

Análise comparativa dos eventos pluviométricos intensos em Fortaleza/CE e São Luís/MA no período de 1987 a 2017

Audivan Ribeiro Garcês Júnior

Francisca Mairla Gomes Brasileiro

Larissa Neris Barbosa

Maria Elisa Zanella

Universidade Estadual do Ceará
Programa de Pós-Graduação em
Geografia - PROPGEO

Revista GeoUECE
ISSN: 2317-028X

<https://revistas.uece.br/index.php/GeoUECE/index>

FICHA BIBLIOGRÁFICA

GARCÊS JÚNIOR, A. R.; BRASILEIRO, F. M. G.; BARBOSA, L. N.; ZANELLA, M. E. Análise comparativa dos eventos pluviométricos intensos em Fortaleza/CE e São Luís/MA no período de 1987 a 2017. *GeoUECE* (online), v. 09, n. 17, p. 70-86, 2020.



Análise comparativa dos eventos pluviométricos intensos em Fortaleza/CE e São Luís/MA no período de 1987 a 2017

Audivan Ribeiro Garcês Júnior

Educação básica da Prefeitura de São Luís-MA
Universidade Federal do Maranhão
audivanribeiro@gmail.com

Francisca Mairla Gomes Brasileiro

Universidade Federal do Ceará
mairlagomesgeoufc@gmail.com

Larissa Neris Barbosa

Universidade Federal do Ceará
larissanerisb@gmail.com

Maria Elisa Zanella

Universidade Federal do Ceará
elisazv@terra.com.br

70

Resumo: Este trabalho teve como objetivo identificar os eventos pluviométricos intensos nas cidades de Fortaleza/CE e São Luís/MA no período de 1987 a 2017 e a partir disto, comparar estas duas realidades geográficas com base em uma análise quantitativa. A metodologia pautou-se nas técnicas de estatística, a partir da utilização da análise de agrupamento, pelo método não hierárquico k-médias visando a definição dos eventos por classes. Os eventos foram separados em cinco classes tendo por base sua intensidade, variando de baixa a crítica. Para fins de análise considerou-se os eventos intensos iguais e superiores à 60 mm. No que tange aos dados utilizados, estes foram fornecidos pela FUNCEME e INMET. Como resultado identificou-se um maior número de registro de episódios intensos em São Luís, cerca de 179 ocorrências, quando comparado ao município de Fortaleza, que apresentou 105 episódios. Em relação a distribuição dos eventos por mês, constatou-se maior concentração nos meses de março e abril nos dois municípios, período em que há a maior concentração de chuvas sob forte influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). A análise estatística indicou também uma forte correlação para a cidade de São Luís, de que anos mais chuvosos tendem a apresentar maiores registros de episódios de precipitação intensos. Portanto, este trabalho buscou avaliar de maneira comparativa dois ambientes que estão submetidos ao mesmo padrão de circulação regional, onde atuam sistemas atmosféricos semelhantes, mas que, entretanto, apresentam repercussões próprias em cada realidade.

Palavras-chave: Eventos pluviométricos intensos. Análise quantitativa. Climatologia.



1. Introdução

Os estudos sobre eventos intensos vêm ganhando cada vez mais destaque na climatologia geográfica, à medida em que estes ajudam a compreender a variabilidade espacial e temporal dos elementos do clima, sobretudo em tempos em que as discussões sobre mudanças climáticas ganham notoriedade na ciência e na sociedade.

Chuvas que causam alagamentos e enchentes nas cidades, períodos de estiagens e secas prolongadas que afetam a produção agrícola, aumento da frequência e intensidade de tufões, furacões, ondas de frio e calor, são exemplos de eventos climáticos que causam grande repercussão na vida da sociedade, pois estes afetam diretamente a rotina dos grandes centros urbanos e a economia, além disto têm-se a repercussão na mídia com grandes coberturas jornalísticas sobre os eventos.

Na climatologia, os eventos considerados intensos são aqueles cujo totais anuais, sazonais ou diários desviam de valores considerados habituais num determinado período, estes valores podem ser superiores ou inferiores. Para melhor caracterização de um evento intenso de precipitação, faz-se então necessário uma análise criteriosa de uma série de dados consistentes, como recomenda a Organização Meteorológica Mundial (OMM) de pelo menos trinta anos, para então definir quais eventos do ponto estatístico desviam do normal.

Cabe salientar que o comportamento da chuva varia de acordo com a localização geográfica e período, assim a determinação dos valores normais bem como os intensos variam de acordo com a área de estudo. Outro fator a ser considerado é a urbanização e a forma como o evento, destacando assim as repercussões no espaço urbano e a resposta que este deu ao evento.

Segundo Conti (2011) as chuvas podem ser consideradas intensas quando ultrapassam o acumulado de 50mm em 24h, podendo ser evidenciando algum impacto nas áreas urbanas a partir deste valor. No estudo de Zanella, Sales e Abreu (2009) para a cidade de Fortaleza, consideram chuvas intensas, os eventos com acumulados diários superiores a 60mm, concluindo que estes eventos possuem maior repercussão no espaço, podendo gerar algum tipo de dano.

No Brasil uma grande contribuição para o estudo de episódios pluviais concentrados foi feita por Monteiro (1976, 1991) com a proposta da Teoria do Sistema Clima Urbano (SCU), na qual um dos subsistemas é o hidrometeorológico que analisa os impactos pluviais causados por episódios pluviais concentrados nas cidades, sua relação com dinâmica climática regional, sítio urbano e outros elementos elencados como importante nas análises destes eventos.

Outro importante trabalho sobre impactos hidrometeorológicos nas cidades foi realizado por Brandão (1997, 2009) no Rio de Janeiro. A autora em diversos trabalhos buscou entender o aumento



da frequência, a magnitude e sua relação com a resiliência do espaço, além de relacionar com a morfologia urbana, atuação do poder público e alterações antrópicas no espaço urbano.

No Nordeste alguns trabalhos se destacam para as grandes cidades, como em Recife, Pernambuco, a pesquisa de Wanderley *et al* (2018) que objetivou investigar a frequência, tendências e o tempo de ocorrência de eventos extremos de chuva, encontrando como resultado que a cidade do Recife há uma suscetibilidade aos eventos extremos de chuvas diárias, sendo março e agosto os meses com maior probabilidade que os eventos ocorram. Para Fortaleza, o trabalho de Monteiro e Zanella (2013) utilizando a técnica de quartis fez a identificação de eventos extremos diários entre 1974 e 2012, concluindo que apesar de haver eventos nos meses de maior atuação da Zona de Convergência Intertropical, foram identificados eventos extremos na pré-estação chuvosa e após o período chuvoso associados a sistemas atmosféricos.

