


Eventos extremos de chuva e impactos associados no município de Crato/CE

Extreme rain events and associated impacts in the municipality of Crato/CE

Vinicius Ferreira Luna^I , Juliana Maria Oliveira Silva^{II} 

^I Universidade Federal de Pernambuco , Recife, PE, Brasil

^{II} Universidade Regional do Cariri , Crato, CE, Brasil

RESUMO

Nos últimos anos, os eventos extremos de chuvas e seus impactos vêm causando mudanças significativas nas grandes e médias cidades brasileiras, tendo em vista essa questão o presente trabalho teve como objetivo identificar e analisar os eventos extremos de chuva e as suas repercussões na cidade do Crato/Ceará. Para o desenvolvimento deste trabalho, foram realizados os seguintes procedimentos: levantamento bibliográfico, coleta e tabulação dos dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME de dois postos inseridos na área de estudo (Posto Crato e Lameiro), e aplicou-se a Metodologia dos Máximos de Precipitação, a qual considerou eventos acima de 50 mm em 24 horas. Realizou-se, também, a análise de reportagens de jornais, de modo a identificar os impactos das chuvas extremas. A cidade do Crato, no período de 1974 a 2020, registrou a ocorrência de 370 eventos extremos de chuva acima de 50 mm, dos quais 216 aconteceram no Posto Crato e 154 no Posto Lameiro. As repercussões dos eventos ocorrem especificamente nas áreas de planície dos rios, devido à ocupação irregular dessas áreas associada à falta de infraestrutura urbana. A ocupação irregular da cidade faz com que essas chuvas, somadas à falta de organização espacial, causem inúmeros problemas socioambientais, por atingir diretamente a população pobre, que é mais vulnerável por ocuparem áreas de risco.

Palavras-chave: Máximos de precipitação; Clima urbano; Cariri Cearense

ABSTRACT

In recent years, extreme rainfall events and their impacts have been causing significant changes in large and medium-sized Brazilian cities. /Ceará. For the development of this work, the following procedures were carried out: bibliographic survey, collection and tabulation of data from the Cearense Foundation of Meteorology and Water Resources - FUNCEME of two stations inserted in the study area (Posto Crato and Lameiro), and applied to Methodology of Maximum Precipitation, which considered events above 50 mm in 24 hours. An analysis of newspaper reports was also carried out, in order to identify

the impacts of extreme rainfall. The city of Crato, from 1974 to 2020, recorded the occurrence of 370 extreme rainfall events above 50 mm, of which 216 happened at Posto Crato and 154 at Posto Lameiro. The repercussions of the events occur specifically in the river plain areas, due to the irregular occupation of these areas associated with the lack of urban infrastructure. The irregular occupation of the city means that these rains, added to the lack of spatial organization, cause numerous socio-environmental problems, as they directly affect the poor population, who are more vulnerable because they occupy risk areas.

Keywords: Maximum precipitation; Urban climate; Cariri Cearense

1 INTRODUÇÃO

As cidades inseridas no semiárido do Nordeste brasileiro, apesar de apresentarem alta variabilidade da precipitação anual e sazonal, intercalada com períodos de anos secos ou chuvosos, apresentam também eventos extremos de chuva, o que, somados ao espaço urbano desigual destas cidades, causam transtornos para a população.

Essas chuvas, quando ocorrem em um curto intervalo de tempo e com grandes volumes, acabam por gerar uma série de problemáticas, como alagamentos, inundações, enchentes e deslizamentos de terra. Assim, as populações, especialmente as que moram em áreas de risco geológico, hidrológico e geomorfológico, ficam totalmente expostas aos desastres, que ocasionam perdas humanas e materiais.

Nas cidades, o tratamento fatalista é empregado a esses eventos, pois esses espaços, de maneira geral, não apresentam infraestrutura adequada para conviver com volumes pluviométricos de alta intensidade (WANDERLEY, *et al.* 2018). Apesar da existência de planos diretores para regular o uso do espaço urbano, ou até mesmo a legislação ambiental, muitas vezes os interesses econômicos se sobressaem aos interesses ambiental e social, e áreas que deveriam ser preservadas, a fim de serem evitadas inundações e erosões e favorecerem condições microclimáticas, são ocupadas irregularmente.

As chuvas extremas podem ser caracterizadas em função da matemática-estatística, em que o total da precipitação ocorrida é superior ao que se tem definido como médio (ARMOND; SANT'ANNA-NETO, 2017). Os autores consideram uma diferenciação em relação ao termo 'episódio extremo', usado para caracterizar as

chuvas que causam impactos e repercutem no espaço urbano (ARMOND; SANT'ANNA-NETO, 2017).

Esses fenômenos são descontínuos, cuja variação no tempo admite padrões normais de distribuição anual, bem como desvios extremos que levam à escassez e ao excesso. O autor também destaca que esse assunto exige maiores considerações no que diz respeito tanto à gênese do fenômeno como ao seu impacto urbano (MONTEIRO, 1976; MENDONÇA, 2015).

Considerando que as mudanças climáticas tendem a aumentarem a taxa de ocorrência de eventos extremos de precipitação (ZHOU, *et al.* 2017, pág. 01), compreendê-los (compreendê-las) se faz necessário para que o poder público, bem como a população exposta a essa situação, possam entender os riscos e visualizar estratégias que minimizem os impactos gerados. Nesse sentido, a previsão e a prevenção de desastres naturais perpassa pelo estudo dos eventos extremos de chuva, entretanto, para cada região, é importante definir qual metodologia será mais viável para a definição do evento extremo (SANTOS; GALVANI, 2019).

A sociedade, por ser ainda bastante vulnerável aos fenômenos naturais e diante dos cenários de mudanças climáticas, com o aumento dos eventos extremos, mesmo com o avanço da tecnologia, será responsável por acentuar parte dos problemas sociais, econômicos e ambientais e diferentes escalas (PAZ *et al.* 2019).

A cidade do Crato/CE, inserida na região semiárida do Nordeste brasileiro – NEB, tem condições climáticas mais favoráveis do que o seu entorno, por estar situada a barlavento da Chapada Nacional do Araripe, o que acaba influenciando no volume pluviométrico que cai sobre a área supracitada. Na cidade, há um histórico de inúmeros eventos extremos de chuva, com significativos volumes em pouco tempo, o que, somados à ocupação de áreas irregulares e à impermeabilização do solo, deflagraram muitos desastres socioambientais.

No entanto, não se tem clareza quanto a quais categorias de eventos relacionados a sua ocorrência e volume mais acontecem na área de estudo, as que mais deflagram impactos, qual sistema atmosférico atua mais na ocorrência dessas chuvas e se existe

uma classificação para diferenciar as intensidades desses eventos. Partindo dessa explanação, este artigo tem por objetivo identificar os eventos extremos de chuva a partir da Metodologia dos Máximos de Precipitação, entendendo como se dão a sua distribuição e sua frequência, as repercussões na cidade relacionadas às enchentes, inundações e alagamentos e quais sistemas atmosféricos contribuem para a sua ocorrência.

Além disso, não há uma definição estabelecendo um limiar de classificação dos eventos pluviométricos extremos, pois a intensidade e o impacto desses fenômenos variam dependendo da localidade em que eles ocorrem, verificando-se na literatura que diferentes parâmetros são adotados, tais como 30 mm, 40 mm ou 50 mm em um intervalo de 24 horas. Portanto, é evidente uma variedade de limiares já utilizados em estudos de diferentes lugares e regiões do Brasil a partir de metodologias diversificadas.

Para além dos fatores quantitativos, as pesquisas também abordam um caráter qualitativo para a definição de eventos extremos, considerando as características locais, como sítio urbano e impactos sociais e/ou ambientais, analisados conjuntamente (TAVARES; FERREIRA, 2020). Portanto, a pesquisa também visa estabelecer um limiar para confrontar com a realidade da cidade.

2 METODOLOGIA

Os procedimentos efetuados para o desenvolvimento da pesquisa envolveram o levantamento bibliográfico sobre o tema e as áreas de estudo citadas ao longo do artigo, a produção de mapas, a coleta e a tabulação dos dados pluviométricos, a aplicação da Metodologia dos Máximos de Precipitação e a escolha dos episódios extremos de chuva para discussão.

2.1 Considerações acerca do Sistema Clima Urbano (S.C.U) e o Enfoque Hidrometeorológico

A pesquisa tem apoio teórico-metodológico no Sistema Clima Urbano (S.C.U) proposto por Monteiro (1976). O autor busca abordar o clima da cidade em

uma perspectiva associada e integrada, trazendo uma nova visão aos estudos da climatologia geográfica brasileira. Na teoria Clima Urbano, há uma preocupação com o emprego holístico, que, segundo seu formulador, reveste-se de uma associação de ideias fundamentais, como ordem de grandeza, grau de organização e categoria hierárquica (ZANELLA E MOURA, 2012, p.41).

