






# SUSCETIBILIDADE A INUNDAÇÃO E IMPACTOS ASSOCIADOS ÀS CHUVAS EM JUAZEIRO DO NORTE, SUL DO CEARÁ, BRASIL

FLOOD SUSCEPTIBILITY AND RAINFALL-RELATED IMPACTS IN JUAZEIRO DO NORTE, SOUTHERN CEARÁ, BRAZIL

SUSCEPTIBILIDAD A INUNDACIONES E IMPACTOS ASOCIADOS A LAS PRECIPITACIONES EN JUAZEIRO DO NORTE, SUR DE CEARÁ, BRASIL

## // RESUMO

### AUTOR

- <sup>1</sup> Vinicius Ferreira Luna   
<sup>2</sup> Cristiana Coutinho Duarte   
<sup>3</sup> Juliana Maria Oliveira Silva   
<sup>4</sup> Ranyére Silva Nóbrega   
<sup>1</sup> Frederico de Holanda Bastos 

### FILIAÇÃO INSTITUCIONAL

- <sup>1</sup> UNIVERSIDADE ESTADUAL DO CEARÁ  
<sup>2</sup> UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
<sup>3</sup> UNIVERSIDADE REGIONAL DO CARIRI  
<sup>4</sup> UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

### E-MAIL

viniciusluna13@gmail.com  
 cristiana.duarte@ufpe.br  
 juliana.oliveira@urca.br  
 ranyere.silva@professor.ufcg.edu.br  
 fred.holanda@uece.br

**DATA DE SUBMISSÃO:** 21/02/24

**DATA DE APROVAÇÃO:** 06/04/26

**DOI:** 10.12957/GEOUERJ.2026.82219



E-ISSN 1981-9021

ESTE É UM ARTIGO DE ACESSO ABERTO DISTRIBUÍDO SOB OS TERMOS DA LICENÇA CREATIVECOMMONS BY-NC-SA 4.0, QUE PERMITE USO, DISTRIBUIÇÃO E REPRODUÇÃO PARA FINS NÃO COMERCIAIS, COM A CITAÇÃO DOS AUTORES E DA FONTE ORIGINAL E SOB A MESMA LICENÇA.

O presente artigo teve como objetivo mapear a suscetibilidade a alagamento e inundação no município de Juazeiro do Norte, sul do Ceará, no período de 2000 a 2021, bem como averiguar e espacializar os impactos decorrentes dos eventos de chuva extrema noticiados em reportagens de jornal. A investigação dos impactos foi realizada a partir dos dados do Sistema Integrado de Informação sobre Desastres - S2ID, decretos municipais, e a partir da análise de notícias veiculadas a jornais (local, estadual e regional) e blogs, como também foram realizadas visitas técnicas de checagem em campo a fim de coletar pontos para o mapeamento. Para identificar áreas suscetíveis à inundação, aplicou-se o modelo hidrológico HAND como base conceitual física e computacional que permitiu explorar quantitativamente a topo-hidrologia da paisagem do município de Juazeiro do Norte. Com os resultados, observou-se que os maiores registros de impactos associados as chuvas se concentram nos bairros Lagoa Seca e São José. Com a aplicação do HAND, gerou-se a suscetibilidade de inundação para o município com cinco classes de suscetibilidade (muito alta, alta, média, baixa, e muito baixa). Verificou-se que os bairros que apresentaram alta e muita alta suscetibilidade à inundação, estão associados à planície do rio Salgadinho, ao riacho das Timbaúbas e ao riacho do Touro. O estudo realizado sobre a suscetibilidade a inundações em Juazeiro do Norte, Ceará, trouxe importantes informações para compreender e enfrentar os desafios relacionados a esse tipo de desastre na região.

**Palavras-chave:** modelo hidrológico; inundações urbanas; eventos extremos de chuva; reportagens de jornais; validação de campo.

## // ABSTRACT

The present study aimed to map the susceptibility to flooding and inundation in the municipality of Juazeiro do Norte, southern Ceará, for the period from 2000 to 2021, as well as to investigate and spatialize the impacts resulting from extreme rainfall events reported in newspaper articles. The investigation of these impacts was carried out using data from the Integrated Disaster Information System (S2ID), municipal decrees, and analyses of news published in local, state, and regional newspapers and blogs. In addition, technical field visits were conducted to verify and collect georeferenced points for mapping purposes. To identify areas susceptible to inundation, the HAND hydrological model was applied as the physical and computational conceptual basis, enabling a quantitative exploration of the topohydrology of Juazeiro do Norte's landscape. The results showed that the highest concentration of rainfall-related impacts occurred in the Lagoa Seca and São José neighborhoods. The application of the HAND model generated a flood susceptibility map for the municipality, categorized into five susceptibility classes (very high, high, medium, low, and very low). It was observed that the neighborhoods classified as having high and very high susceptibility are mainly associated with the Salgado River floodplain, as well as the Timbaúbas and Touro streams. The study on flood susceptibility in Juazeiro do Norte, Ceará, provides important insights for understanding and addressing the challenges related to this type of disaster in the region.