Neste trabalho utilizar-se-á o termo eventos intensos, haja vista que não foi objetivo deste estudo uma análise da extensão espacial e sua magnitude. Tem-se como objetivo identificar os eventos intensos para as cidades de São Luís e Fortaleza iguais ou superiores a 60mm nos acumulados diários entre 1987 e 2017, quantificando e comparando os dados das duas cidades do norte do nordeste brasileiro que possuem semelhanças quanto à dinâmica climática e a distribuição temporal da precipitação. Após a quantificação dos dados foi realizada uma análise de correlação entre a quantidade de eventos e o acumulado de chuvas anuais.

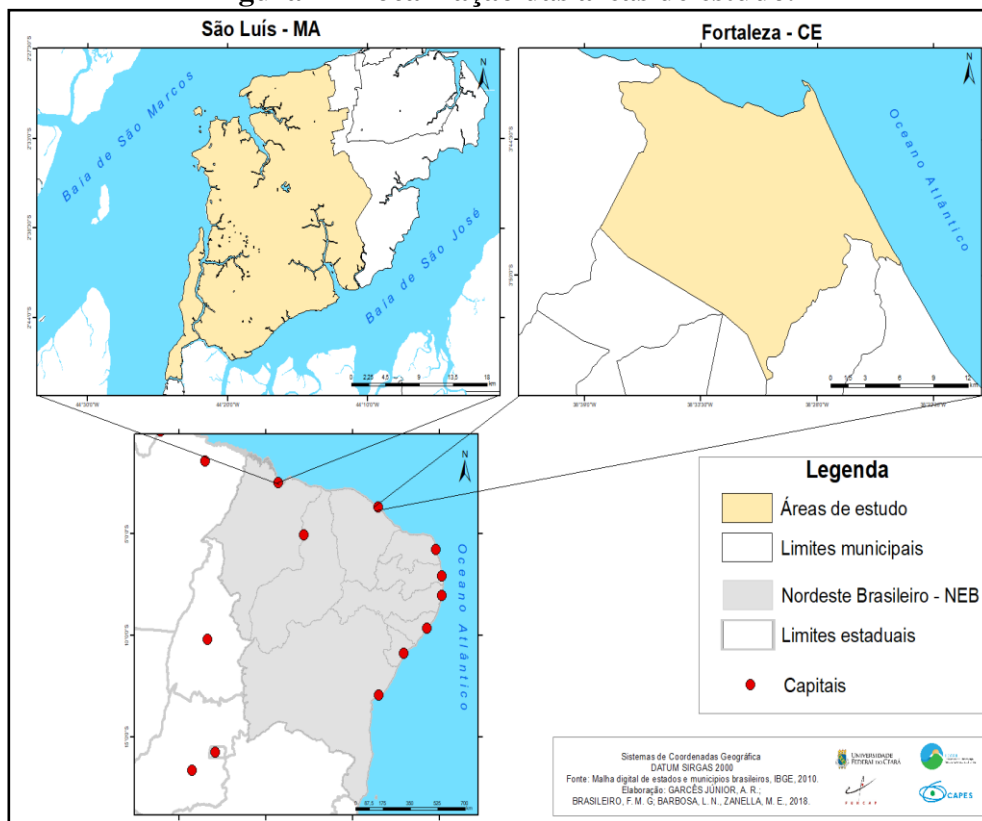
Deste modo, o trabalho não se aprofundou na análise detalhada dos eventos, sendo, portanto, um subsídio para outras pesquisas que abordem a dimensão da análise rítmica e sinótica dos sistemas atuantes para caracterização dos fenômenos.

1.1 Caracterização da área de estudo

Os municípios de Fortaleza e São Luís estão localizados no Norte do Nordeste do Brasil. Fortaleza, capital do estado do Ceará, está situada na porção litorânea do estado do Ceará, entre as coordenadas geográficas 3° 45' 47" S e 38° 37' 35" W. Já São Luís é capital do estado do Maranhão e está localizado na Ilha do Maranhão, entre as coordenadas de 2° 22' 23" S e 43° 59' 41" W. Ocupa cerca de 57% da Ilha, tendo como limites as baías de São José e São Marcos e o município de São José de Ribamar. Os dois municípios são os mais populosos e urbanizados de seus respectivos estados (Figura 1).



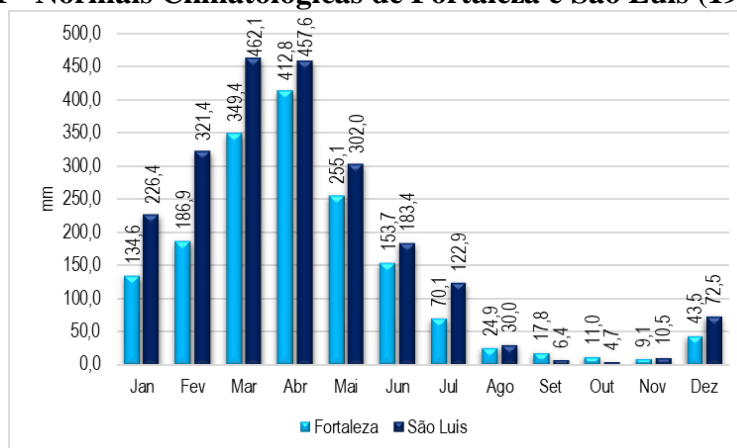
Figura 1 - Localização das áreas de estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores, 2018.

Fortaleza possui média pluviométrica anual de 1668,9 milímetros (mm), sendo que em torno de 70% do acumulado estão concentrados entre os meses de fevereiro e maio. O primeiro semestre é considerado chuvoso. A cidade está inserida da região pluviométrica do Litoral de Fortaleza (MOURA, 2008; IPECE, 2017), sendo que o mês mais chuvoso é abril com acumulado médio de 412,8 mm, já o mês mais seco é outubro com 11 mm. São Luís possui 2199,9 mm de precipitação média, sendo março o mês mais chuvoso com 462,1 mm e outubro o mais seco com média de 4,7 mm (INMET, 2018). O período chuvoso é compreendido entre os meses de janeiro e julho (Gráfico 01).