A Teoria Geral dos Sistemas (T.G.S.), de Ludwig Von Bertalanffy, serviu de encaminhamento teórico à teoria clima urbano, por uma preferência pragmática, imaginando-o capaz de revelar a essência de um fenômeno de complexidade (MOURA, 2008, p. 32). Para Amorim (2013, p. 69), a partir da proposta teórica, os estudos da climatologia urbana no Brasil cresceram consideravelmente, incorporando um enfoque mais geográfico às análises. Surgiu primeiro no campo teórico, e somente no final da década de 70 e início dos anos 80 com aplicações mais sistematizadas (ZANELLA E MOURA, 2012, p. 41).

O S.C.U é dividido em três subsistemas: termodinâmico, físico-químico e hidrometeorológico, os quais estão relacionados com os canais de percepção humana, que são o conforto térmico, a qualidade do ar e os impactos meteorológicos. A presente pesquisa tem como enfoque o subsistema hidrometeorológico, integrando “as formas meteorológicas, hídricas (chuvas, neves e nevoeiros), mecânicas (tornados) e elétricas (tempestades), que têm a possibilidade de, eventualmente, se manifestarem com grande intensidade” ocasionando impactos urbanos, os quais desorganizam a circulação e os serviços urbanos (LIMA et al. 2012, p. 630).

Monteiro (1976) afirma que esses fenômenos “avultam como aqueles de maior importância, especialmente as formas de precipitação pluvial”, como também a ideia de impacto pressupõe ataque à integridade da cidade, perturbando as formas de circulação e comunicação internas e de ligação externa, sendo eventos ligados ao ritmo de sucessão dos estados atmosféricos que refletem variações extremas do ritmo e desvios dos padrões habituais.

2.2 Produção de Mapas Temáticos

As bases cartográficas no formato *shapefile* (shp) foram adquiridas a partir do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2019). A elaboração dos mapas foi realizada por meio do *software* QGIS 3.4. O mapa de localização foi elaborado a partir de imagens do *Google Earth* e Shp da área de estudo.

O mapa de declividade foi confeccionado a partir da utilização de imagens de satélite da área de pesquisa disponibilizadas por meio do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil – TOPODATA, do Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. As classes de declividade adotadas seguiram as proposições da Embrapa (1999), que estabeleceu 6 classes que podem variar desde um relevo plano, com declividades de 0 a 3%, até um com declividades superiores a 75%, caracterizando um relevo escarpado.

2.3 Origem e Tratamento dos Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos utilizados nesta pesquisa foram adquiridos a partir do banco de dados da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. Para a análise, empregaram-se os dados dos postos pluviométricos do Crato, compreendendo a série histórica de 1972 a abril de 2020, e do posto Lameiro/Crato, em que se utilizaram dados de 1994 a abril de 2020.

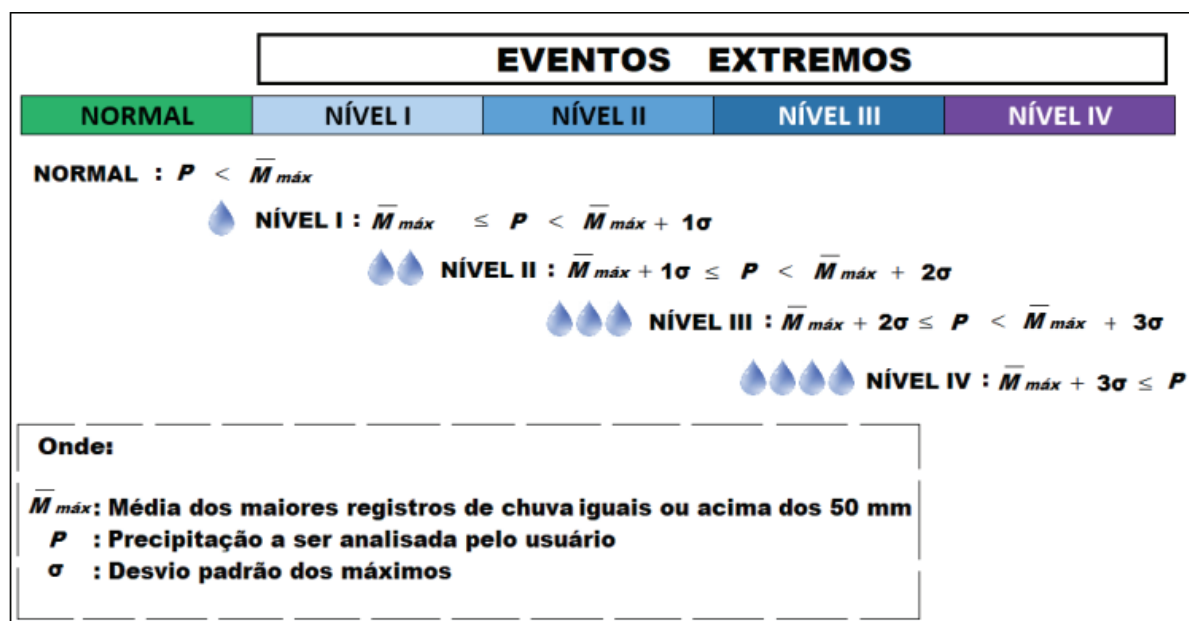
2.3.1 Critérios para a seleção de eventos extremos de chuva: Metodologia dos Máximos de Precipitação

Neste trabalho, optou-se em considerar a Metodologia dos Máximos de Precipitação, como destaca Monteiro (2016), que teve como suporte teórico os trabalhos de Frich *et al.* (2002), Gao *et al.* (2006) e Silva (2012). A metodologia busca o tratamento dos eventos extremos de precipitação em classes de intensidade de acordo com eventos que realmente podem ser considerados de grande magnitude (MONTEIRO; ZANELLA, 2017).

Após a aquisição dos dados de precipitação dos postos, realizaram-se a tabulação e a interpretação desses dados utilizando a Metodologia dos Máximos

de Precipitação. Na realização do cálculo estatístico, foram utilizados os seguintes procedimentos: 1 - Seleção dos valores acumulados de chuva em 24h (diário) que sejam iguais ou superiores a 50 mm (a definição desse limiar está embasada por Monteiro e Zanella (2017), assim como trabalhos e relatos no Laboratório de Análise Geoambiental); 2 - Após a definição, foram calculados a média e o desvio padrão dos valores de cada posto. O resultado foi aplicado posteriormente nas fórmulas (figura 1), o que possibilitou a definição dos níveis de intensidade dos eventos extremos.

Figura 1 – Fórmulas e níveis de intensidade para determinar os eventos extremos de chuva



Fonte: MONTEIRO; ZANELLA, 2019.

A partir da figura 1, pode-se perceber que a primeira faixa representa a normalidade, onde se encontram valores em torno de 50 mm ou mais, enquanto as demais faixas representam outros níveis de intensidade (MONTEIRO; ZANELLA, 2017).

O nível I representa acúmulos de chuva em que a média dos máximos valores é menor ou igual à precipitação avaliada e, ao mesmo tempo, menor que a média dos máximos ($\bar{M}_{\text{máx}}$) mais uma vez o desvio padrão (σ) dos máximos valores. O nível II é representado por aqueles valores maiores ou iguais à média dos máximos mais uma vez o desvio padrão dos máximos e, ao mesmo tempo, menor que a média dos máximos mais duas vezes o desvio padrão dos máximos. No nível III, consideram-se os eventos de precipitação maiores ou iguais à média dos máximos mais duas vezes o desvio padrão dos máximos e menor que a

média dos máximos mais três vezes o desvio padrão dos máximos. Por fim, o nível IV representa aqueles valores que são superiores ou igual à média dos máximos mais três vezes o desvio padrão dos máximos (MONTEIRO 2016, P. 71-72).

2.3.2 Identificação dos sistemas atmosféricos atuantes na área de estudo

Após a aplicação dos dados na referida metodologia, foram selecionadas imagens de satélites (GOES-16 e METEOSAT) disponíveis no *site* do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC, do INPE, com objetivo de identificar os principais sistemas atmosféricos que atuam e possuem influência na área de pesquisa, bem como sua relação com a ocorrência de chuvas extremas.

2.3.3 Impactos relacionados aos eventos extremos

Os impactos associados às chuvas extremas foram analisados principalmente a partir de notícias de jornais local, estadual, regional e *blogs*, a exemplo os jornais O Povo, Diário do Nordeste, Blog do Crato, G1 e CETV.