**Keywords:** hydrological model; urban flooding; extreme rainfall events; newspaper reports; field validation.

## // RESUMEN

El presente artículo tuvo como objetivo mapear la susceptibilidad a anegamientos e inundaciones en el municipio de Juazeiro do Norte, al sur del estado de Ceará, en el período comprendido entre 2000 y 2021, así como analizar y espacializar los impactos derivados de eventos de precipitaciones extremas reportados en noticias periodísticas. La investigación de los impactos se realizó a partir de datos del Sistema Integrado de Información sobre Desastres (S2ID), decretos municipales y del análisis de noticias difundidas en periódicos (locales, estaduais y regionales) y blogs, además de la realización de visitas técnicas de verificación en terreno con el fin de recolectar puntos para el mapeo. Para identificar las áreas susceptibles a inundación, se aplicó el modelo hidrológico HAND como base conceptual física y computacional, lo que permitió explorar cuantitativamente la topo-hidrología del paisaje del municipio de Juazeiro do Norte. A partir de los resultados obtenidos, se observó que los mayores registros de impactos asociados a las precipitaciones se concentran en los barrios Lagoa Seca y São José. Mediante la aplicación del modelo HAND, se generó el mapa de susceptibilidad a inundación del municipio, clasificando el territorio en cinco clases de susceptibilidad (muy alta, alta, media, baja y muy baja). Se verificó que los barrios con alta y muy alta susceptibilidad a inundación se encuentran asociados a la planicie del río Salgado, al arroyo de las Timbaúbas y al arroyo del Touro. El estudio sobre la susceptibilidad a inundaciones en Juazeiro do Norte, Ceará, aportó información relevante para comprender y enfrentar los desafíos relacionados con este tipo de desastre en la región.

**Palabra Clave:** modelo hidrológico; inundaciones urbanas; eventos extremos de precipitación; reportajes periodísticos; validación en campo.

## INTRODUÇÃO

Eventos de chuva extrema constituem fenômenos recorrentes e de grande impacto socioambiental, especialmente em áreas urbanas onde a impermeabilização do solo e a supressão da drenagem natural intensificam os efeitos das precipitações intensas. Tais eventos são responsáveis por enchentes e alagamentos capazes de causar severos danos materiais e sociais. Pontua-se que esses eventos podem se tornar perigosos para a sociedade em função de sua incapacidade de enfrentamento adequado (SCHUMACHER; JOHNSON, 2006; OLÍMPIO, 2013; ARMOND, 2017).

O conhecimento do comportamento de eventos extremos de chuva possui grande relevância para a sociedade, visto que tais eventos têm sido associados diretamente a impactos sociais e econômicos negativos, contribuindo também para o aumento de doenças transmitidas por vetores e pela água (LAKATOS, 2021; MSEMÓ et al. 2021). São frequentemente divulgados nos mais diversos meios de comunicação, em virtude dos prejuízos ambientais, humanos e econômicos associados (MONTEIRO; ZANELLA, 2017). Comumente, os episódios extremos mais divulgados são aqueles relativos aos danos desencadeados por chuvas intensas, acima da média, e concentradas geralmente em intervalos de 24 horas.

Os eventos extremos de chuva geram incertezas e a necessidade de uma nova reorganização socioespacial, ampliando a exposição, os riscos e a insegurança da população exposta, sobretudo os mais vulneráveis, combinados com altas taxas de urbanização e baixo investimento em desenvolvimento e manutenção de infraestrutura (CARDOSO et al. 2020).

No contexto brasileiro, marcado por um processo acelerado de urbanização, cerca de 80% da população reside em áreas urbanas (IBGE, 2016), muitas das quais apresentam vulnerabilidade crescente a desastres hidrometeorológicos. A Pesquisa de Informações Municipais – MUNIC constatou que no período de 2008 a 2013 40,9% dos municípios brasileiros sofreram no mínimo um desastre natural. E na última pesquisa, no período de 2017 a 2020, observou-se que 32,8% (1.792) dos municípios brasileiros foram atingidos por enchentes ou

inundações graduais e 35,8% (1.958) declararam ter sido atingidos por alagamentos (IBGE, 2016; IBGE, 2014; IBGE, 2020).

No semiárido cearense, a seca segue predominando historicamente no registro de desastres, como mostra o Atlas Brasileiro de Desastres Naturais; ainda assim, enchentes, inundações e enxurradas aparecem de forma recorrente no estado. Dados recentes do Ceará indicam que, em 2023, a maior parte das pessoas afetadas esteve ligada a estiagem (61,9%) e seca (24,6%), mas os eventos de tempestades/chuvas intensas já responderam por 12,3% do total, evidenciando a relevância dos impactos hidrológicos mesmo em ambiente semiárido. Além disso, há subnotificação e lacunas de reporte no S2ID, menos de metade dos municípios informam prejuízos econômicos, o que reforça a necessidade de estudos em escala local e com detalhamento espacial (SESA, 2024; MRD, 2024).

Diante desse contexto, delimitou-se como recorte espacial o município de Juazeiro do Norte, localizado no extremo sul do Ceará, e como recorte temporal o período de 2000 a 2021, considerando o adensamento populacional e seus episódios recorrentes de inundação e alagamento, relacionados sobretudo às intensas taxas de impermeabilização do solo e à ocupação de planícies fluviais (LUNA, 2023; PALÁCIO et al., 2021).

O mapeamento dessas áreas com suscetibilidade ou risco de inundações é importante para o gerenciamento de desastres em nível local, regional e nacional, bem como a adoção de metodologias para esse tipo de mapeamento de baixo custo e de fácil implementação (GOERL, 2012; ALVES, 2022). Na literatura (NOBRE et al., 2011; MILANESI et al., 2016; MENGUE et al., 2016, MONGE, 2018; SANTOS, 2022), nota-se a utilização do modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND) com frequência na realização desses mapeamentos.

O modelo HAND, é um descritor de terreno que insere na compreensão da paisagem uma abordagem que relaciona hidrologia e geomorfologia, por meio da normalização de dados topográficos, a partir de simulações de cotas de inundações utilizando dados topográficos em formato matricial, como MDE, resultando no mapeamento das áreas mais suscetíveis à inundação, fundamentando-se na distância vertical à drenagem mais próxima. Ou seja, quanto

mais próximo o nível relativo do ponto em relação à rede de drenagem, maior será a suscetibilidade deste (MENGUE et al., 2016; MONGE, 2018).