Gráfico 1 - Normais Climatológicas de Fortaleza e São Luís (1981 - 2010).



Fonte: INMET, 2018.



Segundo proposta de Mendonça e Danni-Oliveira (2007) para classificação dos domínios climáticos do Brasil, o norte Maranhense, onde situa-se São Luís, caracteriza-se por um clima tropical equatorial 2a (com quatro a cinco meses secos). De acordo com os autores supracitados este clima apresenta forte atuação de dois fatores climáticos, a maritimidade e a continentalidade. Verifica-se que “as temperaturas, mesmo elevadas ao longo do ano, apresentam pequena variação sazonal e a pluviosidade, maior que os índices térmicos” (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 159). Fortaleza, por sua vez, apresenta o tipo climático tropical equatorial 2b (com 6 meses secos), com totais pluviométricos mais baixos na maior parte do ano, quando comparado com o subtipo evidenciado em São Luís.

Em São Luís tem-se duas estações definidas pelo regime pluviométrico, pois há regularidade térmica durante todo o ano: há um período chuvoso, compreendido entre o verão e outono, e outro seco, entre o inverno e a primavera (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Condição semelhante se evidencia em Fortaleza, apresentando dois períodos bem definidos: seco e chuvoso. O período seco (segundo semestre do ano) está associado a atuação da massa Equatorial do Atlântico Sul, que possibilita a estabilidade do tempo.

Entre os sistemas atmosféricos que propiciam a formação de chuvas no Ceará e no Maranhão no primeiro semestre do ano destaca-se a Zona de Convergência Intertropical – ZCIT. Este sistema é formado na região de confluência dos ventos alísios de nordeste e de sudeste onde há ascensão do ar e, conseqüentemente, formação de nuvens do tipo *Cumulonimbus* e chuvas. Os meses de maior atuação da ZCIT são fevereiro, março, abril e maio, correspondendo à quadra chuvosa dos estados supracitados. Trata-se do sistema mais importante na determinação da abundância ou deficiência de chuva (MELO *et al*, 2000).

Outro importante sistema são os Vórtices Ciclônicos de Alto níveis - VCANs, definidos como centros de baixa pressão originadas da alta troposfera. Destacam-se ainda os Distúrbios Ondulatórios de Leste – DOL, formados no Oceano Atlântico e trazidos para o continente pelos ventos alísios, as Linhas de Instabilidades e os Complexos Convectivos de Mesoescala – CCM, que também geram chuva na região. O primeiro associado à ação da ZCIT atuando predominantemente nos meses do verão e o CCM, segundo Souza e Alves (1998) caracterizados por chuvas isoladas, que se formam devido às condições locais favoráveis, sendo que sua formação se dá normalmente pela noite com forte atuação durante a madrugada, com o crescimento de um conjunto de nuvens num curto intervalo de tempo (6 a 12 horas) (SILVA DIAS, 1987).

Além dos sistemas atmosféricos citados, outros fenômenos são fundamentais para a análise da pluviosidade da área estudada, dentre eles, destacam-se os fenômenos cíclicos El niño e La niña e



o dipolo do Atlântico (TSM – Temperatura de Superfície do Mar). Estes são mecanismos que influenciam de forma isolada ou conjuntamente o regime de chuvas no norte do Nordeste, sobretudo no que diz respeito a atuação do principal sistema produtor de chuvas, a ZCIT (UVO e NOBRE, 1989; SILVA, 2001; SOUSA, 2004).

2. Materiais e métodos

Esta pesquisa está pautada no contexto da climatologia geográfica norteada pelas proposições de Monteiro (1976, 2003) acerca do Sistema Clima Urbano (SCU) no canal de percepção dos impactos hidrometeorológicos, a fim de identificar os eventos intensos e subsidiar outras pesquisas sobre os impactos gerados, haja vista a necessidade do desenvolvimento do tema nos municípios estudados, sobretudo em São Luís.

Os procedimentos metodológicos consistiram em pesquisa bibliográfica de trabalhos publicados sobre o tema, busca dos dados de precipitação de uma série de 31 anos (1987 a 2017) no Banco de Dados Meteorológicos no site *www.inmet.com.br*, para o município de São Luís e no banco de dados da série histórica disponibilizada pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME, para o município de Fortaleza.

Os dados foram disponibilizados diariamente, sendo necessária a utilização do pacote de planilhas da Microsoft Excel® para tabulação e análise. Após esta etapa os dados foram importados para o software SPSS® versão 20, onde foi possível realizar a Análise de Agrupamento com procedimento não-hierárquico, utilizando o método de k-médias. Este método trata-se do cálculo dos centroides para cada um dos k clusters e cálculo da distância euclidiana dos centroides a cada sujeito na matriz de dados e posteriormente o agrupamento dos indivíduos nos clusters cujo centroide se encontra mais próximo. Neste estudo foi empregado a Distância Euclidiana, normalmente utilizada para variáveis quantitativas. Trata-se de uma medida de dissimilaridade, pois quanto menor o valor de d, mais similares serão os dados comparados. O cálculo da Distância Euclidiana é dado pela fórmula:

$$d(X_l, X_k) = \sqrt{\sum_{i=1}^p (X_{il} - X_{ik})^2}$$

Onde, Xi = i-ésima variável (i= 1, ..., p), l e k representam os dados analisados. Na formação dos clusters esse cálculo é feito para todas as combinações possíveis entre dois indivíduos e, em seguida, entre grupos. Os dados foram novamente importados para o Excel e ordenados de acordo com as classes identificados na análise, seguindo o intervalo definido (Quadro 1).



Quadro 1 - Intervalos das classes de intensidade e a nomenclatura utilizada.

Níveis	Fortaleza	n	São Luís	n
NIVEL I: intensidade pequena	≤ 85	66	$\leq 78,2$	90
NIVEL II: intensidade média	85 \dashv 116,5	31	78,2 \dashv 102,9	47
NIVEL III: intensidade grande	116,5 \dashv 162,0	5	102,9 \dashv 134,4	30
NIVEL IV: intensidade muito grande	162,0 \dashv 197,6	2	134,4 \dashv 162,2	10
NIVEL V: Crítico	$>197,6$	1	$>162,2$	2

Fonte: elaborado pelos autores.

Foram feitas as classificações levando em conta a intensidade, classificando os acumulados diários em 5 classes: Nível I - intensidade pequena, Nível II - intensidade média, Nível III - intensidade grande, Nível IV - intensidade muito grande e Nível V - Crítico. A nomenclatura utilizada para o nível de intensidade foi adaptada dos trabalhos de Silva (2002) e Monteiro e Zanella (2017).

