



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS PRECIPITAÇÕES DO MUNICÍPIO DE PIRACURUCA (PI): SUBSÍDIOS AO ESTUDO DAS SECAS E DAS INUNDAÇÕES

Francílio de Amorim dos Santos ^(a), Lúcia Maria Mendes Silveira ^(b), Maria Lúcia Brito da
Cruz ^(c)

^(a) *Campus Piripiri*, Instituto Federal do Piauí, E-mail: francilio.amorim@ifpi.edu.br

^(b) LABGEO, Universidade Estadual do Ceará, E-mail: lucia.mendes@uece.br

^(c) LABGEO, Universidade Estadual do Ceará, E-mail: mlbcruz@gmail.com

Eixo: 9 - Riscos e desastres naturais

Resumo

A pesquisa buscou analisar a pluviometria a partir do *Lamb Rainfall Departure Index (LRDI)* e do teste de tendência de Mann-Kendall, como subsídios ao estudo das secas e das inundações no município de Piracuruca, norte do estado do Piauí. Os Coeficientes de determinação e Correlação de Pearson indicaram correlação forte e positiva entre os postos pluviométricos. Enquanto o *LRDI* sugere que: 2008 e 2009 foram os anos mais chuvosos, tendo influência de *La niña* moderado e fraco, respectivamente, e dipolo negativo nos dois anos, justificando o decretado de SE em 2009; os anos de 2012, 2015 e 2016 foram considerados os mais secos, tendo ocorrido em 2012 fase positiva do dipolo e em 2015 e 2016 ocorreram *El niño* forte e fase positiva do dipolo, tendo sido decretado SE em 2012 e 2015. O teste de teste de Mann-Kendall sugere que a série histórica não apresentou tendência significativa.

Palavras chave: Semiárido, Precipitação, Desastres Naturais, Índice.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

1. Introdução

O Nordeste do Brasil (NEB) é uma área de distinta heterogeneidade ambiental. Posto que apresente paisagens úmidas e secas, relevo de elevada altitude em detrimentos de áreas em processo de aplainamento, solos bem desenvolvidos e aqueles ainda em processo de constituição, que suplantam o desenvolvimento de uma vegetação cujo porte varia em matas de grande porte a caatingas, cerrado e áreas de transição.

Dentre os elementos destacados, sublinham-se as precipitações como componente ambiental desse estudo, particularmente a região semiárida onde se insere o município objeto em estudo. Essa é uma região cuja maior extensão apresenta irregular distribuição das chuvas, tanto temporal quanto espacial. Fato que resulta em concentrações mensais e interanuais de pluviometria, gerando desastres de natureza hidroclimática, particularmente secas e inundações. A primeira está relacionada à ausência ou redução dos totais pluviométricos, enquanto a segunda diz respeito ao concentrado volume de chuvas em curto período de tempo, causando transbordamento dos rios.

Desse modo, torna-se relevante o desenvolvimento de estudos para a análise das precipitações, tendo em vista sua importância para o desenvolvimento econômico. Mas que no estudo é tomada como fator desencadeador de desastres naturais. Esses estão ligados a fenômenos naturais perigosos e determinados condicionantes socioeconômicos e físicos vulneráveis (MASKREY, 1993). Desse modo, a população via de regra devido ao processo de segregação sócio-espacial acentuam a probabilidade de serem atingidas por fenômenos que se constituirão desastres, particularmente por localizarem-se em áreas de eminente risco.

Nesse contexto, gera-se a possibilidades para elaboração de estratégias voltadas à minimização dos riscos e, como tal, das consequências associadas às secas e as inundações, particularmente da população piracuruquense. Nesse contexto, o estudo propôs-se a analisar a pluviometria a partir do *Lamb Rainfall Departure Index (LRDI)* e do teste de tendência de Mann-Kendall, como subsídios ao estudo das secas e das inundações no município de Piracuruca, norte do estado do Piauí.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

2. Materias e métodos

2.1 Localização da área em estudo

A pesquisa teve como recorte espacial o município de Piracuruca, que possui 2.369,5 km² e população estimada, em 2016, de 28.242 habitantes e densidade demográfica de 11,9 hab./km² (IBGE, 2017a). Piracuruca localiza-se Território do Desenvolvimento dos Cocais e sua sede municipal situa-se às Coordenadas Geográficas 03°55'41''S e 41°42'33''O, estando cerca de 196 km de distancia de Teresina, capital do Piauí (AGUIAR; GOMES, 2004). O município possui os seguintes limites municipais: ao norte Cocal e Caraúbas do Piauí; ao sul Brasileira, Batalha e São João da Fronteira; a oeste Batalha, São José do Divino e Caraúbas do Piauí; e a leste Cocal dos Alves e São João da Fronteira (Figura 1).