Apesar dos avanços recentes na modelagem hidrológica, ainda são escassos os estudos que integram o modelo HAND a dados empíricos de impacto em municípios de porte médio do semiárido brasileiro, o que limita a aplicação prática desse modelo em políticas de gestão do risco. Ressalta-se, contudo, a relevância de sua aplicação em contextos áridos e semiáridos, uma vez que o HAND, ao se basear em parâmetros morfométricos derivados da altitude em relação à drenagem mais próxima, mostra-se particularmente adequado para áreas com drenagens intermitentes ou efêmeras, características típicas dessas regiões, onde os cursos d'água permanecem secos durante grande parte do ano. Essa abordagem permite representar de forma mais realista as condições topográficas e hidrogeomorfológicas locais, contribuindo para aprimorar o diagnóstico de suscetibilidade a inundações em ambientes de baixa umidade.

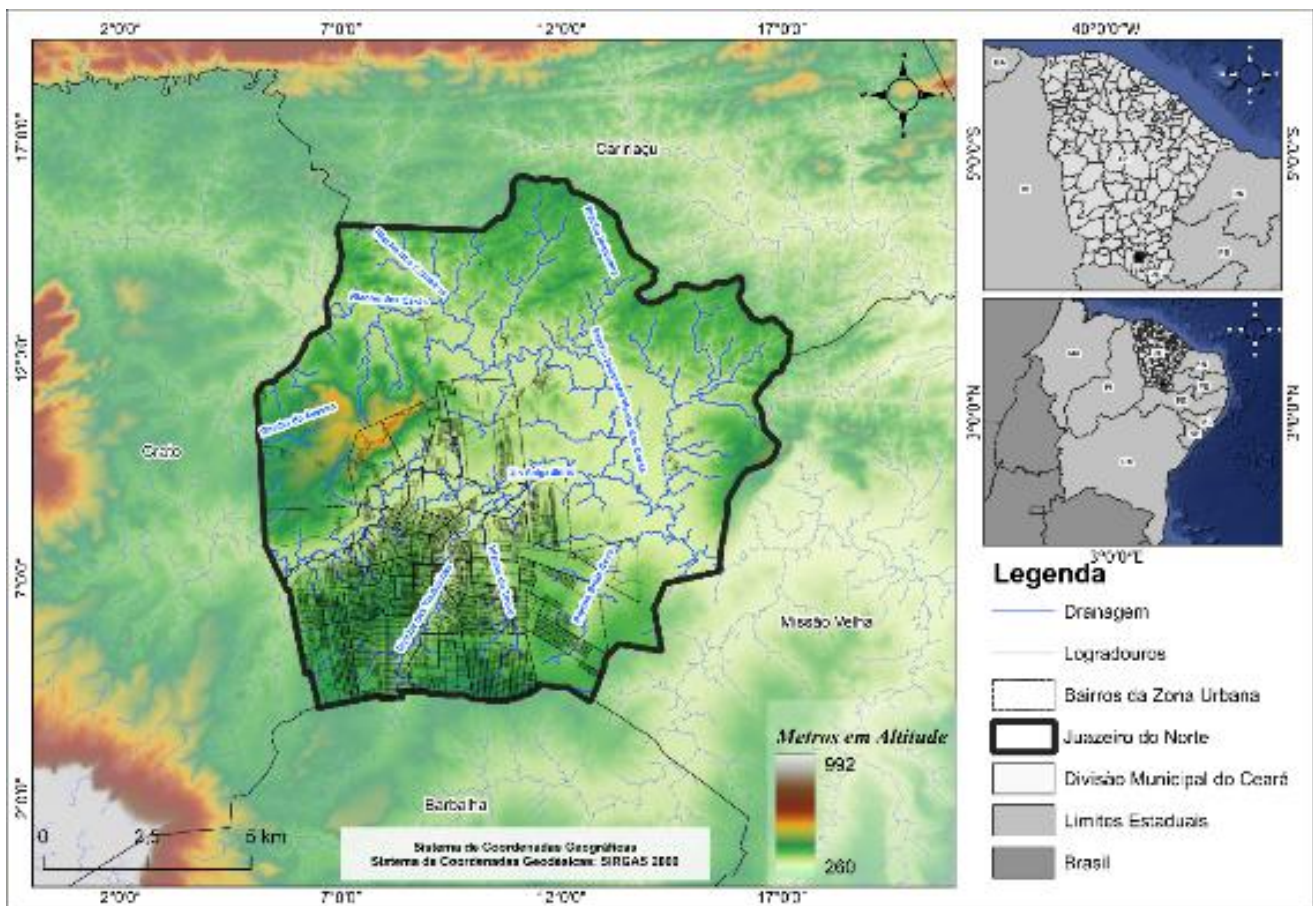
Em face ao exposto, este artigo tem como objetivo analisar e representar espacialmente os impactos de eventos de chuva extrema noticiados pela mídia local, estadual e regional, além de mapear as áreas suscetíveis a alagamentos e inundações no município de Juazeiro do Norte (CE), com base na aplicação do modelo hidrológico Height Above the Nearest Drainage (HAND). A partir da integração entre dados empíricos e modelagem geomorfológica, busca-se compreender as relações entre topografia, drenagem e vulnerabilidade urbana no contexto do semiárido brasileiro.

## ÁREA DE ESTUDO

O município de Juazeiro do Norte está localizado no sul do estado do Ceará, sendo um dos nove municípios que compõem a Região Metropolitana do Cariri – RM Cariri, apresentando população de 286.120 conforme o último censo do IBGE (2022). Esta é considerada a terceira cidade do estado com a maior densidade demográfica, ficando atrás apenas da capital Fortaleza e da cidade de Caucaia, concentrando 3,01% da população de todo o estado. Vale destacar que a cidade é a segunda maior do interior cearense (IPECE, 2020).