Os procedimentos foram executados separadamente para cada cidade. Embora haja semelhanças na distribuição temporal das chuvas, os intervalos são diferentes, a citar eventos considerados críticos em Fortaleza são àqueles superiores à 197,6mm e São Luís superiores à 162,2mm.

Por fim, realizou-se uma análise de correlação entre as variáveis: quantidade de eventos intensos e os acumulados de precipitação anual. Deste modo, foram elaborados gráficos de dispersão visando entender o grau de relação entre as variáveis X e Y, citadas anteriormente. A partir destes gráficos foi possível visualizar o grau de relacionamento entre as variáveis e, portanto, definir se havia correlação ou não. Esta correlação é definida pela espacialização dos dados dentro do gráfico, onde se a relação é para cima existe correlação positiva e se a relação for para baixo encontra-se uma correlação negativa.

Além do nível de correlação, se negativa ou positiva, é possível determinar o grau de correlação entre as variáveis a partir da análise do R^2 , que determina em termos quantitativos o quanto a variável X está relacionada, ou não, a variável Y. Comumente, utiliza-se como métrica o valor de 0,5, onde valores de R^2 menores que 0,5 apontam para uma correlação baixa e valores superiores a 0,5 significam correlação elevada. O processamento dos dados visando obter as estatísticas de correlação foi realizado por meio do Microsoft Excel ®.

3. Resultados e discussões

Com base no exposto é possível tecer algumas discussões em torno da problemática dos eventos intensos em São Luís e Fortaleza. Para a cidade de Fortaleza foram identificados 105 eventos



pluviométricos intensos (acima de 60 mm) no período de 1987 a 2017 (Quadro 2). Dos anos analisados 15 apresentaram total anual de chuvas abaixo da média histórica (1517,3mm), apresentando 33 eventos diários acima de 60mm. Os demais anos apresentaram acumulados acima da média, com 72 eventos diários acima de tal valor. Já São Luís, apresentou 15 anos com acumulados pluviométricos maiores que a média histórica (2199,9mm), com destaque para o ano de 2009 que acumulou cerca de 2847,8mm, configurando-se como o ano mais chuvoso da série analisada, com 10 eventos.

Tanto para São Luís quanto para Fortaleza, pode-se inferir um crescimento na identificação de fenômenos intensos na década 2000 (2000 a 2009) quando comparado com a década de 90 (1990 a 1999). Em São Luís, a década de 90 teve 52 eventos intensos, já em 2000, 70 eventos foram registrados, em Fortaleza 26 episódios na década de 1990 e na década 2000, 42 eventos.

Os anos com maiores números de registros de eventos intensos são: 2004 para Fortaleza com 9, e os anos de 1988 e 2011 para São Luís, com 11 registros cada. Da série histórica analisada somente os anos de 2013 e 2014 não apresentaram a ocorrência de eventos pluviométricos intensos para Fortaleza, enquanto São Luís apresentou registros em todos os anos.

Quadro 2 – Total pluviométrico anual e número de eventos extremos.

FORTALEZA/CE			SÃO LUÍS/MA		
Ano	Total Pluviométrico	Nº de eventos	Total Pluviométrico		Nº de eventos
1987	1259,7	3	1987	1833,2	7
1988	1862,1	6	1988	2697,7	11
1989	1862,5	3	1989	2755,6	10
1990	978,1	1	1990	1753,6	3
1991	1548,7	3	1991	2167,6	6
1992	1088,8	1	1992	1198,4	4
1993	1042,7	3	1993	1637,5	5
1994	2379,6	3	1994	2720,2	7
1995	2143,5	6	1995	2470,1	9
1996	1708,2	4	1996	2419,2	8
1997	1143,3	3	1997	1421,2	3
1998	1012,4	1	1998	1459,8	3
1999	1346,6	1	1999	2366,2	4
2000	1673,2	1	2000	2765,2	7
2001	1554,5	4	2001	2479,6	7
2002	1742	5	2002	1888,4	4
2003	2208,4	5	2003	2370,5	8
2004	1991,1	9	2004	2496,8	6
2005	1132,4	3	2005	1803,3	1
2006	1319,7	3	2006	2354,2	9
2007	1392,4	5	2007	1899	4
2008	1387,8	3	2008	2599,8	10



2009	2218,9	4	2009	2847,8	10
2010	952,9	2	2010	1755,6	4
2011	2269,2	6	2011	2713,3	11
2012	1258,8	4	2012	1133,2	2
2013	801,2	0	2013	1594,2	3
2014	1053,5	0	2014	1652,3	4
2015	1577,8	3	2015	1507,2	3
2016	1585,3	7	2016	1543,3	2
2017	1542,9	3	2017	2262	4
TOTAL DE EVENTOS		105	TOTAL DE EVENTOS		179

Fonte: INMET e FUNCEME, organizado pelos autores.

No trabalho de Rodrigues *et al* (2017) que se propôs a analisar os eventos extremos de chuva entre 2004 e janeiro de 2015 em Fortaleza, encontrou que a maior parte dos eventos se concentrou na estação chuvosa, com maior concentração entre março e maio. Não encontraram nenhum registro entre 2013 e 2014, assim como nesta pesquisa. Além disso caracterizaram o fenômeno do dia 03 de janeiro de 2015, na qual segundo as autoras houve a atuação de um VCAN associado as Ondas de Leste ocasionando diversos impactos da cidade.

Na classificação da intensidade dos eventos, identificou-se diferenciações nos intervalos de classes entre as duas áreas analisadas, desta forma o total pluviométrico se apresenta como o fator de importante diferenciação entre as cidades pesquisadas. São Luís apresenta maior acumulado de precipitação em relação à Fortaleza. Para todos os níveis de intensidade foi contabilizado maior quantidade em São Luís, por exemplo, eventos no nível de intensidade I em São Luís registrou 90 eventos e Fortaleza 66 eventos (Quadro 3).

78

Quadro 3 - Classes e nomenclatura de intensidade dos eventos.