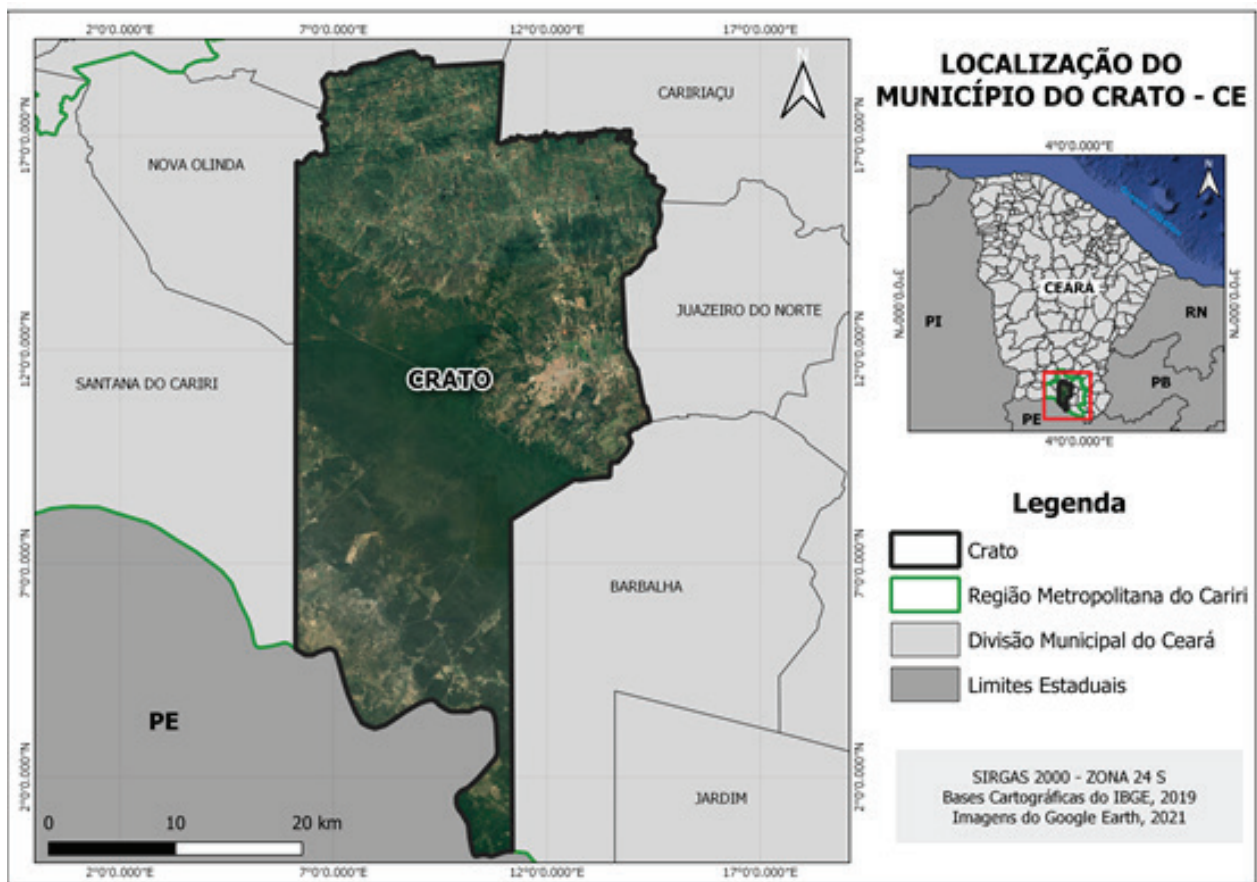
3 CARACTERÍSTICAS SOCIOAMBIENTAIS DA CIDADE DO CRATO

Localizado ao sul do Estado do Ceará, o município de Crato está a cerca de 500 km da capital Fortaleza, sendo um dos 9 municípios que compõem a Região Metropolitana do Cariri – RMC (figura 2). No que concerne a Crato, a última projeção do IBGE para o ano de 2020 contabilizou uma população de 132.123 habitantes, com o aumento de 10.695 pessoas se comparado ao último censo, em 2010, o qual registrou 121.428 habitantes.

O município está inserido no bioma Caatinga, no semiárido brasileiro, mas, como ressalta a Funceme (2006), as suas características, assim como as da região do Cariri cearense, estão associadas, principalmente, às questões edafoclimáticas e morfológicas. Desse modo, nota-se, no platô da Chapada, a presença do Cerrado/Cerradão, com Mata Úmida na encosta da Chapada, associada, sobretudo, à linha

de fontes de água. Possui fisionomia em que predomina o estrato arbóreo, com alturas superiores a 15 metros, formando uma cobertura vegetal bastante densa, cujo desenvolvimento está associado a cotas altimétricas de 700 metros (FUNCEME, 2006). A Mata Seca ocorre em cotas altimétricas entre 500 e 600 metros, tendo fisionomia arbóreo-arbustiva, além da Mata Ciliar bordejando a calha dos rios.

Figura 2 – Localização da área de estudo

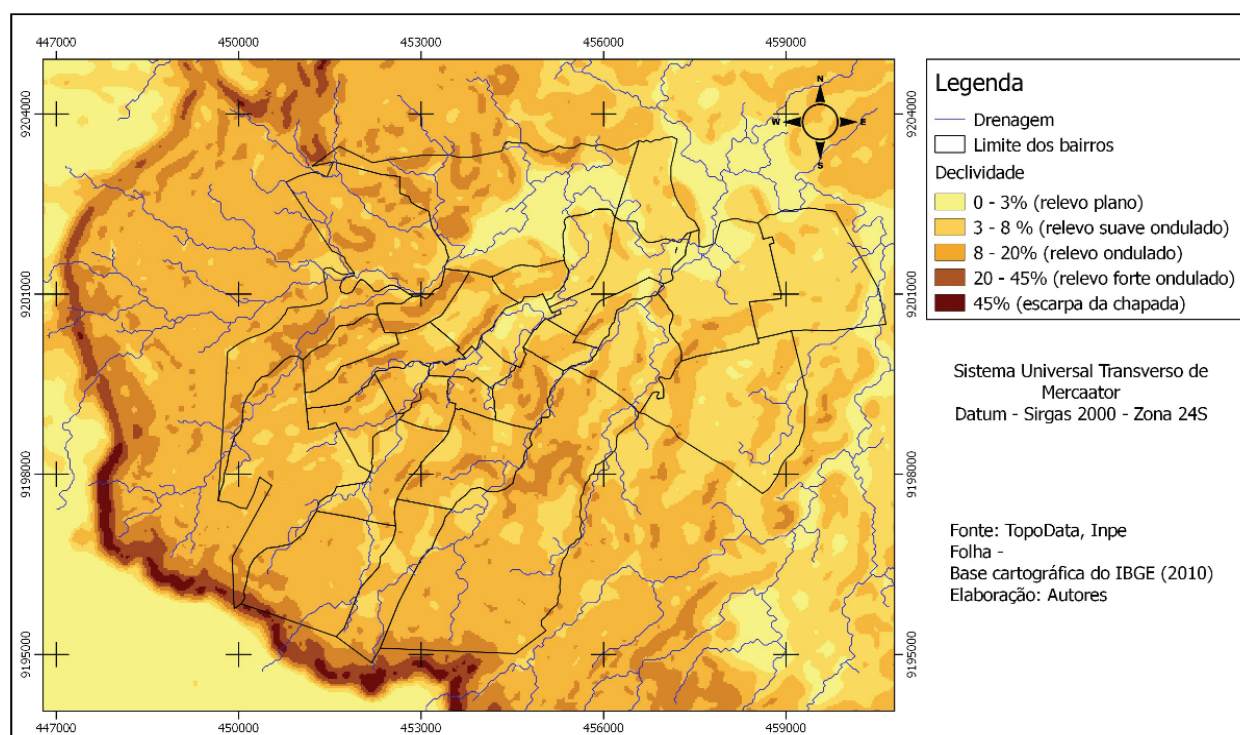


Fonte: Imagens do Google Earth. Organizado pelos autores

A cidade do Crato encontra-se inserida na Bacia Sedimentar do Araripe, tendo como principal forma de relevo a Chapada do Araripe. Segundo Ribeiro (2014), uma feição geomorfológica alongada na direção E-W, de topo plano mergulhante suavemente para oeste e limitada por escarpas erosivas e íngremes. Com relação à morfologia, a cidade do Crato apresenta formas diversas, como a encosta da Chapada do Araripe, as planícies fluviais dos rios Granjeiro e Batateiras e a depressão periférica.

O município possui cotas altimétricas que variam de 373 a 963 metros, apresentando também, em boa parte do seu território, declividades que variam de plano a ondulado e algumas áreas escarpadas. A parte mais urbanizada da cidade situa-se nas áreas com altitudes menores e declividade com relevo de plano à suave ondulado (figura 3).