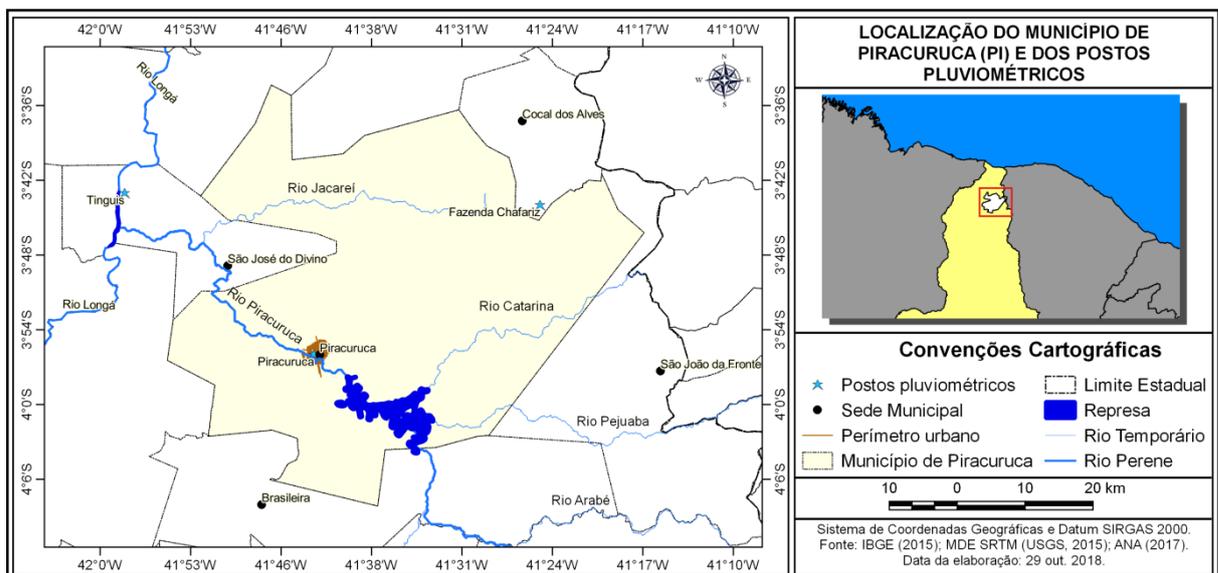


Figura 1 – Localização do município de Piracuruca, norte do estado do Piauí, e dos postos pluviométricos utilizados no estudo.

Fonte: IBGE (2015); MDE SRTM (USGS, 2015); ANA (2017).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

2.2. Procedimentos metodológicos

Inicialmente, adquiriram-se dados de precipitações de postos pluviométricos junto ao Sistema de Informações Hidrológicas (HidroWEB), da Agência Nacional de Águas (ANA, 2017). Foram selecionados 3 postos com dados para o período de 2003 a 2016, sendo 1 posto inserido no interior do município de Piracuruca e os outros 2 em municípios do entorno, sendo um no Cocal e o outro em São José do Divino (Figura 1). A análise iniciou pelo ano de 2003 pelo fato de coincidir com as informações disponibilizadas no banco de dados sobre os municípios com Portaria de Reconhecimento de Estado de Calamidade Pública e Situação de Emergência, da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC, 2017).

Posteriormente, os dados foram organizados, de forma a permitir o uso do *software* BioEstat, versão 5.0, para estimativa da correlação dos postos do interior e do entorno da área em estudo, por meio do Coeficiente de Determinação (R^2) e o Coeficiente de Correlação de Pearson (r). Aos dados foi aplicado o teste estatístico não-paramétrico de Mann-Kendall, no *software* livre *Past*. Os mesmos dados tornaram possível a execução do *Lamb Rainfall Departure Index (LRDI)*, a partir da Equação 1, conforme sugere a proposta metodológica de Lamb *et al.* (1986), para conhecimento dos anos secos e chuvosos da série histórica.

$$LRDI = \frac{1}{t_j} * \sum_{i=1}^{t_j} \frac{N_{i,j} - \bar{N}_i}{S_i} \quad [1]$$

Onde:

$N_{i,j}$ = precipitação no ano j do posto i ;

\bar{N}_i = precipitação média anual do posto i ;

S_i = desvio padrão da precipitação anual do posto i ;

t_j = número de postos com precipitação no ano j .