Sobre a economia, é válido mencionar os dados levantados pelo Instituto de Pesquisas Espaciais do Ceará – IPECE em 2021, que destacou Juazeiro do Norte como o quarto município com maior contribuição no Produto Interno Bruto - PIB do Estado com participação de 2,98%, ficando atrás apenas dos municípios de Fortaleza, Maracanaú e Caucaia. O Juazeiro do Norte é conhecido nacional e internacionalmente pelo turismo religioso, recebendo romeiros de todo o país durante todo o ano, possuindo estrutura econômica diversificada com setor industrial, comercial e de serviços (TEXEIRA; COSTA NETTO, 2018; IBGE, 2018).

**Figura 1.** Localização do município de Juazeiro do Norte, sul do Ceará



Fonte: Alos Palsar e Bases Cartográficas do IBGE (2022).

Juazeiro do Norte está inserido na depressão periférica da Bacia Sedimentar do Araripe, situado no sopé úmido da Chapada do Araripe, a qual é um planalto tabuliforme com altitudes

superiores a 900m e com disposição E-W. A área municipal ocupa a depressão do Vale do Cariri onde afloram unidades das sequências paleozóica, pré-rifte e rifte (ANSINE, 2007).

O sítio urbano de Juazeiro do Norte possui topografia plana com interflúvios tabulares, com exceção de um relevo granítico residual denominado Colina do Horto. As principais drenagens naturais neste espaço são constituídas pelo rio Salgadinho e pelo riacho das Timbaúbas, seu principal afluente (LIMA; RIBEIRO, 2012). O município possui clima tropical quente semiárido brando, com a média de chuva correspondendo a 970,7 mm anuais, e temperatura que varia entre 24° a 27°C. Devido a cidade estar estabelecida na esfera do semiárido, possui uma pluviosidade anual marcada por um período chuvoso breve e irregular e um extenso período seco (ZANELLA, 2007; IPECE, 2017).

## MATERIAIS E METODOS

### ANÁLISE DOS IMPACTOS ASSOCIADOS ÀS CHUVAS

Para análise dos impactos associados aos eventos extremos de chuva foram consultados os dados disponibilizados no Sistema Integrado de Informação sobre Desastres - S2ID. Na ausência desses dados e falta de detalhamento, foram utilizados decretos oficiais do município de Juazeiro do Norte, bem como reportagens de jornal disponibilizadas no formato digital em jornais, *blogs* e *sites*. Consultou-se também a defesa civil do município de Juazeiro do Norte na tentativa de obter informações sobre as áreas mais críticas em relação aos impactos associados às chuvas no município e à quantidade de moradores inseridos em áreas suscetíveis à inundação e alagamento.

#### [Análise das Reportagens de Jornal e Escolha dos Pontos Representativos](#)

Com relação à análise das reportagens de jornais, a investigação foi realizada a partir de notícias veiculadas em jornais (local, estadual e regional), *blogs* e alguns dados da defesa civil. As matérias jornalísticas foram analisadas com base em uma tabela padrão de coleta de dados

em jornais conforme Pinheiro (2012), que foi adaptada a esta pesquisa. As notícias foram consultadas a partir de palavras-chave, em busca no *Google* (chuvas em Juazeiro do Norte, chuvas no Crajubar, chuvas em Juazeiro do Norte no mês de março e chuvas na região do Cariri) e, posteriormente, organizadas conforme a Tabela 1, no *software Excel*. Lima e Amorim (2014) ponderam que utilizar notícias da mídia como fonte de dados para análises climáticas qualitativas é considerada estratégia conveniente e eficiente, haja vista que o mesmo procedimento já foi empregado em trabalhos anteriores utilizando principalmente notícias de jornais impressos.

**Tabela 1.** Modelo de tabulação de notícias veiculadas pelo jornal

<i>Jornal:</i>	
<i>Data:</i>	
<i>Link:</i>	
<i>Título da Matéria</i>	
<i>Palavras-chave:</i>	
<i>Elemento Climático:</i>	
<i>Problemas Urbanos:</i>	
<i>Locais atingidos:</i>	
<i>Outras informações relevantes:</i>	

Fonte: Adaptado de Pinheiro (2012)

A tabulação das reportagens, conforme a Tabela 1, foi essencial para identificar os pontos que registraram impactos relacionados às chuvas durante o período analisado (2000 a 2021). Essa abordagem permitiu que as informações fossem obtidas com rapidez e facilidade, através da internet, sendo também, em alguns casos, o único meio de registro da repercussão destes eventos, principalmente em cidades interioranas que não costumam ter sede ativa da defesa civil para documentar tais fatos. Vale ressaltar ainda que o jornalista pode acionar fontes que ampliem a cobertura factual transcendendo a mera descrição de elementos físicos para elementos sociais (AMARAL; ASCENCIO; CRISTOBAL, 2020).

### [Inventário de registro dos impactos associados](#)

A partir das informações obtidas tanto na execução do tópico anterior quanto no tratamento das matérias jornalísticas e na análise via *Google Earth*, utilizada para identificar a

distância de cada ponto em relação à drenagem mais próxima, elaborou-se um quadro-síntese que reúne os impactos associados aos eventos extremos de chuva, as áreas de maior ocorrência, a tipologia dos eventos (inundação, alagamento, deslizamento, movimento de massa etc.) e os fatores condicionantes ou potencializadores, com o intuito de compor um banco de dados geográfico.