Figura 3 – Declividade da área da zona urbana do município do Crato/CE



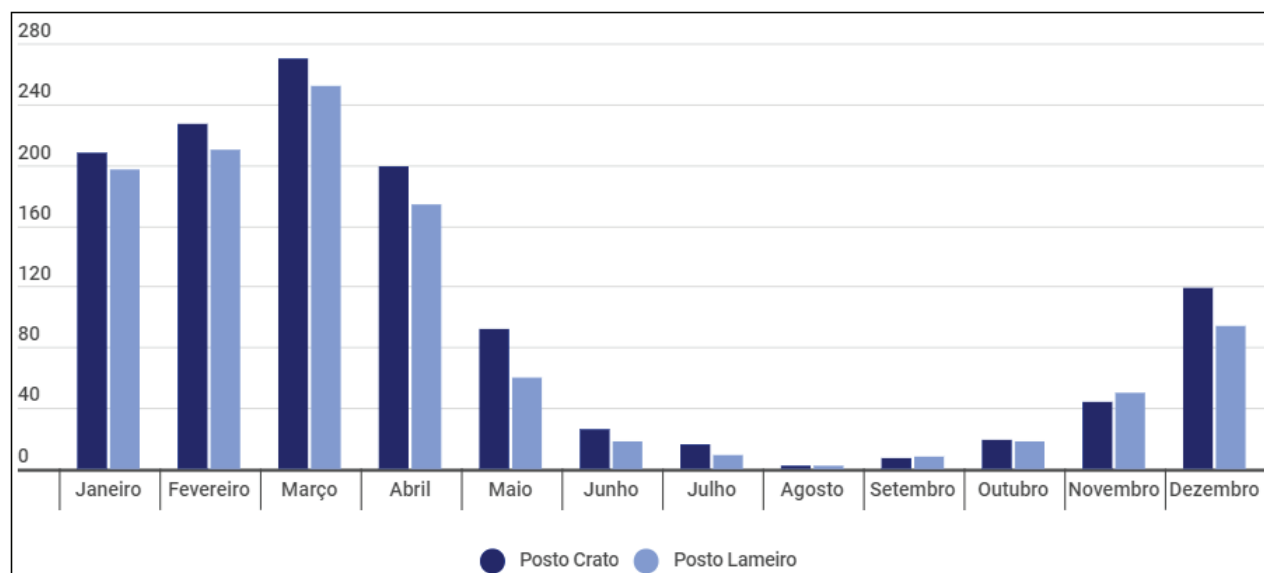
Fonte: TOPODATA/INPE. Organizado pelos autores

No topo da chapada, devido aos arenitos da Formação Exu serem porosos, a água infiltra com maior facilidade, não favorecendo o seu acúmulo na superfície. Diferente do que ocorre nas planícies fluviais, que são bem expressivas na parte norte da cidade e demonstram grande susceptibilidade para o acúmulo das águas, além da infraestrutura da cidade, que, com o tempo, foi aterrando rios e riachos, promovendo a impermeabilização do solo.

Em relação às condições climáticas, o município possui média pluviométrica de 1094 mm no posto do Crato. Já no posto Lameiro, a média é de 1229 mm, um pouco maior devido ao efeito da localização em altitude superior ao outro posto. As chuvas,

no município, concentram-se no primeiro semestre do ano (janeiro a maio), como pode-se observar no gráfico 1.

Gráfico 1 – Média pluviométrica mensal de cada posto



Fonte: FUNCEME, 2020. Organizado pelos autores

Em dezembro, iniciam-se as chuvas no município. O mês de março é considerado o mais chuvoso para ambos os postos. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema atmosférico que contribui para as precipitações. Além da ZCIT, tem-se também a atuação do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), especialmente nos meses de janeiro e fevereiro (SILVA, 2017).

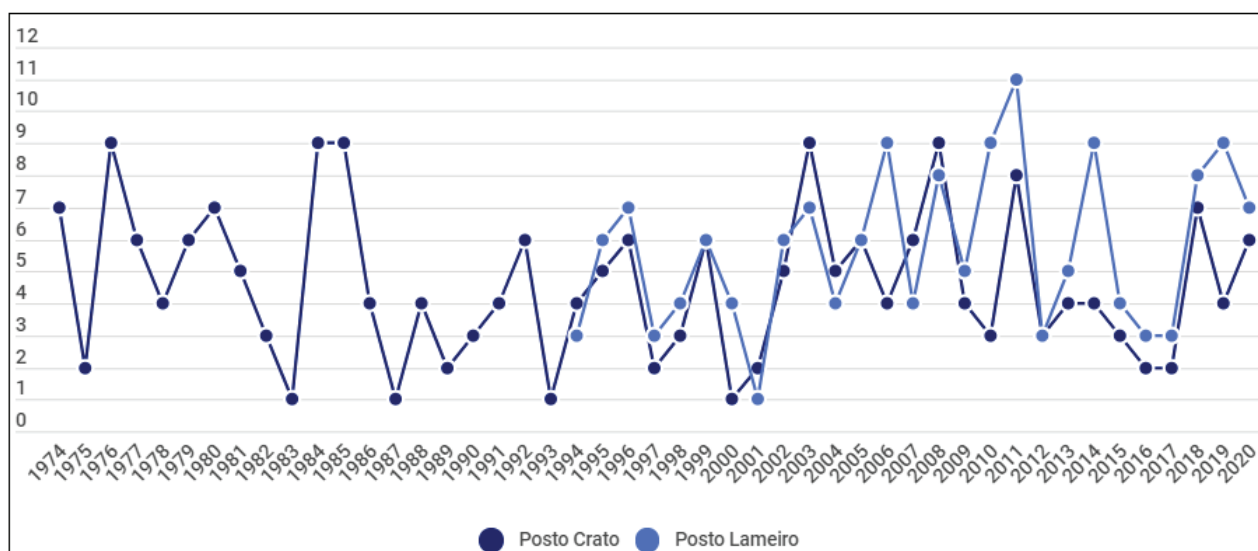
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Quantificação e Frequência dos Eventos Pluviométricos Extremos na Cidade do Crato/CE

A cidade do Crato, no período de 1974 a abril de 2020, registrou a ocorrência de 370 eventos extremos de chuva acima de 50 mm, dos quais 216 aconteceram no posto Crato e 154 no posto Lameiro, como ilustra o gráfico 2. O posto Lameiro possui uma série histórica inferior à do Crato, uma vez que o monitoramento e o registro de eventos extremos de chuva só começaram a ser feitos, nesse posto, a partir de 1994,

daí a quantidade de eventos ser menor. Entretanto, mesmo com menos ocorrências, é o posto que possui maior média pluviométrica.

Gráfico 2 – Ocorrência de eventos extremos por ano

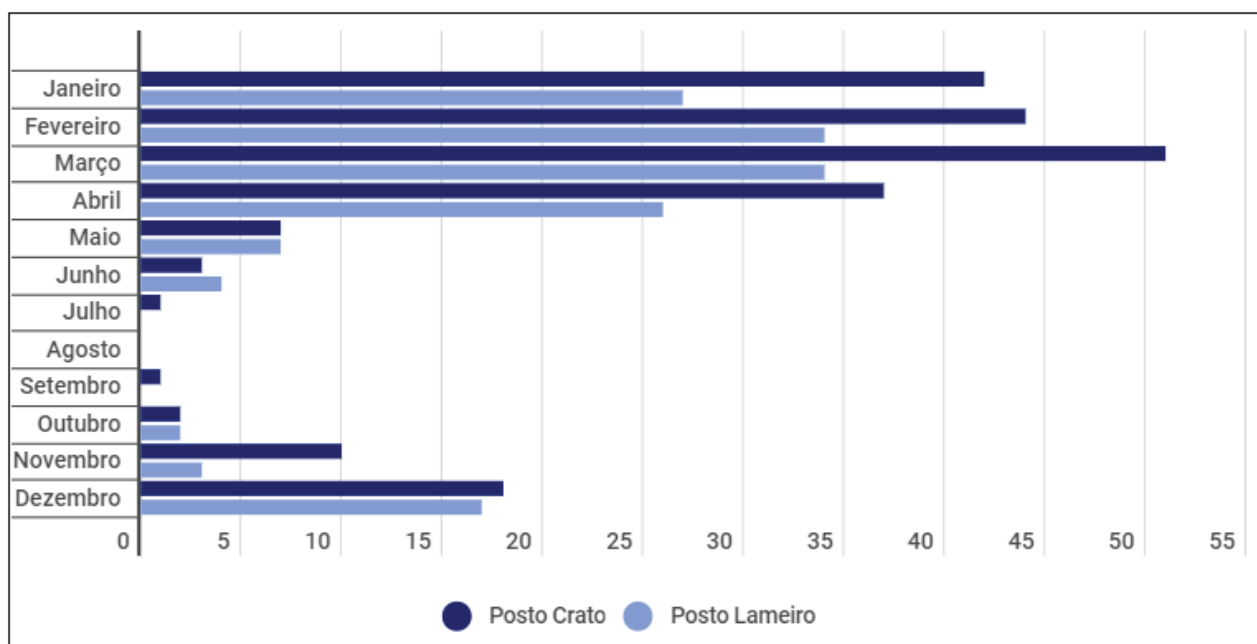


Fonte: FUNCEME, 2020. Organizado pelos autores

A partir do gráfico, é possível perceber que a quantidade de eventos varia de ano para ano. Os maiores registros de eventos extremos estão associados principalmente a anos considerados muito chuvosos, como os anos de 1985 e 2011. Em 1985, o posto Crato registrou precipitação de 1700 mm, com a ocorrência de 10 eventos; assim como em 2011, quando o posto Lameiro registrou 1588,5 mm no ano, com a ocorrência de 11 eventos. Percebe-se também que os anos de 1983, 1987, 1993, 2000 (posto Crato) e 2001 (posto Lameiro) foram os anos em que houve apenas um evento extremo durante todo ano.