Níveis	Fortaleza	n	São Luís	n
NIVEL I: intensidade pequena	≤ 85	66	≤ 78,2	90
NIVEL II: intensidade média	85 ─ 116,5	31	78,2 ─ 102,9	47
NIVEL III: intensidade grande	116,5 ─ 162,0	5	102,9 ─ 134,4	30
NIVEL IV: intensidade muito grande	162,0 ─ 197,6	2	134,4 ─ 162,2	10
NIVEL V: Critico	>197,6	1	>162,2	2

Fonte: organizado pelos autores.

No tocante a distribuição mensal dos eventos intensos, em Fortaleza percebe-se que estão concentrados entre os meses de janeiro a julho. Contudo, os meses de março e abril são os que possuem números mais expressivos, com 26 e 24 eventos, respectivamente. Os eventos de baixa intensidade foram os mais expressivos na série histórica analisada, ressaltando que os mesmos tinham um total pluviométrico menor ou igual a 85 mm e totalizaram 66 episódios. As ocorrências desta



classe foram concentradas entre janeiro e julho, com um episódio isolado em dezembro do ano de 1988. Entre agosto e novembro, não houveram ocorrências de episódios intensos, visto ser período seco (Quadro 4).

Quadro 4 - Frequência mensal de eventos pluviométricos em Fortaleza (1987-2017).

NÍVEIS	EVENTOS MENSAIS DE FORTALEZA ACIMA DE 60 mm												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
NIVEL I: intensidade pequena	11	7	13	17	11	5	1	0	0	0	0	1	66
NIVEL II: intensidade média	5	5	9	5	1	4	2	0	0	0	0	0	31
NIVEL III: intensidade grande	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	5
NIVEL IV: intensidade muito grande	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2
NIVEL V: Crítico	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL	17	12	26	24	12	10	3	0	0	0	0	1	105

Fonte: organizado pelos autores.

A classificação que considera em termos estatísticos a intensidade do evento, um episódio de janeiro de 2004, foi classificado como crítico, e dentro da série analisada foi a única ocorrência encontrada nesse nível. Segundo o trabalho de Zanella, Sales e Abreu (2009), o evento ocorreu no dia 29/01/2004, que totalizou 250 mm em 24 horas, porém os dias anteriores, 27 e 28 de janeiro, do referido ano já havia chovido de forma expressiva, fazendo com que o evento ganhasse grandes proporções na geração de impactos. Segundo as autoras, este evento esteve associado a atuação de um Vórtice Ciclônico de Altos Níveis – VCAN.

No tocante a classe que evidencia os eventos de intensidade muito grande, identificou-se dois eventos, 27/03/2012 e 23/06/2012, o primeiro teve um total de 197,5 mm e teve como sistema atuante um VCAN associado a atuação da ZCIT, e o segundo, por sua vez, totalizou 197,6 mm, e foi provocado pela atuação das ondas de leste, como apontado por Monteiro e Zanella (2013).

Na classe de intensidade grande ocorreram cinco eventos concentrados nos meses de março e abril (1991, 1997, 2001, 2003 e 2004). Os eventos de intensidade média, totalizaram 31 episódios, registrados nos meses de janeiro a julho, contudo tiveram maior expressividade no mês de março.

Para São Luís a distribuição mensal dos eventos pluviométricos intensos concentrou-se entre novembro e julho, tendo maior ocorrência nos meses de janeiro, fevereiro, março, abril e maio, ultrapassando 20 episódios. Trata-se da estação chuvosa de São Luís, sendo março o mês mais chuvoso, e com o maior número de registros, 45 eventos. Julho e dezembro são considerados períodos



de transição entre as estações. Nos meses de agosto, setembro e outubro não foram registrados eventos, já em novembro, apesar de ser considerado um mês de estiagem, houve o registro de um evento no dia 01/11/1995 considerado de intensidade pequena com acumulado de 67,3 mm (Quadro 5).

Quadro 5 – Frequência mensal de eventos pluviométricos em São Luís (1987-2017).

NÍVEIS	EVENTOS MENSIS DE SÃO LUÍS ACIMA DE 60 mm												
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
NIVEL I: intensidade pequena	11	16	19	24	10	2	4	0	0	0	1	3	90
NIVEL II: intensidade média	5	8	13	12	7	1	1	0	0	0	0	0	47
NIVEL III: intensidade grande	3	6	10	3	4	3	0	0	0	0	0	1	30
NIVEL IV: intensidade muito grande	1	3	3	0	2	0	0	0	0	0	0	1	10
NIVEL V: Crítico	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
TOTAL	21	33	45	39	24	6	5	0	0	0	1	5	179

Fonte: organizado pelos autores.

Como Crítico foram encontrados dois eventos: dia 08/01/2011 com acumulado de 187,8 mm e 11/05/2014 com 181,6 mm. Este último foi objeto de estudo de Garcês Júnior *et al* (2016), que demonstrou que a atuação da ZCIT foi o principal sistema atuante, destacando ainda que o fenômeno trouxe diversos problemas para o município, tais como enchentes, alagamentos, deslizamentos de terra, interrupção de energia elétrica e outros. Eventos de intensidade muito grande concentraram-se em fevereiro e março com três registros cada, e intensidade grande o mês de março com 10 registros. Eventos considerados de intensidade média foram registrados nos meses de março e abril, com 13 e 12 respectivamente. Já com Intensidade pequena, o mês de abril destacou-se registrando 24 episódios, sendo ainda identificado neste nível o maior número de episódios nos meses de janeiro e dezembro na série analisada, respectivamente 11 e 3.