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

Ressalta-se que para melhor análise do *LRDI* foram delimitadas 6 classes, a partir da proposta original de Freitas (2004), para definir os anos secos e chuvosos, a saber: Extremamente Seco - ES (-1,5 a -1,0); Muito seco - MS (-1,0 a -0,5); Seco - S (-0,5 a 0,0); Úmido - U (0,0 a 0,5); Muito Úmido - UM (0,5 a 1,0); Extremamente Úmido - EU (1,0 a 1,5). Associou-se, também, ao estudo dados dos fenômenos oceânicos *El-Niño* Oscilação Sul (ENOS) e das fases negativas e positivas do dipolo do Atlântico, respectivamente, extraídos do *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) e do *Institut de Recherche pour le Développement* (IRD/FUNCEME).

3. Resultados e Discussão

Inicialmente, salienta-se que os Coeficientes de determinação (R^2) e Correlação de Pearson (r) apresentaram, respectivamente, os valores de 0.8481 e 0.9206. Desse modo, podendo-se inferir que esses mostraram que existe uma correlação forte e positiva entre os postos (Figura 2). Ressalta-se que por meio do R^2 infere-se que o posto do interior é representado em 84,81% pela variação dos postos do entorno.

Por meio da Figura 3 observa-se a distribuição média anual das precipitações para o município de Piracuruca, no período de 2003 a 2016, cuja média histórica foi de 1.152,5 mm. Na série analisada destaca-se o ano de 2008 como o mais chuvoso, cuja média foi de 1675.9 mm ao longo do ano, ao passo que 2012 configura-se como o mais seco da série pesquisada, onde a precipitação foi de 790,2 mm anuais, típico de regiões semiáridas. Ressalta-se, ainda, que de 2010 a 2016 as precipitações podem ser considerados abaixo da média histórica. Essa oscilação entre anos anômalos positivos e/ou negativamente pode ser considerado normal e faz parte da dinâmica climática do município estudado e também do semiárido nordestino.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

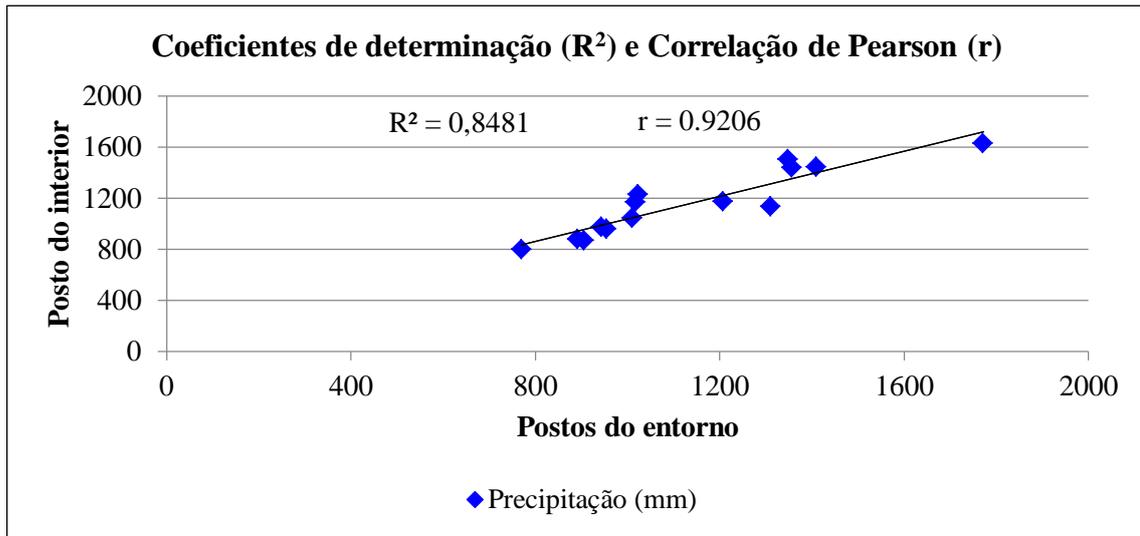


Figura 2 - Coeficientes de determinação e Correlação de Pearson dos postos pluviométricos utilizados no estudo.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