A partir da classificação do padrão pluviométrico anual realizado por Silva (2017), constata-se que os anos de 1983 e 1987 foram considerados 'Seco'; 1993, 'Muito Seco'; e 2000 e 2001, 'Habitual'. Portanto, um número maior de eventos extremos na área tende a se repetir mais em anos 'Chuvosos' ou 'Muito Chuvosos'.

Assim como foi realizada a análise da frequência por ano, verificou-se também por mês, como destaca o gráfico 3. É possível identificar os meses com maior ocorrência desses eventos e suas relações com a quadra chuvosa do município.

Gráfico 3 – Frequência mensal dos eventos extremos de chuva

Fonte: FUNCEME, 2020. Organizado pelos autores

No posto Crato, percebe-se que o mês de março se destaca na ocorrência dos eventos extremos, registrando 51 deles durante a série histórica, seguido dos meses de fevereiro (com 44 eventos), janeiro (com 42 eventos) e abril (com 37 eventos). No posto Lameiro, os maiores registros estão concentrados nos meses de fevereiro e março, totalizando 34 episódios em ambos, acompanhados dos meses de janeiro (com 27 eventos) e abril (com 26 eventos). Esses meses estão relacionados à quadra chuvosa do município, fato que explica a grande quantidade de ocorrências.

Observa-se, ainda, a queda nos acontecimentos a partir do mês de maio, conforme se aproxima o fim da quadra chuvosa. Os meses de julho, agosto e setembro têm uma escassez na ocorrência de eventos, tendo a volta de registros significativos na área de estudo nos meses de novembro e dezembro (sendo este último mês indicativo do início da pré-estação chuvosa no município).

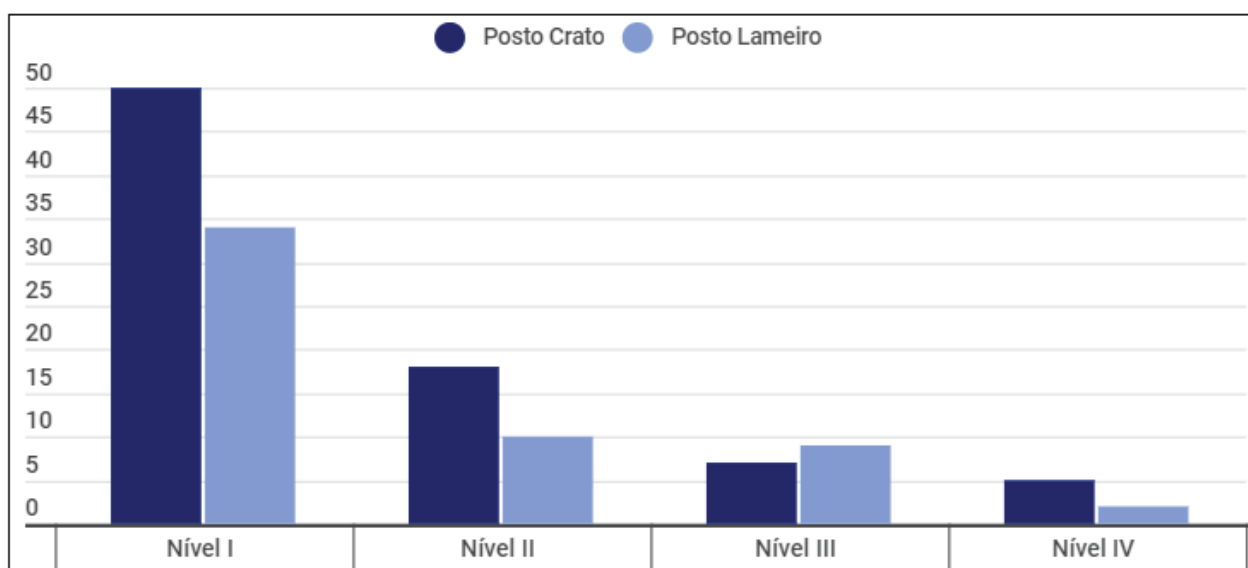
Com a aplicação dos dados pluviométricos da FUNCEME na Metodologia dos Máximos de Precipitação, foi possível adquirir os valores de referência (Quadro 1) para a classificação das chuvas extremas para cada nível de intensidade e para cada posto analisado.

Quadro 1 – Valores de referência para cada nível de intensidade

POSTO	NÍVEL I	NÍVEL II	NÍVEL III	NÍVEL IV
CRATO	72 mm	94 mm	116,1 mm	138,1 mm
LAMEIRO	72,2 mm	95,1 mm	118 mm	140,9 mm

Fonte: Organizado pelos autores

Para análise, seguindo a metodologia, os valores no nível “Normal” foram descartados, considerando apenas os “Máximos de Precipitação” que compõem os quatro níveis de intensidade, os quais têm uma variação de intensidade “pequena” a intensidade “muito grande”, conforme Monteiro (2016). A partir do gráfico 4, visualiza-se sua ocorrência em cada posto pluviométrico.

Gráfico 4 – Ocorrência dos eventos por nível de intensidade

Fonte: Organizado pelos autores

Nota-se que os eventos de nível I (intensidade pequena) são os de maior ocorrência nos dois postos analisados, sendo registrados 50 eventos no posto Crato e 34 no posto Lameiro. Se comparado com o nível I, os demais eventos têm quantidade inferior, pois apresentam um declínio significativo na sua ocorrência.

Os eventos de nível II (intensidade média) têm maior ocorrência no posto Crato, totalizando 18 eventos; já no posto Lameiro foram registrados 10 eventos. O posto

Lameiro se sobressai ao posto Crato no que diz respeito à ocorrência de eventos de nível III (intensidade grande), tendo o registro de 9 eventos, enquanto no posto Crato foram contabilizados 7 eventos. Os eventos de nível IV (intensidade muito grande) tiveram maior ocorrência no posto Crato, totalizando 5 eventos, e no posto Lameiro 2 eventos.

Após a ordenação dos dados para cada nível de intensidade e a observação da sua ocorrência, selecionaram-se episódios representativos de cada nível para realizar uma análise das repercussões na cidade do Crato.

4.2 Episódios Extremos de Chuvas: Uma Análise Socioespacial

Este subtópico apresenta a análise de eventos significativos considerando os níveis II, III e IV de intensidade, na qual foi realizada a identificação dos impactos na zona urbana do município e qual sistema atmosférico atuava na ocorrência do evento.

Dos eventos analisados, é possível destacar que a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é o principal sistema causador de chuvas extremas no município, principalmente se associado com o VCAN.

As áreas onde há uma maior ocorrência dos impactos são as que possuem menor declividade, com deficiência de infraestrutura e ainda locais que correspondem à planície de rios ou, em muitos casos, onde os mesmos foram aterrados para ocupações.

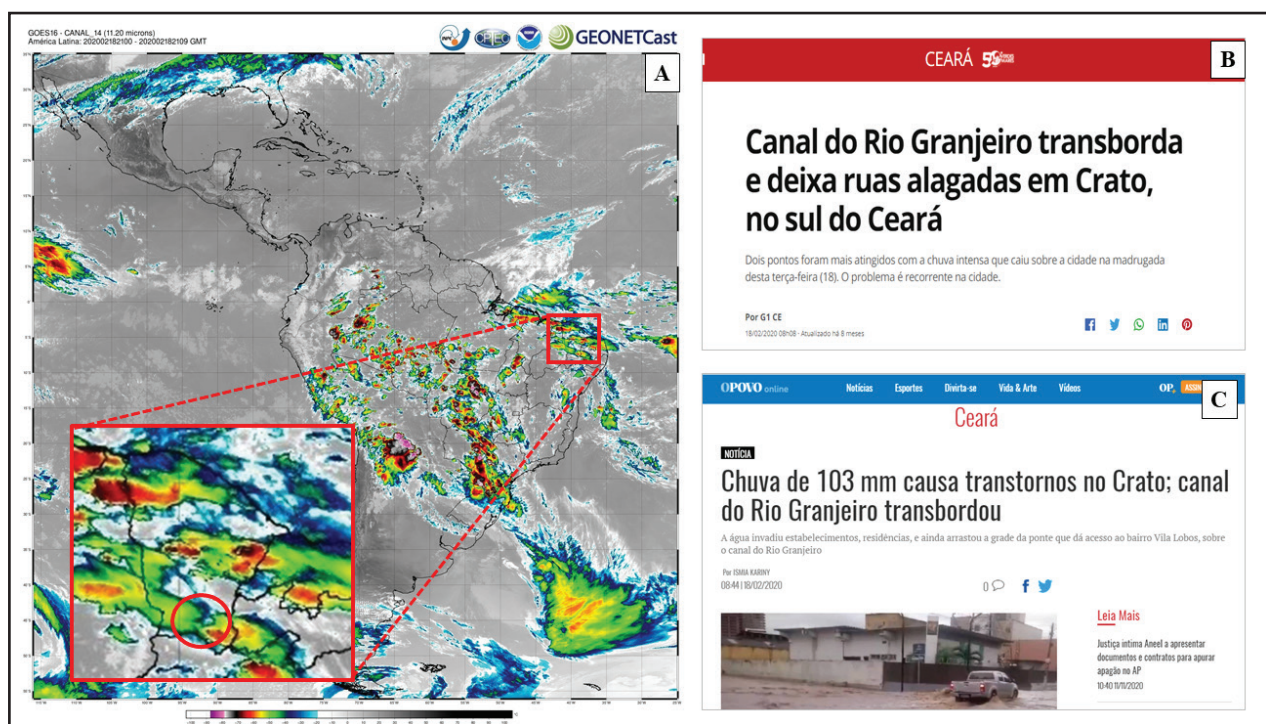
Salienta-se o funcionamento do registro de precipitação pela FUNCEME, em que os eventos de chuvas extremas têm, em média, três a quatro horas de duração, registrado pelo órgão em 24 horas, considerando as sete horas da manhã do dia corrente até o mesmo horário do dia posterior. Por esse motivo, alguns eventos não são contabilizados no mesmo dia da sua ocorrência.