Além da análise documental, foram realizadas visitas técnicas e checagens de campo nos pontos identificados, com o objetivo de verificar *in loco* as condições ambientais e urbanas, caracterizar os tipos de impacto e registrar fotograficamente as evidências observadas, como acúmulo de água, falhas de drenagem, ocupação em áreas de planície e presença de resíduos. Conforme Freitas (2017), o inventário de registros de impactos associados às chuvas constitui uma etapa fundamental para orientar os trabalhos de campo em áreas suscetíveis, permitindo o levantamento de informações espaço-temporais sobre as inundações e contribuindo para a validação dos resultados gerados pelos modelos aplicados.

## MAPEAMENTO DA SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO

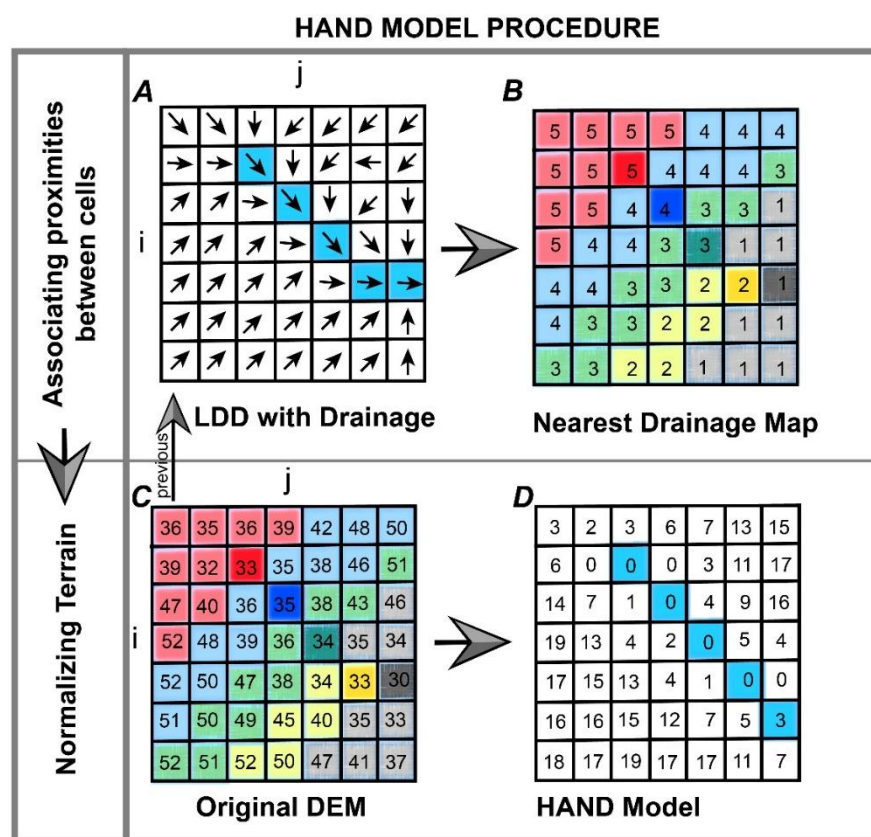
Para construção e elaboração do mapa de suscetibilidade à inundação, foi utilizado o modelo hidrológico *Height Above the Nearest Drainage - HAND*, pois este normaliza a topografia de acordo com as alturas relativas locais encontradas ao longo da rede de drenagem e, desta forma, apresenta a topologia dos potenciais gravitacionais relativos do solo, ou potenciais de drenagem locais (NOBRE, et al., 2011).

### Modelo HAND

A aplicação do modelo HAND é composta por etapas sucessivas, conforme ilustrado na Figura 2. A primeira etapa consiste na correção do Modelo Digital de Terreno (MDT) e na extração da direção de fluxo de drenagem, definindo para cada célula da grade a trajetória preferencial do escoamento superficial. A segunda etapa corresponde à geração da rede de drenagem, que, conforme explicam Momo et al. (2016, p. 202–203), é obtida a partir do MDT

hidrológicamente coerente e da rede de trajetórias superficiais de escoamento (DFD). Nessa fase, são calculados os valores acumulados de fluxo para cada célula da grade, de modo que as células com maiores valores representam áreas de maior concentração de escoamento. Por meio do método da área de contribuição, define-se um limiar mínimo capaz de indicar os pontos da grade onde se iniciam os cursos d'água (headwaters), resultando assim na delimitação da rede de drenagem principal. A terceira etapa é a normalização da altimetria baseada nas cotas de drenagem. O MDE é reclassificado com base na diferença entre a cota do canal mais próximo e as cotas da planície de inundação e/ou das encostas adjacentes a este canal (SOUZA, 2021).

**Figura 2.** Procedimento para calcular a grade HAND



Fonte: Adaptado de Rennó et al. (2008).

Com a rede de drenagem extraída do dado topográfico, a diferença entre cada elemento da grade MDE e o ponto mais próximo associado à rede de drenagem extraída dá origem ao modelo de superfície *HAND* (Figura 2), deixando de ter referência fixa em relação ao nível do mar, passando a ser relativo à rede de drenagem mais próxima (MENGUE et al., 2016). Momo et al.

(2016) destaca ainda que, o resultado da simulação do modelo *HAND* é estreitamente relacionado com a qualidade (resolução espacial) do dado topográfico.

Para obtenção da suscetibilidade à inundação seguiu-se os procedimentos proposto para gerar a altura mais próxima da drenagem. Para isso, utilizou-se imagem do satélite *ALOS Palsar* com resolução de 12,5 m. Conforme a Figura 3 pode-se observar as etapas aplicadas à área de estudo. Seguindo as etapas a seguir: correção do MDT (DEMC), extração da direção de fluxo (LDD), fluxo acumulado (ACC) e da drenagem (DREN), o qual foi estabelecido o limiar de 3000 px, a partir de tentativa e erro, e em seguida gerou-se o *HAND*. O valor de 3.000 pixels foi adotado por apresentar a melhor correspondência entre a drenagem gerada automaticamente e a rede observada nas imagens de satélite e cartas topográficas, evitando tanto a superestimação de canais – comum em limiares mais baixos – quanto a sua subestimação em valores mais elevados, conforme procedimentos metodológicos descritos por Nardini *et al.* (2017).