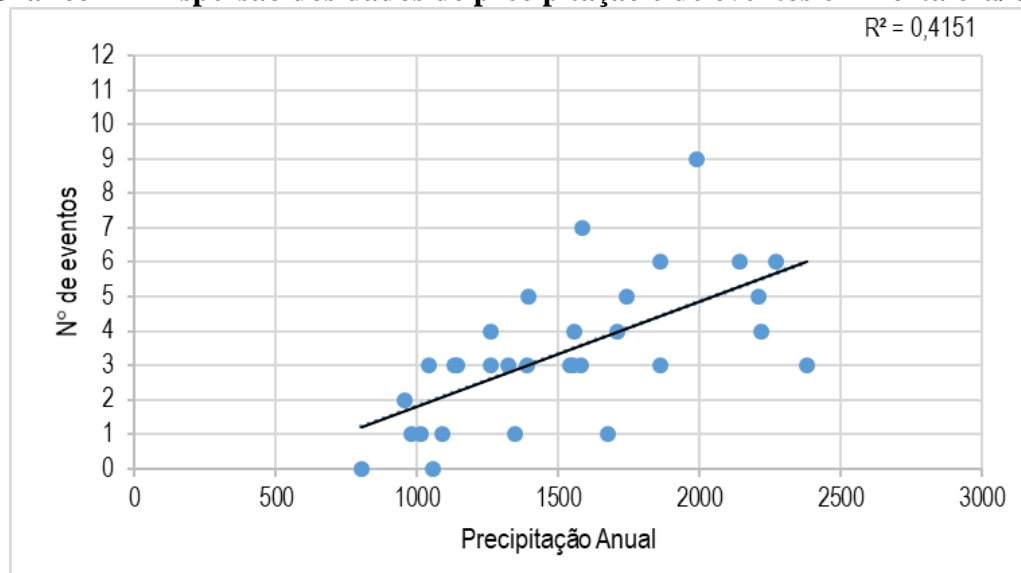
A maior concentração de eventos nos meses de março e abril em Fortaleza e São Luís se deve a atuação do principal sistema atmosférico atuante neste período, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Há que se destacar a atuação de outros sistemas na determinação e ocorrência de eventos extremos, tais como os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs) e os Vórtices Ciclônicos de Altos níveis (VCAN), principalmente na pré-estação.

Por fim, verificou a correlação entre os acumulados pluviométricos anuais e o número de eventos, a partir da elaboração do gráfico de dispersão para cada município. A partir deste gráfico



pode-se inferir que para Fortaleza não há estatisticamente uma correlação direta entre os anos mais chuvosos, ou seja, com maiores acumulados de chuva anual e a existência de eventos extremos, pois o R quadrado foi muito baixo, sendo $R^2 = 0,4151$, fato este já evidenciado por Zanella, Sales e Abreu (2013).

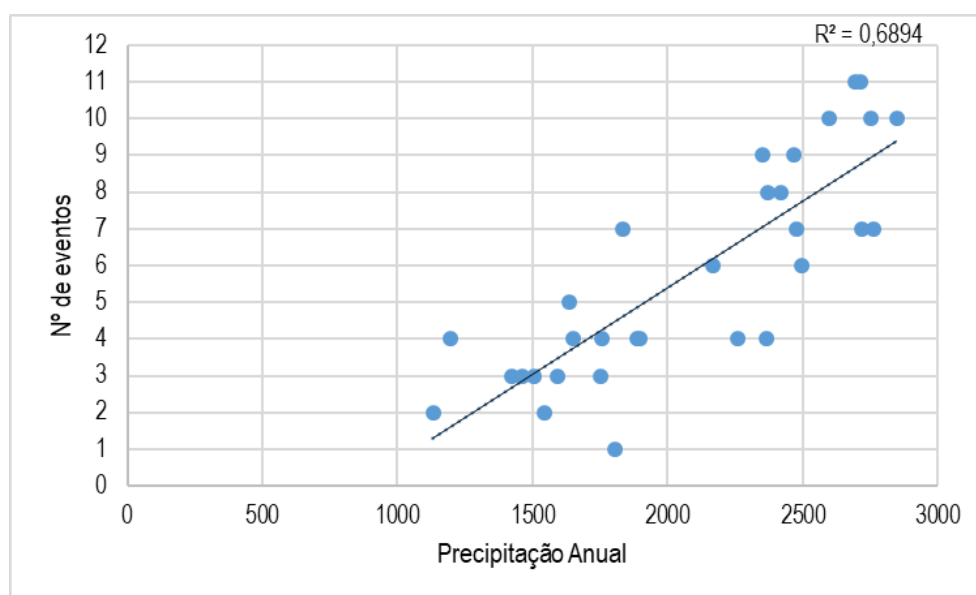
Gráfico 2 – Dispersão dos dados de precipitação e de eventos em Fortaleza/CE.



Fonte: organizado pelos autores.

Em relação a São Luís, verifica-se estatisticamente que anos mais chuvosos tendem a apresentarem maior quantidade de eventos pluviométricos intensos, fato este evidenciado pelo R quadrado, que deu superior a 0,5, ou seja, $R^2 = 0,6894$.

Gráfico 3 – Dispersão dos dados de precipitação e de eventos em São Luís/MA.



Fonte: organizado pelos autores.



4. Conclusões

Com base nos dados podemos inferir que as duas cidades apesar de apresentarem algumas similaridades no contexto socioespacial e climático, apresentam diferenças quando se trata dos eventos intensos de precipitação, visto que São Luís apresentou considerável número de episódios dentro da série histórica quando comparado com Fortaleza. Isto se deve ao regime pluviométrico ser bem mais intenso em São Luís, possuindo maiores médias históricas de acumulados de precipitação. No entanto, é possível notar uma alta concentração de eventos nas cidades nos meses de março e abril, meses mais chuvosos e sobre forte atuação da Zona de Convergência Intertropical, assim como há uma concentração de episódios de pequena intensidade no mês de janeiro tanto em São Luís quanto em Fortaleza.

Considerando a quantidade de eventos por ano, não é possível notar que haja uma similaridade entre as duas áreas de análise, todavia é possível verificar que em Fortaleza em diversos anos houve apenas um registro e em outros não houve nenhum registro de episódio, no entanto em São Luís todos os anos houveram registros de eventos intensos. Para duas cidades houve uma maior concentração de registros na década de 2000, quando comparada com a década de 1990. Em São Luís houve relação em que anos mais chuvosos tendem a possuir maiores registros de episódios de precipitação, o que já não foi possível observar em Fortaleza.

No que concerne ao município de Fortaleza verifica-se a existência de muitos estudos na busca do entendimento destes eventos e seus impactos no ambiente urbano. Contudo, São Luís apresenta uma carência de pesquisas sobre a temática, necessitando de estudos que mapeiem esses eventos, servindo de subsídios para a gestão da cidade. Isto é corroborado pelos dados já mencionados neste trabalho, onde verifica-se que São Luís, dentro da série histórica analisada, apresentou a ocorrência constante de eventos pluviométricos intensos com efeitos diversos no ambiente.

Portanto, o presente trabalho não buscou esgotar as possibilidades de estudo sobre a temática, mas propor uma análise comparativa entre duas realidades geográficas distintas, que dentro de um padrão de circulação regional é afetada de forma semelhante, onde os principais sistemas atuam nas duas áreas. Todavia, as repercussões são diferenciadas e próprias de cada realidade. Necessitando então de mais pesquisas que se aprofundem na temática, sobretudo considerando uma análise rítmica detalhada e análise sinótica para caracterização destes fenômenos nas duas cidades.