4.2.1 Episódio de Nível II: 18/02/2020

No dia 18 de fevereiro de 2020, a FUNCEME contabilizou a precipitação ocorrida durante a madrugada na cidade do Crato, registrando o total de 103 mm no posto

Crato e 85 mm no posto Lameiro. Na figura 4 (imagem A), é possível observar a forte atuação da ZCIT sobre o estado do Ceará.

Figura 4 – Sistema atmosférico e repercussão do episódio do dia 18/02/20



Fonte: CPTEC/INPE, G1 e O Povo. Organizado pelos autores.

Neste dia, por volta das 02:00 da manhã, um alerta foi emitido no equipamento que monitora a vazão do canal do Rio Granjeiro localizado na ponte que liga os bairros Pimenta e Seminário, especificamente na rua Nossa Senhora de Fátima. A prefeitura acionou órgãos como a Defesa Civil, a Guarda Civil e as Secretarias de Infraestrutura e Meio Ambiente visando minimizar uma catástrofe no município, de acordo com relatos da reportagem do G1.

Os principais impactos desse episódio se concentraram principalmente na rua Tristão Gonçalves, conhecida popularmente como "rua da vala" (Figura 5 - imagens A e B) e na Avenida José Alves de Figueiredo, nas proximidades do mercado municipal Walter Peixoto, por estarem localizadas às margens do canal do rio Granjeiro. O coordenador do mercado relatou prejuízos para alguns dos feirantes, que perderam quantidade significativa de mercadoria devido à inundação dos boxes.

Figura 5 – Alagamento na rua Tristão Gonçalves

Fonte: G1 e *O Povo*

O jornal *O Povo* destaca ainda que a chuva foi seguida de relâmpagos, trovões e ventos. O asfalto em frente à agência dos Correios, localizada na “rua da vala”, chegou a ceder. Pela velocidade da água, o rio Saco-Lobo transbordou, inviabilizando a realização da travessia pela ponte que fica sobre ele, principal forma de acesso ao bairro Vila Lobo.

No centro, além dos estragos já mencionados, as ruas Nelson Alencar e Rodolfo Teófilo ficaram alagadas, com casas invadidas pela água, um carro submerso e grande acúmulo de lama. Ao iniciar a estação chuvosa, ampliam-se os impactos meteóricos, a população convive constantemente com riscos de inundações e o principal dano é a invasão de casas, barracões e ruas pelas águas das chuvas (OLIMPIO; CÂMARA; ZANELLA, 2012).

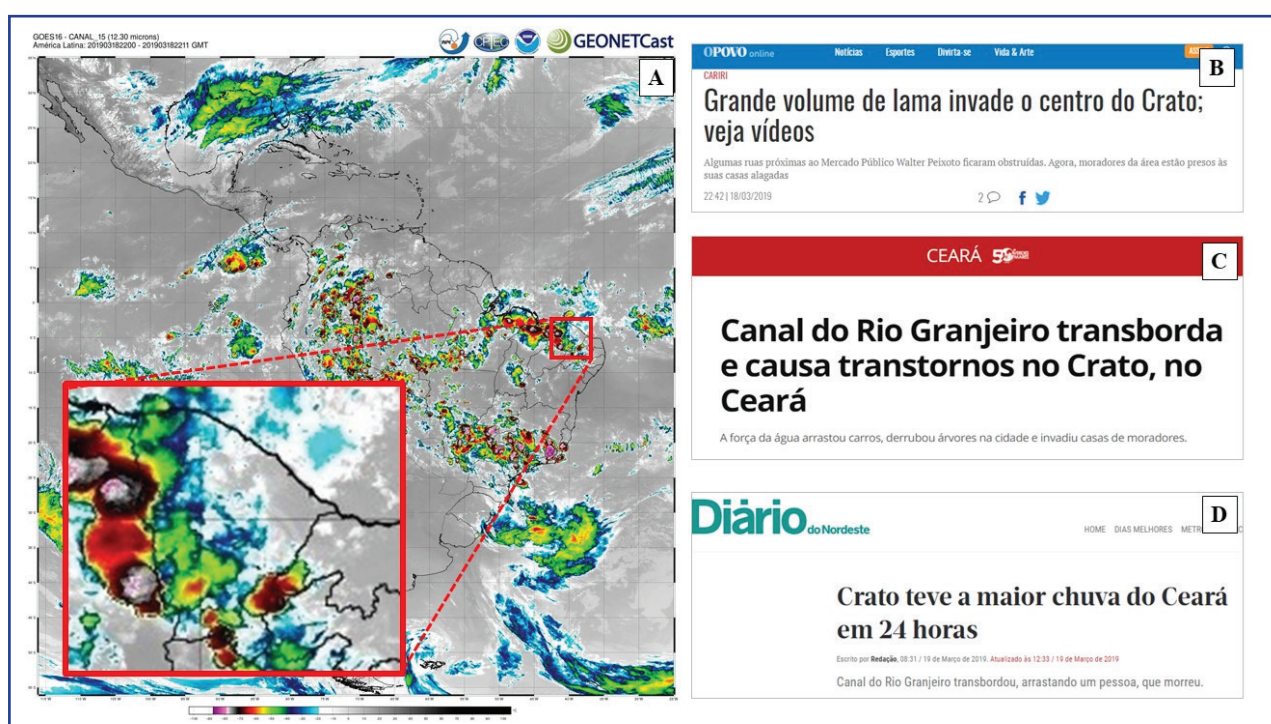
4.2.2 Episódio de Nível III: 19/03/2019

O episódio ocorreu no dia 18 de março de 2019, entretanto, só foi contabilizado pela FUNCEME na manhã do dia 19 de março. A chuva concentrou-se no posto Lameiro, totalizando 120 mm. O posto Crato registrou apenas 27 mm e os demais postos das cidades limítrofes do município, como Juazeiro do Norte e Barbalha, não contabilizaram nenhum registro de precipitação nesse dia.