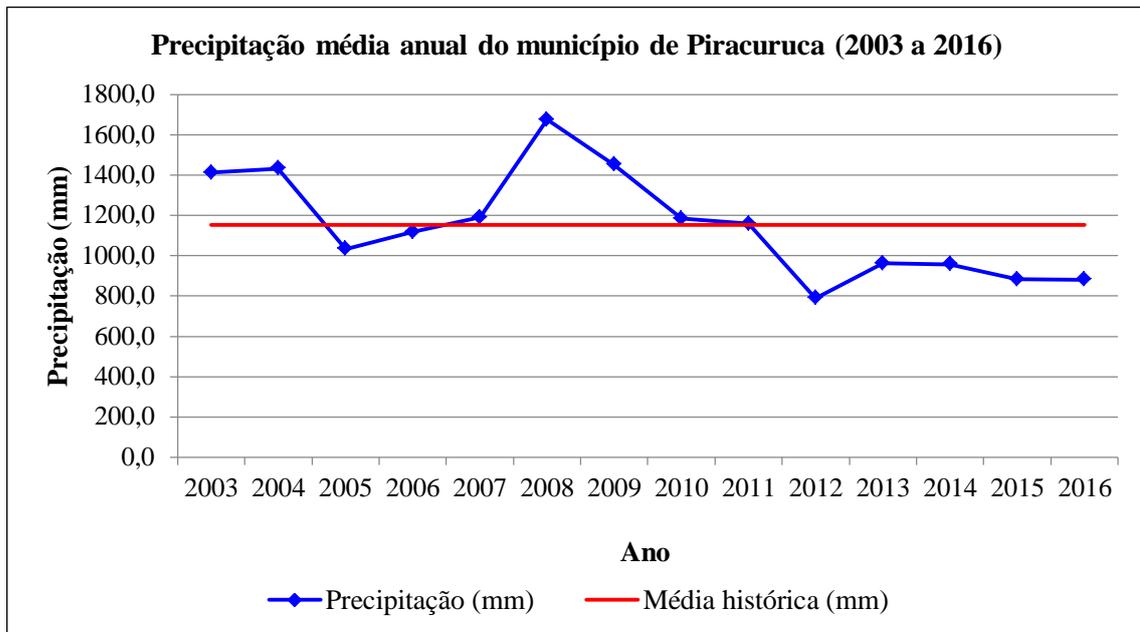


Figura 3 - Precipitação média anual para o município de Piracuruca, considerando o período de 2003 a 2016.

Fonte: Elaborado pelos autores (2018).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

O emprego do *LRDI* para análise dos anos secos e chuvosos permite inferir que, na série histórica analisada (2003 a 2016), os anos considerados como de maior anomalia positiva foram 2008 e 2009, respectivamente, com 0,6 e 0,4 (Figura 4). Nesses dois anos houve ocorrência simultânea de fenômenos *La niña*, moderado em 2008 e fraco em 2009 (NOOA, 2017), e dipolo negativo nos dois anos, que é favorável à ocorrência de chuvas (IRD/FUNCEME, 2018). Esses elementos contribuíram para que a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) descesse a sua posição mais meridional, promovendo grande e concentra volume pluviométrico no setor norte do Nordeste do Brasil. Embora os dois anos tenham sido considerados anômalos positivamente, apenas em 2009 foi decretada Situação de Emergência no município de Piracuruca (SEDEC, 2017), fato devido ao transbordamento das águas do rio de mesmo, que provocou inundações em diversos locais da cidade (Figura 5).