5. Agradecimentos

Agradecemos à Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP pelo apoio financeiro dispensado aos alunos do Programa de Pós-graduação em Geografia da UFC envolvidos nesta pesquisa, a partir do auxílio de bolsas de mestrado e doutorado.

6. Referências bibliográficas

- BORSATO, V. A. A La Niña e a dinâmica atmosférica em Campo Mourão na primavera de 2010. **Geografia em Questão**, Cascavel, v. 5, n. 1, 2012.
- BORSATO, V. da A.; HIERA, M. D. Zona de Convergência do Atlântico Sul e a dinâmica atmosférica para o noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**. n 8 – Vol. 11 – Jul/Dez 2012.
- BRANDÃO, A. M. P. M. **Tendências e Oscilações climáticas na Área Metropolitana do Rio de Janeiro**. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- _____. **O Clima Urbano da Cidade do Rio de Janeiro** – Tese de Doutorado em Geografia Física USP – São Paulo, 1996.
- _____. As Chuvas e a Ação Humana: Uma Infeliz Coincidência. In: **Tormentas Cariocas** – Rosa, L.P & Lacerda, W.A. – Ed. COPPE/UFRJ – Rio de Janeiro, 1997.
- _____. O clima urbano e enchentes na cidade do Rio de Janeiro. In: **Impactos Ambientais Urbanos no Brasil**, orgs: GUERRA, A. J. T. e CUNHA, S. B. da - 5ª ed; Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.
- CONTI, J. B. **Clima e meio ambiente**. 7. Ed. São Paulo: Atual, 2011.
- GARCÊS JÚNIOR, A. R., MARQUES, L. M., TORRES, M. A. N., AQUINO JÚNIOR, J. **Análise de um episódio de precipitação intensa no ano de 2014 na cidade de São Luís-MA**. In: XII Simpósio Brasileiro e Climatologia Geográfica, Goiânia, 2016.
- INMET. **Normais Climatológicas do Brasil (1981-2010)**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em: 02 de abril de 2018.
- IPECE. **Perfil Básico Municipal de Fortaleza**, 2017. Disponível em: <http://www.ipece.ce.gov.br/perfil_basico_municipal/2017/Fortaleza.pdf>. Acessado em: 04/05/2018.
- MELO, A. B. C., *et al.* Estudo Climatológico da Posição da ZCIT no Atlântico Equatorial e sua Influência sobre o Nordeste do Brasil. In: XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, Vol. 16, 2000, Rio de Janeiro. **Anais...**Rio de Janeiro, 2000, p. 1142 -1145.
- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Texto, 2007.



MONTEIRO, C. A. de F. **Análise Rítmica em Climatologia**. Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1971.

_____. **Teoria e Clima Urbano**. IGEO-USP, Instituto de Geociências, USP, Série Teses e Monografias, 25, São Paulo, 181p., 1976.

_____. **Clima e Excepcionalismo**. Florianópolis: UFSC, 241p., 1991.

MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (orgs). **Clima Urbano**. Rio de Janeiro: Contexto. 2003.

MONTEIRO, J. B; ZANELLA, M. E. **Eventos extremos diários em Fortaleza-CE, Brasil: uma análise estatística de episódios pluviométricos intensos**. In: 14º Encontro de Geógrafos da América Latina, 2013, Lima. Anales del XIV Encuentro de Geógrafos de América Latina, Peru, 2013.

MOURA, M. O. **O clima urbano de Fortaleza sob o nível do campo térmico**. 318 f. 2008. Dissertação (mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2008.

OLÍMPIO, J. L. S; MONTEIRO, J. B. Desastres naturais do estado do Ceará, nordeste do Brasil: um estudo sobre os eventos extremos ocorridos entre 2003 e 2012. In: ZANELLA, M. E; SALES, M. C. L. (orgs). **Clima e Recursos hídricos na perspectiva geográfica**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2015.

PEREIRA, M. D. B. *et al.* Avaliação quantitativa das precipitações diárias intensas na cidade de João Pessoa, Paraíba. **Revista GEONORTE**, Edição Especial 2, V.1, N.5, p.921 – 929, 2012.

ROCHA, A. B; MEDEIROS, M. D; ABREU, N. J. A. Os Estudos dos riscos e vulnerabilidades na perspectiva da Geografia. In: ZANELLA, M. E; SALES, M. C. L. (orgs). **Clima e Recursos hídricos na perspectiva geográfica**. Fortaleza: Expressão Gráfica e Editora, 2015.

RODRIGUES, I. B.; HOLANDA, J. M. ; GONÇALVES, D. S.; SALES, M. C. L. Análise dos eventos de chuva extrema e seus impactos em Fortaleza-CE, de 2004 a janeiro de 2015. **Revista de Geografia** (Recife) V. 34, No. 2, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/229197>.

SILVA DIAS, M. A. F. da. Sistemas de mesoescala e previsão do tempo a curto prazo. **Revista Brasileira de Meteorologia**; 1987; Vol. 2, 133-150.

SILVA, I. R. **Variabilidade sazonal e interanual das precipitações na região sul do Brasil associadas às temperaturas dos oceanos Atlântico e Pacífico**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) -Instituto Nacional de pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2001.

SOARES, L. P. **Caracterização Climática do Estado do Ceará com base nos Agentes da Circulação Regional Produtores dos Tipos de Tempo**. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal do Ceará, 2015.

SOUSA, E. B., ALVES, J. M. B. **Estudo diagnóstico de um complexo convectivo de mesoescala observado no norte do Nordeste Brasileiro**. X CBMet e VIII Congresso da Flismet, Brasília, 1998.



SOUSA, E. P. P. de. **Relações entre as anomalias de TSM do Atlântico e Pacífico e as precipitações na Amazônia Oriental**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) -Instituto Nacional de pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2004.

SOUZA, E. B., ALVES, J. M. B. **Estudo diagnostico de um complexo convectivo de mesoescala observado no norte do Nordeste Brasileiro**. X CBMet e VIII Congresso da Flismet, Brasília, 1998.

UVO, C.R.B.; NOBRE, C.A. **A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a precipitação no Norte do Nordeste do Brasil**. Part II: A influência dos ventos e TSM do Atlântico Tropical. *Climanálise*, v.4, n. 10, p. 39-47, 1989.

ZANELLA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Ceará. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C. **Ceará: um novo olhar geográfico**. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, p.169-188, 2007.