A chuva teve início por volta das 17h30 do dia 18 de março, com duração de

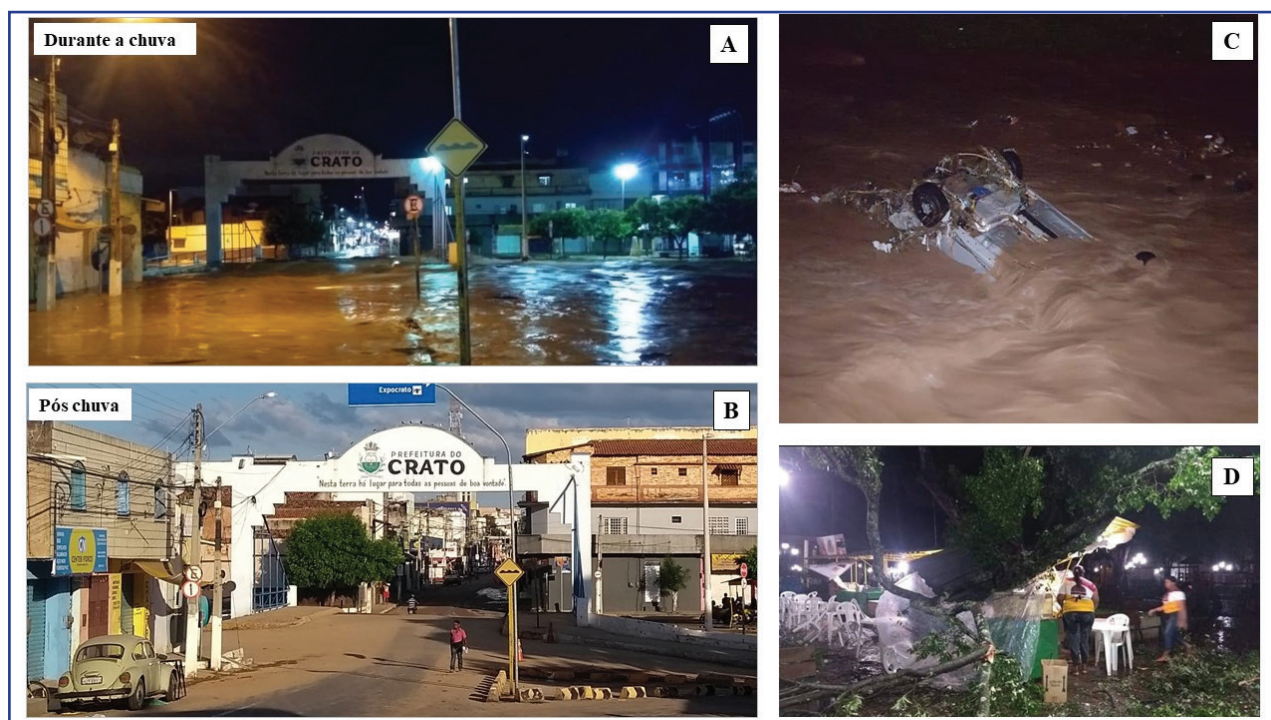
duas horas e meia, e desencadeou inúmeros impactos na cidade devido à grande ventania que a acompanhou. De acordo com a Figura 6, observa-se que a ZCIT já estava com grande atuação no estado. As maiores repercussões dessa chuva ocorreram nas imediações do canal do rio Granjeiro, pois, como ela se concentrou nas nascentes, na área da encosta e topograficamente superior ao centro da cidade, toda a força da água desceu a encosta e se concentrou no canal.

Figura 6 – Atuação da ZCIT e consequências do episódio do dia 18/03/19



Fonte: CPTEC/INPE, O Povo, G1, Diário do Nordeste. Organizado pelos autores

Com apoio das reportagens, foi possível identificar os impactos socioambientais decorrentes da chuva, o que evidenciou uma cidade que não possui infraestrutura adequada para amenizar os efeitos das precipitações extremas. O cruzamento entre a Av. José Alves de Figueiredo (canal do rio Granjeiro) e a rua Coronel Luiz Teixeira, no bairro Centro, ficou totalmente inundado, como é possível observar a partir da imagem A da Figura 7.

Figura 7 – Diferentes impactos na cidade ocasionados pela chuva

Fonte: *Diário do Nordeste*, fotógrafo VC repórter e o acervo pessoal dos autores

Como destacada pela reportagem do *Diário do Nordeste*, “a força da água arrastou carros, e um ônibus chegou a cair em um buraco” (Figura 7 - imagem C). Devido à velocidade dos ventos, algumas árvores na Praça da Sé, no Centro da cidade, caíram e quebraram alguns dos quiosques que se localizam abaixo delas (imagem D), como também causou instabilidade na rede elétrica.

A reportagem do G1 menciona que “casas próximas ao canal foram invadidas pela água, destruindo móveis e objetos de moradores”, como também alguns barracos improvisados por moradores de rua, às margens do canal, desabaram e foram arrastados pela água. Vale mencionar ainda a ocorrência de um óbito na cascata do Rio Batateiras, onde, ao tentar travessia em uma passagem molhada a cavalo, um jovem acabou sendo arrastado pela força da água.

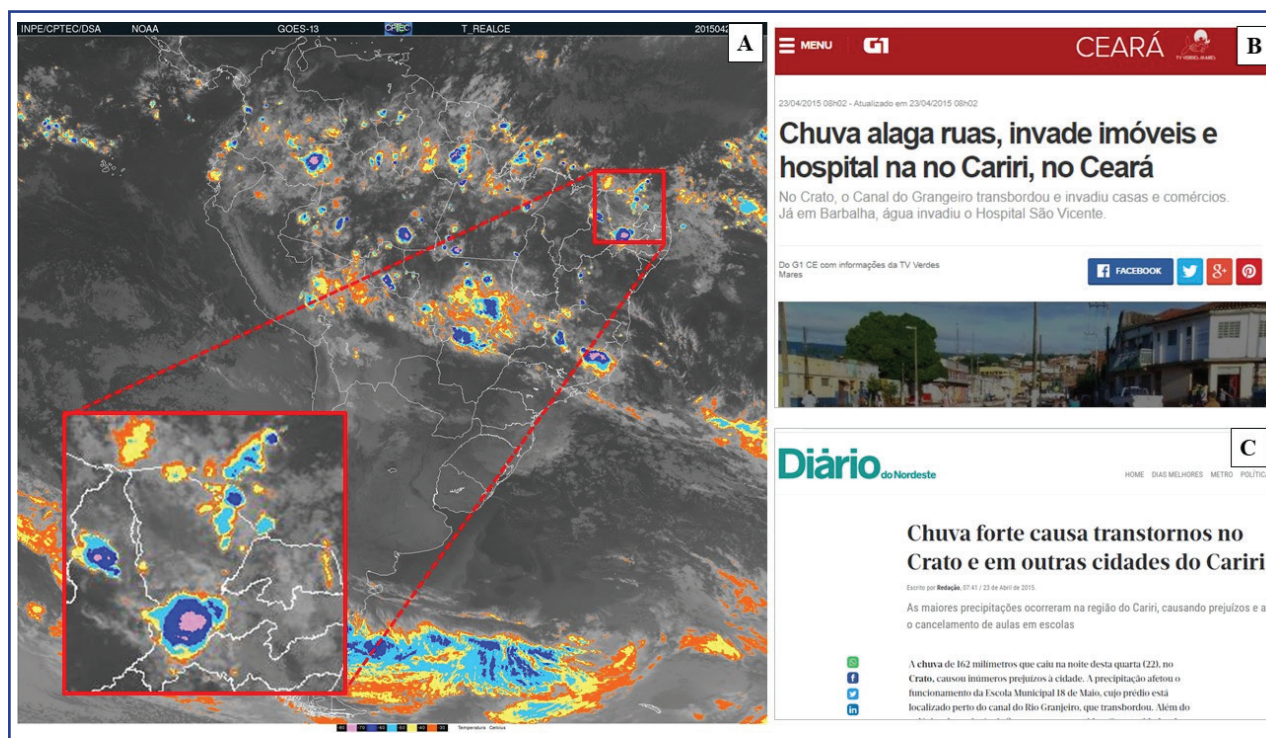
Após a ocorrência da chuva, as ruas localizadas às margens do canal do rio Granjeiro ficaram tomadas por lama (imagem B), e equipes de servidores foram designadas para atenuar os danos. Em entrevista, o prefeito da cidade propôs uma nova intervenção no canal do rio Granjeiro para “minimizar os efeitos das chuvas”.

4.2.3 Episódio de Nível IV: 23/04/2015

A chuva do dia 23 de abril de 2015 foi o último evento de nível IV registrado para a área de estudo, tendo iniciado na noite do dia 22 de abril, por volta das 21h30, e se estendido até a madrugada do dia 23. O posto Crato registrou 140 mm e o posto do Lameiro, 162 mm. Como bem mostra a Figura 8 (imagem A), a chuva foi ocasionada pela atuação da ZCIT.

A partir dos dados da FUNCEME, nota-se que, nesse dia, choveu em quase todos os municípios da região do Cariri, porém, a cidade do Crato se destacou tanto no volume de chuva acumulado em menos de 24 horas como nas repercussões causadas na cidade. O bairro Centro foi o mais afetado, como destacado na Figura 8 (imagens B e C).

Figura 8 – Impactos do episódio de nível IV e atuação de sistemas atmosféricos



Fonte: CPTEC/INPE, G1, *Diário do Nordeste*. Organizado pelos autores

Como relatado nas reportagens do *Diário do Nordeste* e do G1, o canal do rio Granjeiro transbordou, o que desencadeou a inundação e o alagamento de várias ruas e avenidas. A força da água destruiu parte da ponte que fica localizada na Av.

José Alves de Figueiredo, próximo ao mercado municipal Walter Peixoto, adentrando residências e prédios comerciais, o que ocasionou a destruição de móveis e a perda de mercadorias. Em entrevista ao G1, o cidadão Vando Barbosa afirma que “Foi horrível. A chuva foi tão forte que a ‘beirada’ do canal não dava para ver” - Figura 9 - imagem A - . “Havia muita correnteza. Aliás, há um esgoto que está aberto há vários dias e ninguém resolve”.