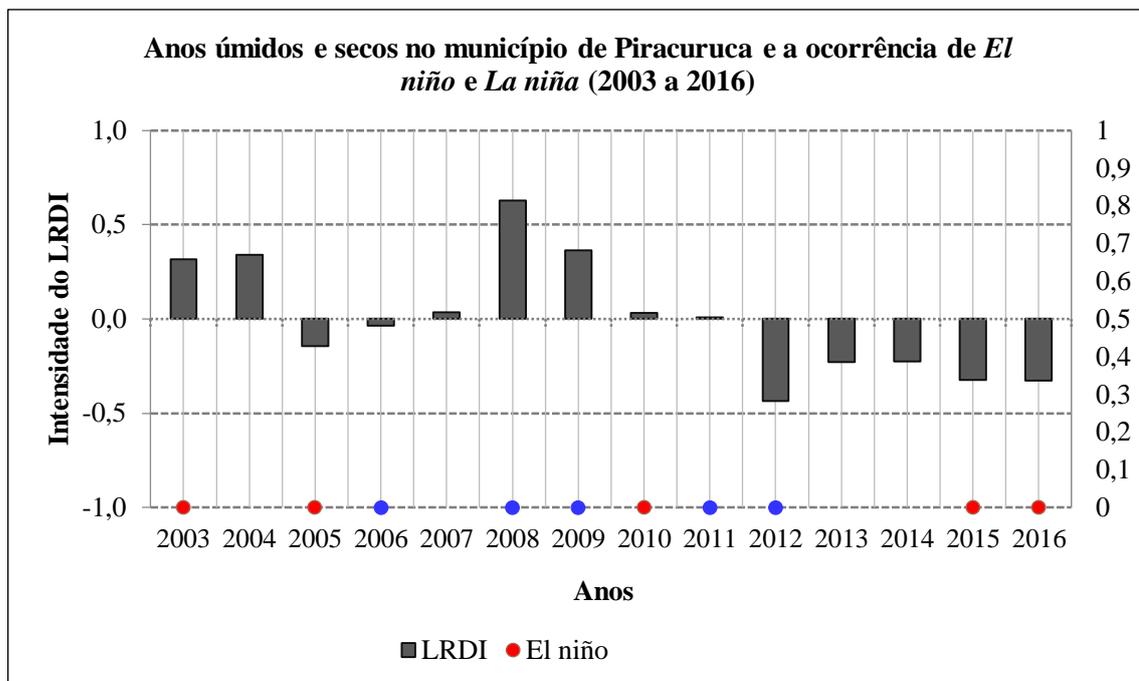


Figura 4 - Anos úmidos e secos extremos para o município de Piracuruca e a ocorrência de *El niño* e *La niña*, considerando os anos de 2003 a 2016.

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019



Figura 5 - Áreas inundadas no município de Piracuruca no ano de 2009. Em A: Centro histórico; em B: vista da rodoviária municipal para a Av. Aurélio Brito.

Fonte: Márcio Trindade (2009).

Enfatiza-se que a população de baixa renda, baixa escolaridade e com moradias inadequadas, tanto estrutural quanto espacialmente próximas às margens do rio Piracuruca, constituíram aquela cujas consequências advindas da inundação, em 2009, foram mais intensas. Posto que os elementos socioeconômicos citados integrassem condições que configuraram condição de alta vulnerabilidade a essa população.

Por seu turno, os anos de 2012, 2015 e 2016 foram considerados os mais secos da série histórica, cujo *LRDI* para os respectivos anos foi: -0,4, -0,3 e -0,3. Em 2012 o responsável pelos baixos níveis pluviométricos foi a fase positiva do dipolo do Atlântico, que   desfavorável   ocorrência de chuvas (IRD/FUNCEME, 2018), fato que gerou decretação de Situação de Emergência (SEDEC, 2017). Por sua vez, em 2015 e 2016 ocorreram conjuntamente dois fenômenos *El ni os* de intensidade forte, que associados a fases positivas do dipolo resultaram em decretação de Situação de Emergência em 2015 (SEDEC, 2015).

Desse modo, evidencia-se que o município estudado exibe suscetibilidade   ocorrência de desastres naturais, seca e inundação, pois está particularmente ligada às oscilações das cotas do rio Piracuruca. Fato esse corroborado por meio da análise da distribuição interanual



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

da precipitação e emprego do *LRDI*, elementos que justificaram a decretação de Situação de Emergência em vários anos, tanto para estiagens quando para inundações.

A Tabela 1 fornece os p-valores para o teste de Mann-Kendall, que indicou, de modo geral, que a série histórica não apresentou tendência significativa, pois o p-valor resultou em 0.4990. Contudo, ao analisar-se separadamente, observa-se que fevereiro e março apresentaram tendência decrescente significativa, ou seja, tendência à redução dos níveis de chuvas, com destaque para o mês de março, considerado o mais chuvoso historicamente.

Tabela 1 – Teste de Mann-Kendall aplicado à série anual de médias precipitações do município de Piracuruca, período de 2003 a 2016.

Mês	<i>n</i>	Teste de Mann-Kendall (Pvalor)
Jan.	14	0.91281
Fev.	14	0.011793*
Mar.	14	0.048745*
Abr.	14	0.32442
Mai.	14	0.2073
Jun.	14	0.74256
Jul.	14	0.74256
Ago.	14	0.077695
Set.	14	0.95436
Out.	14	0.73927
Nov.	14	0.78313
Dez.	14	0.44342
Anual	168	0.49900525

*Pvalor $\leq 0,05$ (ou 5%) é considerado significativo.

