apresentado diminuição, enquanto que no início do período mais seco a precipitação observada aumentou. Esse resultado indica uma variação nos padrões climáticos, principalmente a partir de meados das décadas de 1970 e 1980.

Os resultados demonstraram que a partir de meados da década de 1970 a precipitação pluviométrica mostrou estar mais distribuída ao longo dos meses do ano, e não mais concentrada nos meses de dezembro a abril, o que pode indicar em longo prazo o aumento da umidificação na região de Araripina-PE. Além disso, para dias com chuva iguais ou superiores a 5, 10, 20 e 30mm ocorreu uma tendência significativa de diminuição da frequência desses episódios, demonstrando que apesar da melhor distribuição das chuvas ao longo do ano, os dados de precipitação interanual revelaram tendência de diminuição.

Por essa razão, este trabalho foi útil não só por indicar uma tendência nos padrões de precipitação numa área semiárida do Submédio São Francisco, mas também por introduzir uma discussão necessária da escala nos estudos sobre modificações climáticas, pois, como demonstrado ao longo do estudo, a depender da escala admitida as modificações podem ser mascaradas, o que é uma questão clássica para um problema relevante e atual, tendo em vista que

além dos estudos da análise de dados interanuais, surge também a necessidade de observação dos dados intra-anuais durante um bom intervalo de tempo para melhor entendimento da variabilidade climática regional.

Dessa forma, seria interessante em trabalhos futuros na região semiárida, discutir a articulação de escalas na análise das precipitações, de modo que não basta analisar apenas os valores anuais da precipitação, pois eles podem disfarçar outros processos inerentes à variabilidade intra-anual.

5.AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao projeto Caatinga-FLUX (CNPq - Processo 483223/2011-5 e Facepe - APQ-0062-1.07/15), ao Laboratório de Sensoriamento Remoto - SERGEO e ao Grupo de Estudos e Pesquisas Ambientais do Maranhão (GEPAM) pelo apoio nas atividades de pesquisa, ao CNPQ, APAC e Facepe pelo apoio financeiro no doutorado do primeiro autor, respectivamente, e a Capes por meio do projeto A103/2013 e da bolsa PNPD dos demais autores.

6.REFERÊNCIAS

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T.; GUEDES, R. L.; OYAMA, M. D.; ALVES, M. A. S. A influência da temperatura da superfície do mar dos Oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 19, n. 2, p. 337–344, 2004.

ANGELOCCI, L. R; SENTELHAS, P. C. Variabilidade, tendência, anomalia e mudança climática. Material didático de uso na disciplina LCE 306 – Meteorologia Agrícola. Departamento de Engenharia de Biossistemas - setor de Agrometeorologia, ESALQ/USP, 2010.

ARRUDA, K. E. C. Geodiversidade do município de Araripina – PE, Nordeste do Brasil. 2013. 176 f. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

ASSIS, J. M. .; SOUZA, W. .; SOBRAL, M. C. M. Climate analysis of the rainfall in the lower-middle stretch of the são francisco river basin based on the rain anomaly index. Revista Brasileira de Ciências, v. 2, n. 1, p. 188–202, 2015

ÁVILA, P. L. R.; BRITO, J. I. B. de. Relação entre a Oscilação Decadal do Pacífico e a variabilidade de precipitação de Campina Grande, PB. Ciência e Natura, Santa Maria, v. 37 Ed. Especial SIC, 2015, p. 159 – 162.

BARBOSA, V. V., SOUZA, W. M., GALVÍNCIO, J. D., COSTA, V. S. O. Análise da variabilidade climática do município de Garanhuns, Pernambuco – Brasil. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 09, n. 02, p. 353-367, mar. 2016.

BAÚ, A. L.; AZEVEDO C. A. V. de.; BRESOLIN, A. de A. Modelagem da precipitação pluvial diária intra-anual da Bacia Hidrográfica Paraná III associada aos eventos ENOS. Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.17 no.8, p.883–891, Campina Grande. 2013.

BRASIL. MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Secretaria de Minas e Metalurgia; CPRM – Serviço Geológico do Brasil. Diagnóstico do município de Araripina. Projeto Cadastro de Fontes de Abastecimento por Água Subterrânea, estado de Pernambuco. Recife, 2005.