### Calibração e validação do modelo *HAND*

Após gerar o modelo no TerraHidro, o mesmo foi importado ao QGIS 3.22 a fim de reclassificar por tabela, definindo cinco classes de intensidade de suscetibilidade: muito alta, alta, média, baixa e muito baixa. Os intervalos de classe foram definidos em faixas regulares de 5 metros, considerando o gradiente altimétrico local e o comportamento das áreas inundáveis identificadas em campo e em produtos cartográficos prévios, o que permitiu representar adequadamente as variações de altitude associadas às planícies fluviais e às áreas de menor cota altimétrica (HORA; GOMES, 2009).

Tabela 2 – Reclassificação do modelo *HAND* para Juazeiro do Norte - CE

Suscetibilidade	Valores <i>HAND</i> (metros)
Muito Alta	0 – 5
Alta	5 – 10
Média	10 – 15
Baixa	15 – 20
Muito Baixa	> 20

Fonte: Organizado pelo autor (2022).

Com o intuito de validar as informações geradas pelo modelo HAND, cruzou-se o produto com as ocorrências de impactos associados às chuvas e com o mapeamento de áreas de alto e muito alto risco a inundação realizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM (2013). Selecionaram-se quatro pontos frequentemente acometidos por inundações e alagamentos associados a eventos extremos de chuva. Em cada ponto foi gerado um *buffer* de 200 metros, distância definida por representar uma escala adequada de vizinhança urbana para análise de entorno imediato, abrangendo as áreas diretamente afetadas pela lâmina d’água e pelo escoamento superficial local, conforme observado em levantamentos de campo e imagens de alta resolução. A partir desses pontos, observou-se coerência entre as áreas estimadas pelo HAND e as áreas com registros de impactos levantados pelas reportagens e pela CPRM.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta os principais resultados obtidos e suas respectivas análises. Inicialmente, é identificado e espacializados impactos associados às chuvas na zona urbana de Juazeiro do Norte (2000–2021), com base na tabulação de reportagens de jornais e na verificação em campo dos 23 pontos mapeados. Em seguida, discute-se o mapeamento de suscetibilidade à inundação gerado pelo modelo HAND, reclassificado em cinco classes, destacando os padrões espaciais observados por bairros e sua relação com fatores físico-ambientais e antrópicos (impermeabilização do solo, supressão de drenagens e ocupação de planícies fluviais). Posteriormente, é apresentado a validação dos resultados mediante o cruzamento com os setores de alto e altíssimo risco delimitados pela CPRM (2013) e a análise de pontos representativos.

### Impactos associados às chuvas registradas em mídias digitais

A partir da tabulação e da análise de reportagens de jornais, foi possível identificar 23 pontos na zona urbana do município onde ocorrem impactos frequentes relacionados a episódios

extremos de chuva (Tabela 3), possibilitando identificar a tipologia do impacto e seus danos em cada ponto, o que favoreceu a construção de um inventário dos impactos.

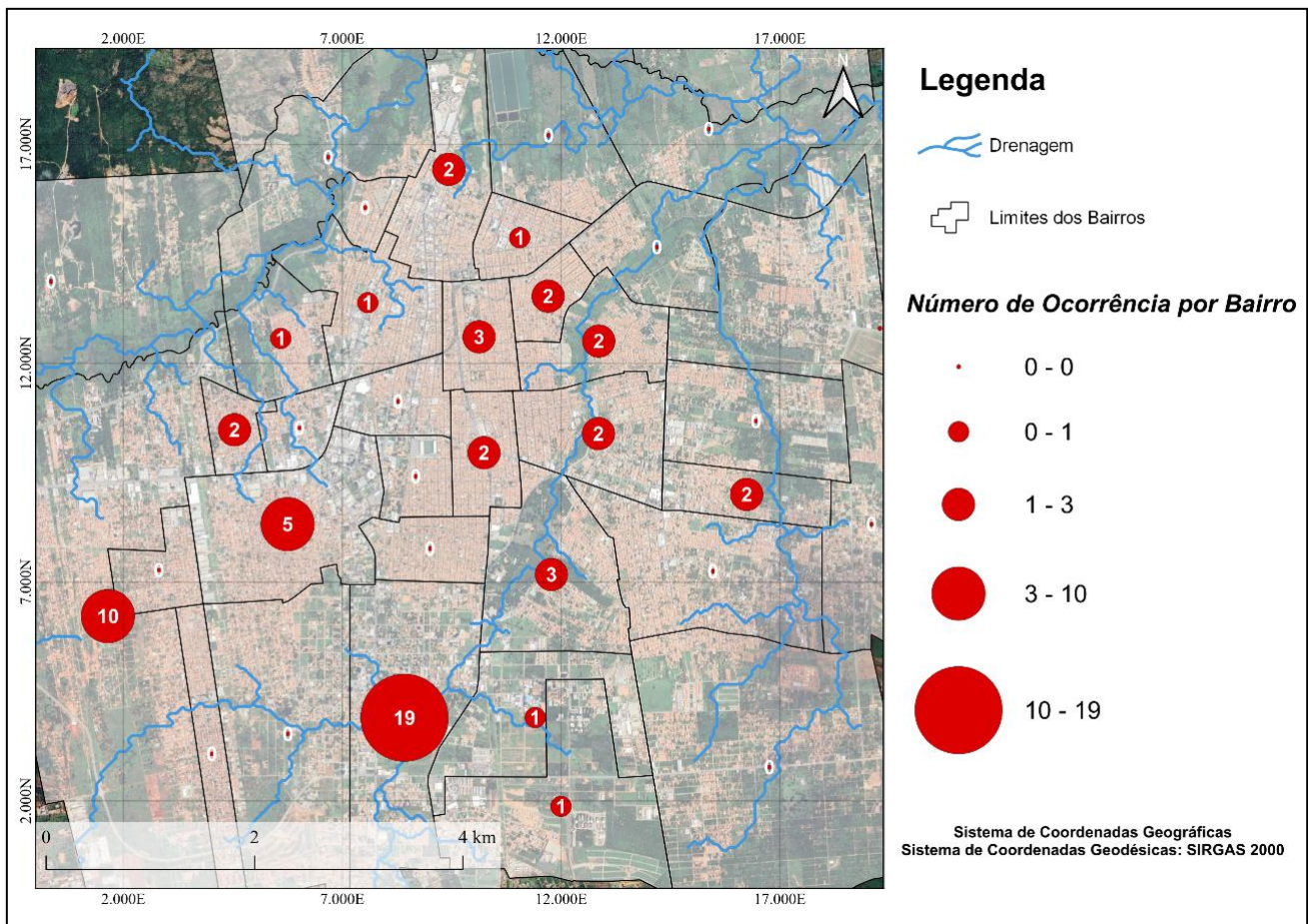
**Tabela 3.** Pontos de ocorrência de impactos associados a eventos extremos de chuva