Figura 9 – Área no entorno do canal do rio Granjeiro com ocorrência de inundação e sem ocorrência



Fonte: *Blog do Gesso*, fotógrafo Luiz Wellington e acervo pessoal dos autores

Ao amanhecer, após a chuva, o trânsito ficou por algum tempo inviável devido, principalmente, ao acúmulo de lama e lixo nas ruas da cidade. O funcionamento das escolas 18 de Maio e Círculo Operário, ambas localizadas no entorno do canal, também foi afetado, assim como outros imóveis, que ficaram comprometidos pela ação da forte precipitação, como destaca a reportagem do *Diário do Nordeste*.

A partir dos eventos analisados, foi possível destacar a inundação e o alagamento como os principais danos desencadeados pela ocorrência de eventos extremos, sendo a ocupação de áreas irregulares no centro da cidade e a canalização do rio Granjeiro dois dos principais problemas socioambientais do município. O canal não suporta a grande quantidade de água que vem a uma velocidade alta, devido às nascentes localizadas em setores mais elevados. O alto grau de impermeabilização da cidade, a falta de um sistema de drenagem para acumular as águas das chuvas, o aterramento

dos cursos d'água, como o riacho da vala, tem ocasionado todos os anos os mesmos problemas.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise dos resultados, é possível observar que, no Crato, há uma ocorrência significativa de eventos extremos de chuva. A ocupação irregular das cidades, não só as que compõem a área de estudo, mas de todo o Brasil, devido à falta de organização espacial e de infraestrutura, ocasiona inúmeros problemas socioambientais, atingindo diretamente a população pobre, que está mais vulnerável por ocupar áreas de risco.

Percebeu-se que a aplicação da metodologia dos Máximos de Precipitação viabilizou a identificação dos valores de referência para cada nível de intensidade, sendo possível contabilizar os eventos extremos que ocorreram por dia no município estudado, a fim de realizar investigação dos acúmulos mais expressivos, com maiores repercussões na área de estudo.

É importante destacar que as medidas tomadas pelo poder público (municipal e estadual) são emergenciais. No decorrer do ano, não se faz nada para diminuir a gravidade dos impactos a longo prazo, efetuando apenas reparação dos danos momentâneos. Conclui-se, também, que existe uma necessidade de se entender o comportamento desses fenômenos desde a sua gênese ao seu resultado, os impactos.

Ressalta-se ainda que, a partir da análise dos eventos e da identificação dos principais pontos de alagamentos, enchentes e inundações do Crato, será possível contribuir para ações que possam minimizar os efeitos desses eventos, servindo de base para planejamentos no tocante à drenagem da cidade. Por isso, esta pesquisa contribuirá para estudos futuros de clima urbano no município. Destaca-se também a importância de se pesquisar esta temática para construção de conhecimento climático da área.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior — CAPES pelo apoio financeiro - Código de Financiamento 001, respectivamente, ao aluno Vinicius Ferreira Luna.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, M. C. C. T. O clima urbano a partir do sensoriamento remoto e de registros da temperatura do ar. *In: XIV Encuentro de Geógrafos da América Latina: reencuentro de saberes territoriales latinoamericanos*. Anais... Lima/Peru: UGI, p. 1-18. 2013.
- ARMOND, N. B; SANT'ANNA NETO, J. L. Entre eventos e episódios: ritmo climático e excepcionalidade para uma abordagem geográfica do clima no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 20, ago. 2017. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/49792/32602>. Acesso em: 5 ago. 2020.
- DIÁRIO DO NORDESTE. **Chuva forte causa transtornos no Crato e em outras cidades do Cariri**. Ceará, 23 abr. 2015. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/regiao/chuva-forte-causa-transtornos-no-crato-e-em-outras-cidades-do-cariri-1.1274889>. Acesso em: 24 out. 2020.
- DIÁRIO DO NORDESTE. **Crato teve a maior chuva do Ceará em 24 horas**. Ceará, 19/03/2019. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/regiao/crato-teve-a-maior-chuva-do-ceara-em-24-horas-1.2076845>. Acesso em: 23 out. 2020.
- G1. **Canal do Rio Granjeiro transborda e deixa ruas alagadas em Crato, no sul do Ceará**. Ceará, 18 fev. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2020/02/18/canal-do-rio-granjeiro-transborda-e-deixa-ruas-alagadas-em-crato-no-sul-do-ceara.ghtml>. Acesso em: 25 out. 2020.
- G1. **Chuva alaga ruas, invade imóveis e hospital no Cariri, Ceará**. Cariri-Ceará, 23/04/2015. Disponível em: <http://g1.globo.com/ceara/noticia/2015/04/chuva-alaga-ruas-invade-imoveis-e-hospital-na-no-cariri-no-ceara.html>. Acesso em: 24 out. 2020.
- G1. **Canal do Rio Granjeiro transborda e causa transtornos no Crato, Ceará**. Ceará, 19 mar. 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/ce/ceara/noticia/2019/03/18/canal-do-rio-granjeiro-transborda-e-causa-transtornos-no-crato-no-ceara.ghtml>. Acesso em: 23 out. 2020.
- LIMA, N. R.; PINHEIRO, G. M.; MENDONÇA, F. Clima Urbano no Brasil: análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. **Revista GeoNorte**, v. 1, p. 626-638, 2012.
- MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. Série Teses e Monografias, nº 25. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, p. 181, 1976.

MONTEIRO, J. B. **Desastres naturais no estado do Ceará: uma análise de episódios pluviométricos extremos**. Tese (Doutorado em Geografia) - Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, p. 257, 2016.

MONTEIRO, B. J.; ZANELLA, M. E. A metodologia dos Máximos de Precipitação aplicada ao estudo de eventos extremos diários nos municípios de Crato, Fortaleza e Sobral-CE. **Revista GeoTextos**, vol. 13, n. 2, dez. 2017.

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

OLIMPIO, J. L. S.; CÂMARA, C. F.; ZANELLA, M. E. Episódios hidrometeorológicos concentrados e impactos no sítio urbano de Fortaleza - CE: o caso do bairro Autran Nunes. **RAEGA - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.l.], v. 26, p. 51-74, 2012.

OPOVO. **Chuva de 103 mm causa transtornos no Crato: canal do Rio Granjeiro transbordou**. Ceará, 18 fev. 2020. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/noticias/ceara/2020/02/18/chuva-de-103-mm-causa-transtornos-no-crato--canal-do-rio-granjeiro-transbordou.html>. Acesso em: 25 out. 2020.

PAZ, C. M. V.; SANCHES, F. O.; FERREIRA, R. V. Chuvas em Uberaba/MG: um estudo sobre a ocorrência de eventos extremos. **ENTRE-LUGAR**, [S.l.], v. 10, n. 20, p. 102-121, 2019. ISSN 2177-7829. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/10278/5585>. Acesso em: 5 ago. 2020.

SANTOS, D. D.; GALVANI, E. Proposta para determinação de eventos extremos de chuva no litoral norte paulista. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 25, nov. 2019. ISSN 2237-8642. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v25i0.67605>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/67605>. Acesso em: 25 mai. 2021.

SILVA, J. M. O. Utilização de anos-padrão no estudo da variabilidade pluviométrica no município do Crato/CE. **Anais do XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, Instituto de Geociências - UNICAMP, Campinas/SP**. p. 2060 - 2072, 2017.

TAVARES, C. M. G.; FERREIRA, C. C. M. A relação entre a orografia e os eventos extremos de precipitação para o município de Petrópolis-RJ. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 26, jun. 2020. ISSN 2237-8642. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/71123>. Acesso em: 25 mai. 2021. <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v26i0.71123>.

WANDERLEY, L. S. DE A. *et al.* As chuvas na cidade do Recife: uma climatologia de extremos. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 22, fev. 2018. ISSN 2237-8642. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v22i0.56034>. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/56034>. Acesso em: 25 mai. 2021.

ZANELLA, M. E.; MOURA, M. O. **Os estudos de clima urbano no Nordeste do Brasil**. In: DA SILVA, C. A.; FIALHO, E. S. (org.). *Concepções e ensaios da climatologia geográfica*. Dourados: UFGD. p. 39-60, 2012.

CONTRIBUIÇÃO DE AUTORIA

1 – Vinicius Ferreira Luna

Licenciado em Geografia (URCA), Mestrando em Geografia (UFPE)

<https://orcid.org/0000-0002-2973-314X> • vinicius.fluna@ufpe.br

Contribuição: Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição; Curadoria de dados, Conceituação

2 – Juliana Maria Oliveira Silva

Professora do Curso de Geografia (URCA), Doutora em Geografia (UFC)

<https://orcid.org/0000-0003-0463-2809> • juliana.oliveira@urca.br

Contribuição: Escrita – revisão e edição, Conceituação, Supervisão

COMO CITAR ESTE ARTIGO

LUNA, V. F.; SILVA, J. M. O. Eventos extremos de chuva e impactos associados no município de Crato/CE. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, v. 27, e69086, 2023. DOI 10.5902/2236499469086. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/2236499469086>. Acesso em: dia mês abreviado. ano.