CONTI, J. B. Considerações sobre Mudanças Climáticas Globais. In: SANT'ANNA NETO, J. A.; ZAVATINI, J. A. (Org.). Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas. 21. ed. Maringá: Eduem, 2000. p. 17-27.

FAY, P.A., BLAIR, J.M., SMITH, M.D., NIPPERT, J.B., CARLISLE, J.D., KNAPP, A.K. Relative effects of precipitation variability and warming on tallgrass prairie ecosystem function. Biogeosciences 8, 3053–3068. 2011.

FERREIRA, P. dos S; GOMES, V. P.; GALVÍNCIO, J. D.; SANTOS, A. M. dos; SOUZA, W. M. de. Revista Brasileira de Climatologia. Ano 13–Vol. 21–jul/dez, 2017.

FUPEF (FUNDAÇÃO DE PESQUISAS FLORESTAIS DO PARANÁ). Apoio técnico e institucional para o desenvolvimento do programa florestal da Chapada do Araripe em Pernambuco. Curitiba-PR, maio de 2007.

GAUGHAN, A. E.; STAUB, C. G.; HOELL, A.; WEAVER, A.; WAYLEN, P. R. Inter- and Intra-annual precipitation variability and associated relationships to ENSO and the IOD in southern Africa. International Journal of Climatology. Volume 36, Issue 4, pages 1643–1656, 30 March 2016.

GOOSSENS, C.; BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. Annales Geophysicae, Berlin, v. 4, n. B4, p. 385-400, 1986.

GRANT, K.; KREYLING, J.; DIENSTBACHB, L. F.H.; BEIERKUHNLEINB, C.; JENTSCHA A.; Water stress due to increased intra-annual precipitation variability reduced forage yield but raised forage quality of a temperate grassland. Agriculture, Ecosystems and Environment v. 186, p 11–22. 2014.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptions. In: A Special Report of Working Group I and II of the Intergovernmental Panel of Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, USA. 2012.

KAYANO, M. T.; OLIVEIRA, C. P. de; ANDREOLI, R. V. Interannual relations between South American rainfall and tropical sea surface temperature anomalies before and after 1976. International Journal of Climatology, v. 29, n. 10, p. 1439–1448, 2009.

KENDALL, M. G. Rank correlation measures. Charles Griffin: London, U.K, p.220, 1975.

LACERDA, F. F.; NOBRE, P.; SOBRAL, M. C.; LOPES, G. M. B.; CHAN, C. S. BRITO, E. Long term climate trends over Nordeste Brazil and Cape Verde. J Earth Sci Clim Change. 2015, 6:8. http://dx.doi.org/10.4172/2157-7617.1000296

LACERDA, F. F; NOBRE, PAULO; SOBRAL, M. do C. M.; LOPES, G. M. B.; EDUARDO DELGADO ASSAD. Tendência do clima do semiárido frente as perspectivas das mudanças climáticas globais; o caso de Araripina, Pernambuco. Revista do Departamento de Geografia, V. 31 (2016) 132-141.

LELIS, T. A.; CALIJURI, M. L.; FONSECA, A. S. da; LIMA, DARIO CARDOSO de. Impactos causados pelas mudanças climáticas nos processos erosivos de uma

bacia hidrográfica: Simulação de cenários. Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science: v. 6, n. 2, 2011.

MANN, H. B. Econometrica. The econometric society, v.13, n.3, p.245-259, 1945.

MARENGO, J. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no Semi-árido do Brasil. Cachoeira Paulista: CPTEC/INPE, 2004. 16 p.

MOLION, L.C.B. Aquecimento Global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. Revista Climanálise. 2005.

MOLION, L.C.B. Considerações sobre o aquecimento global antropogênico. Informe Agropecuário 29: 7-18. 2008.

NETER, J., WASSERMAN, W., KUTNER, M. H.; NACHTSHELM, C. J. Applied Linear Regression Models. 3ª ed., Times Mirror Hiher Group, Inc., Boston, 1996.

NOBRE, P. Mudanças Climáticas e desertificação: os desafios para o Estado Brasileiro. In: Desertificação e Mudanças Climáticas no Semiárido Brasileiro. Editores: R. C. C. Lima, A. M. B. Cavalcante e A. M. P. Marin, Instituto Nacional do Semiárido - INSA, pp 25-35, ISBN: 978-85-64265-02-8, 2011.