ZANELLA, M. E; SALES, M. C. L; ABREU, N. J. A. Análise das precipitações diárias intensas e impactos gerados em fortaleza, CE. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, Nº 25, p. 53 - 68, 2009.

WANDERLEY, L. S. de A.; NÓBREGA, R. S.; MOREIRA, A. B.; ANJOS, R. S. dos; ALMEIDA, C. A. P. de. As chuvas da cidade do Recife: uma climatologia de extremos. **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 14, Vol. 22, jan/jun de 2018. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/56034/34877>.

85

COMPARATIVE ANALYSIS OF INTENSE PLUVIOMETRIC EVENTS IN FORTALEZA/CE AND SÃO LUÍS/MA IN THE PERIOD FROM 1987 TO 2017

Abstract: This work aimed to identify the intense rainfall events in the cities of Fortaleza/CE and São Luís/MA from 1987 to 2017 and from this, to compare these two geographic realities based on a quantitative analysis. The methodology was based on statistical techniques, based on the use of cluster analysis by the non-hierarchical k-means method, aiming to define the events by classes. The events were divided into five classes based on their intensity, ranging from low to critical. For analysis purposes, intense events equal to and greater than 60 mm were considered. Regarding the data used, these were provided by FUNCEME and INMET. As a result, a higher number of intense episodes was recorded in São Luís, about 179 occurrences, when compared to the city of Fortaleza, which had 105 episodes. Regarding the distribution of events by month, there was a higher concentration in March and April in both municipalities, a period in which there is the highest concentration of rainfall under the strong influence of the Intertropical Convergence Zone (ZCIT). The statistical analysis also indicated a strong correlation, for the city of São Luís, that rainy years tend to present higher records of precipitation episodes, which was no longer observed in Fortaleza. Therefore, this work aimed to evaluate comparatively two environments that are subject to the same pattern of regional circulation, where similar atmospheric systems operate, but which, however, have their own repercussions in each reality.

Keywords: Intense rainfall events. Quantitative analysis. Climatology.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS INTENSOS EN FORTALEZA / CE Y SÃO LUÍS / MA DE 1987 A 2017

Resumen: Este trabajo tenía como objetivo identificar los intensos eventos de lluvia en las ciudades de Fortaleza / CE y São Luís / MA de 1987 a 2017 y, a partir de esto, comparar estas dos realidades geográficas en base a un análisis cuantitativo. La metodología se basó en técnicas estadísticas, basadas en el uso del análisis de conglomerados por el método no jerárquico de k-medias, con el objetivo de definir los eventos por clases. Los eventos se dividieron en cinco clases en función de su intensidad, desde baja a crítica. Para fines de análisis, se consideraron eventos intensos iguales y superiores a 60 mm. Con respecto a los datos



utilizados, estes fueron proporcionados por FUNCEME e INMET. Como resultado, se registró un mayor número de episodios intensos en São Luís, alrededor de 179 ocurrencias, en comparación con la ciudad de Fortaleza, que tuvo 105 episodios. Con respecto a la distribución de eventos por mes, hubo una mayor concentración en marzo y abril en ambos municipios, un período en el que existe la mayor concentración de lluvia bajo la fuerte influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). El análisis estadístico también indicó una fuerte correlación, para la ciudad de São Luís, de que los años lluviosos tienden a presentar registros más altos de episodios de precipitación, que ya no se observaron en Fortaleza. Por lo tanto, este trabajo tuvo como objetivo evaluar comparativamente dos ambientes que están sujetos al mismo patrón de circulación regional, donde operan sistemas atmosféricos similares, pero que, sin embargo, tienen sus propias repercusiones en cada realidad.

Palabras-clave: Eventos intensos de lluvia; Análisis cuantitativo; Climatología.

AUDIVAN RIBEIRO GARCÊS JÚNIOR

Mestre em Saúde e Ambiente (UFMA). Graduado em Geografia Bacharelado e Licenciatura Plena pela Universidade Federal do Maranhão (2013) e especialista em Gestão Interdisciplinar do ambiente e educação ambiental pelo IESF (2014). Doutorando do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará – UFC. Possui vínculo com o Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos - LCGRH. Atualmente é professor efetivo da Prefeitura de São Luís e Professor Substituto no Departamento de Geociências (UFMA). Desenvolve pesquisas em: Climatologia, Geografia da Saúde, Clima e Saúde, Análise Ambiental e Ensino de Geografia.

E-mail: audivanribeiro@gmail.com

FRANCISCA MAIRLA GOMES BRASILEIRO

Doutoranda e Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC), na área de concentração Dinâmica Territorial e Ambiental. Licenciada em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Vinculada ao laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos (LCGRH/UFC). Possui experiência na área de Geociências, com destaque para os campos da Climatologia Geográfica, Geoprocessamento, Análise ambiental e Ensino de Geografia. Atua nas seguintes linhas de pesquisa: Clima Urbano, Geoprocessamento, Impactos ambientais e Estudo de Parques Eólicos.

E-mail: mairlagomesgeoufc@gmail.com

LARISSA NERIS BARBOSA

Mestre em Geografia pelo Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará. Licenciada em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Vinculada ao Laboratório de Climatologia Geográfica e Recursos Hídricos (LCGRH). Atua na área de Geografia, com ênfase em Planejamento e Manejo de Recursos Hídricos e Solos.

E-mail: larissanerisb@gmail.com

MARIA ELISA ZANELLA

Possui graduação em Geografia pela Universidade Federal do Paraná, mestrado em Organização do Espaço pela Universidade Estadual Paulista Rio Claro (1992) e doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento pela Universidade Federal do Paraná. Participou como Bolsista de Estudos no Exterior na modalidade Docente no âmbito do Programa de Cooperação Internacional CAPES/AULP (2015). Atualmente é professora da graduação e pós-graduação em Geografia e PRODEMA da Universidade Federal do Ceará. É Vice-Coordenadora do Mestrado do PRODEMA (Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente- UFC). Pesquisadora PQ do CNPq. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Climatologia Geográfica e Meio Ambiente. Atua principalmente nos seguintes temas: climatologia urbana, clima e saúde, eventos extremos, impactos pluviais, risco e vulnerabilidade

E-mail: elisazv@terra.com.br

Endereço postal: Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geografia.

Campus do Pici. Pici, 60455-760 - Fortaleza, CE – Brasil. Telefone: (85) 33669855. Fax: (85) 33669864