Nº	Ponto	Bairro	Nº	Ponto	Bairro
1	Atacadão/Assai	São José	13	Parque das Timbaúbas	Lagoa Seca
2	Rua Maria Célia	São José	14	Rua Samuel Correia	José Geraldo Cruz
3	Cruzamento Carajás	São José	15	Rua José Cicero Santana	José Geraldo Cruz
4	Antiga Singer	Triangulo	16	Av. Castelo Branco	José Geraldo Cruz
5	Teatro M.B.	Salesianos	17	Rua Madre Maria Nely Sobreira	Limoeiro
6	Planície Salgadinho	Salgadinho	18	Rua Rui Barbosa	Limoeiro
7	Av. Vicente Marcio de Lima	Antônio Vieira	19	Rua Domingos Sávio	Timbaúba
8	Rua Odete Matos de Alencar	Lagoa Seca	20	Av. Virgílio Távora	Aeroporto
9	Av. Maria Leticia	Lagoa Seca	21	Rua Henrique de Sousa	Leandro Bezerra de Menezes
10	Rua Otacílio Almeida	Campo Alegre	22	Rua Pedro Cruz Sampaio	Carité
11	Rua Padre Manoel Germano	Lagoa Seca	23	Av. Prof. Carlos Cruz	Pedrinhas
12	Lagoa da APUC	Lagoa Seca			

Fonte: Organizado pelos autores (2023).

A Figura 3 apresenta a distribuição espacial dos 23 pontos de ocorrência dos impactos associados a eventos extremos de chuva na zona urbana de Juazeiro do Norte, correspondentes aos registros descritos na Tabela 13. Nota-se que as áreas mais críticas se concentram nos bairros Lagoa Seca, São José e Triângulo, os quais também aparecem com maior número de registros de alagamentos e inundações.

**Figura 3.** Localização dos pontos de ocorrência de impactos associados a eventos extremos de chuva em Juazeiro do Norte – CE (2000–2021)



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A eleição dos pontos foi realizada a partir das reportagens e da visita de campo, que permitiu verificar as condições ambientais e urbanas locais, como o grau de impermeabilização do solo, a presença de sistemas de drenagem deficitários, a proximidade de cursos d'água e a ocorrência de ocupações em áreas de planície fluvial. Nessas visitas, observou-se que os pontos com maior frequência de inundações (especialmente nos bairros Lagoa Seca, São José e José Geraldo Cruz) apresentam baixo escoamento superficial, acúmulo de resíduos sólidos, e ocupação irregular em cotas mais baixas, fatores que intensificam os impactos associados às chuvas.

Com base no levantamento de campo e nas reportagens, constatou-se que os impactos registrados se concentram principalmente nas tipologias de alagamento e inundação. Nos

pontos 2, 3, 4 e 5, verificaram-se problemas relacionados apenas a alagamentos, enquanto nos pontos 6, 7, 14, 15 e 20 predominaram as inundações. Nos demais pontos, ocorreu a sobreposição das duas tipologias.

Observou-se também que os pontos analisados se situam entre cotas altimétricas de 366 m a 425 m, correspondendo a áreas de relevo plano e de maior propensão ao armazenamento de água. Esses locais incluem áreas comerciais (1, 3, 4, 5, 9 e 16), de serviços e residenciais (8, 12, 17 e 18), de lazer (13) e residenciais (demais pontos). Em campo, foi possível confirmar que a maioria dessas áreas possui pouca ou nenhuma cobertura vegetal em seu entorno, com exceção do ponto 13 e dos pontos 16 a 20, localizados próximos à mata ciliar do riacho das Timbaúbas.

No que se refere ao estágio de urbanização e densidade de ocupação, verificou-se que os pontos 1, 3, 4, 5, 8, 13, 14, 18, 19 e 20 encontram-se em áreas consolidadas; os pontos 9 e 11 em áreas parceladas (loteamentos); e os demais em áreas em consolidação, com média densidade de ocupação. As observações de campo confirmaram que, em diversos locais, os sistemas naturais de drenagem foram suprimidos ou aterrados pelo processo de urbanização, reduzindo a infiltração e aumentando o escoamento superficial.