PENEREIRO, J. C.; FERREIRA, D. H. L. Estatística apoiada pela tecnologia: uma proposta para identificar tendências climáticas. Acta Scientiae, v.13 n.1, p. 87-105, 2011.

ROSSUM, G. V. Foreword for "Programming Python". Python Software Foundation. 1996.

SALVADOR, M. A. CLIMAP – APLICATIVO PARA ANÁLISE DE DADOS CLIMÁTICOS-VERSÃO 3.0. Revista Brasileira de Climatologia. Ano 13 – Vol. 20 – JAN/JUL 2017.

SALVADOR, M. A. & BRITO, J.I.B. de. Trend of annual temperature and frequency of extreme events in the MATOPIBA region of Brazil. Theor Appl Climatol. https://doi.org/10.1007/s00704-017-2179-5. 2017.

SANT'ANNA NETO, J. L. A climatologia dos geógrafos: a construção de uma abordagem geográfica do clima. In: Uma geografia em movimento. 1ed. São Paulo: Expressão Popular, v.1, p. 295-318, 2010.

SILVA, D. F.; GALVÍNCIO, J. D.; NÓBREGA, R. S. Influência da variabilidade climática e da associação de fenômenos climáticos sobre sub-bacias do rio São Francisco. Revista Brasileira de Ciências Ambientais, v.19, p.46-56, 2011.

SILVA, E. R. A. C.; GALVÍNCIO, J. D. A Metodologia de Escopo Global MWSP Aplicada no Âmbito Local para Análise do Estresse Hidrológico no Médio Trecho da Bacia do Ipojuca- PE: uma Contribuição à Temática da Transposição do Rio São Francisco. Revista Brasileira de Geografia Física. V.03 602-628. 2011.

SILVA, E. R. A. C.; MIRANDA, R. de Q.; FERREIRA, P. dos S.; GOMES, V. P.; GALVÍNCIO, J. D. Estimativa do Estresse Hidrológico na Bacia Hidrográfica do Riacho do Pontal-PE. Caderno de Geografia, v.26, n.47, 2016.

SILVA, R. O. B. da. Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica no Estado de Pernambuco. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, 2013.

SILVA, R. O. B. da; Montenegro, S. M. G. L.; Souza, W. M. de; Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. Eng. Sanit. Ambient., v.22 n.3, p.579-589, maio/jun 2017.

SILVA, W. M.; SIMÕES, S. J. C. Spatial Intra-Annual Variability of Precipitation Based on Geostatistics. A Case Study for the Paraıba Do Sul Basin, Southeastern Brazil. International Journal of Geosciences, 5, 408- 417. 2014. http://dx.doi.org/10.4236/ijg.2014.54039

SNEYERS, R. Sur l´analyse statistique des séries d´observations. Genève: Organisation Meteorologique Mondial, 192 p. (OMM Note Technique, 143), 1975.

SOMAR, 2013. Dados Meteorológicos da cidade de Araripina – PE. Disponível em: http://somarmeteorologia.com.br/. Acessado em Maio de 2017.

SOUSA, A.J.S.; MOLION, L.C.B.; JUNIOR, S.B.S.; SOUSA J.R.A.: Comportamento da precipitação em Timbaúba (NEB) e relações com a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP). XV Congresso Brasileiro de Meteorologia, São Paulo, 2008.

SOUZA JÚNIOR, J. A. de; NECHET, D.; OLIVEIRA, M. C. F. de; ALBUQUERQUE, M. F. de. Estudo do comportamento da temperatura e precipitação nos períodos chuvosos e menos chuvosos em Belém-PA em anos de fortes eventos de El Niño e La Niña. Revista Brasileira de Climatologia, v.5, p.87-101, 2009.

SOUZA, W.M.; AZEVEDO, P. V. Avaliação de tendências das temperaturas em Recife-PE: mudanças climáticas ou variabilidade? Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia.V.6, p.462 – 472. 2009.

YEVJEVICH, V. Probability and statistics in hydrology. Fort Collins: Water Resources Publication, 1972. 276p.