Fonte: Dados da pesquisa (2018).

4. Considerações finais

As técnicas empregadas na pesquisa, particularmente o *LRDI* e o teste de Mann-Kendall, foram essenciais para delimitação dos anos anômalos e conhecimento da tendência da série histórica de precipitação, respectivamente. Logo, constata-se que o município de Piracuruca é periodicamente atingido por eventos pluviométricos extremos, fruto da



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

associação da dinâmica climática e ocupações inadequadas na bacia do rio Piracuruca, particularmente no que concerne às inundações.

O estudo propiciou, ainda, corroborar a associação existente entre a ZCIT e os fenômenos oceânicos ENOS e as fases negativas e positivas do dipolo do Atlântico. Posto que ao longo da série histórica foram responsáveis pela ocorrência de anos secos e/ou chuvosos, que resultaram em secas e/ou inundações e, como tal, decretação de Situação de Emergência no município pesquisado.

Evidencia-se, dessa forma, a demanda por investimentos no que diz respeito a melhorias em infraestrutura, com vistas ao atendimento da população de baixa renda e de baixos níveis educacionais, como medida para redução de sua condição de vulnerável. Desse modo, será possível aumentar o seu potencial de resiliência quando da ocorrência de desastres, notadamente as secas e inundações. Deve-se atentar para a importância da necessidade de conhecer os sistemas ambientais e suas limitações, como princípio elementar para redução dos riscos as secas e as inundações.

5. Referências bibliográficas

AGUIAR, R.B.; GOMES, J.R.C. (Org.). **Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea, estado do Piauí**: diagnóstico do município de Castelo do Piauí. – Fortaleza: CPRM - Serviço Geológico do Brasil, 2004.

ANA - Agência Nacional de Águas. Hidro Web - Sistema de Informações Hidrológicas. **Séries históricas – 2003 a 2016**. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

FREITAS, M.A.S. A Previsão de Secas e a Gestão Hidroenergética: O Caso da Bacia do Rio Parnaíba no Nordeste do Brasil. In: Seminário Internacional sobre Represas y Operación de Embalses, Puerto Iguazú - Argentina, **Anais...** Puerto Iguazú: CACIER, 2004, v.1, p.1-12.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**: Piracuruca. 2017. Disponível em <www.cidades.ibge.gov.br>. Acesso em: 22 mar. 2017a.

_____. **Malha municipal digital do Brasil**: situação em 2015. Rio de Janeiro: IBGE, 2014. Disponível em: <ftp://geofpt.ibge.gov.br/malhas_digitais/>. Acesso em: 28 mar. 2017b.



XVIII
SBGFA

SIMPÓSIO BRASILEIRO DE
GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA

GEOGRAFIA FÍSICA E AS MUDANÇAS GLOBAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ • FORTALEZA - CE • 11 A 15 DE JUNHO DE 2019

INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DÉVELOPPEMENT (IRD); FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS – FUNCEME. **Dipolo do TSM do Atlântico Tropical (PIRATA e Servain)**. Disponível: <www.funceme.br/produtos/manual/oceanografia/Campos_TSM/Dados/Dipolo/dipole_servain.gif>. Acesso em: 08 fev. 2018.

LAMB, P.J.; PEPLER, R.A.; HASTENRATH, S. Interannual Variability in the Atlantic. **Nature**, n.322, p.238-240. July 1986.

MASKREY, A. **Los desastres no son naturales**. Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina. 1993.

NOAA - National Oceanic and Atmospheric Administration. Climate Prediction Center. **Historical El Nino / La Nina episodes (2003-2016)**. Disponível em <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml>. Acesso em: 10 out. 2016.

OLIVEIRA, J.G.B.; SALES, M.C.L. Usuais: programas para uso em análise ambiental. **Revista Equador (UFPI)**, v.5, n.2, p.36-60, Janeiro/Junho, 2016.

SEDEC - Secretaria Nacional de Defesa Civil. **Série histórica - 2003 a 2016**. Banco de dados sobre os municípios com Portaria de Reconhecimento de Estado de Calamidade Pública e Situação de Emergência. Disponível em <<http://www.mi.gov.br/web/guest/reconhecimentos-realizados>>. Acesso em: 11 fev. 2017.