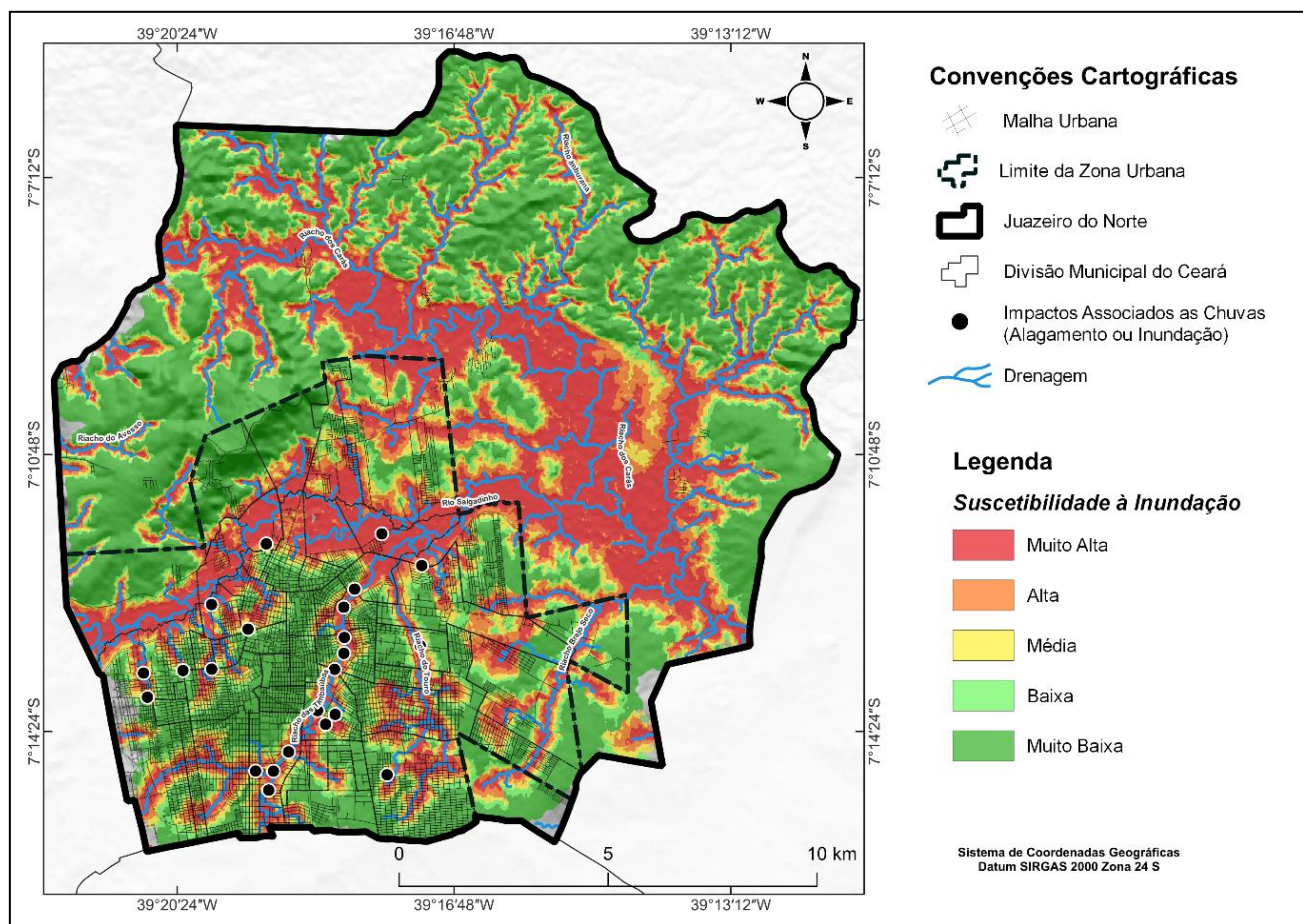
Nenhum dos pontos apresentou registros de perda de vidas humanas, mas foram observadas perdas materiais recorrentes, desabrigamentos e danos a moradias e infraestruturas, como o ocorrido em 24/03/2003 (115 mm de chuva) e em 27/03/2020 (133 mm), quando dezenas de famílias ficaram desabrigadas. Esses impactos refletem a ocupação irregular das planícies fluviais e a insuficiência do sistema de drenagem urbana, contrariando o que estabelece o artigo 85 da Lei nº 2.570/2000, que proíbe o parcelamento do solo em terrenos alagáveis sem a adoção prévia de medidas de drenagem e proteção contra inundações (CEARÁ, 2000).

### **Suscetibilidade a Inundação em Juazeiro do Norte, Ceará - Brasil**

Com a aplicação do modelo *HAND* e sua reclassificação no Qgis 3.22, foi possível obter o mapa de suscetibilidade à inundação para o município de Juazeiro do Norte apresentando 5

classes de suscetibilidade (Figura 4). Nota-se, a partir da análise do mapa, que os bairros que apresentaram alta e muita alta suscetibilidade à inundação estão associados à planície do rio Salgadinho, do riacho das Timbaúbas e do riacho do Touro, com destaque para os bairros: Carit , Juvêncio Santana, Salgadinho, Logradouro, São José, Frei Damião, Jardim Gonzaga, Lagoa Seca, Planalto, José Geraldo da Cruz, Campo Alegre, Tiradentes, Novo Juazeiro, Aeroporto, Limoeiro, Pedrinhas, Salesianos, Ant nio Vieira, Centro, Romeiro Aureliano Pereira, Três Marias e Planalto.

**Figura 4.** Mapa de suscetibilidade a inundação para Juazeiro do Norte – CE



Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

Ressalta-se que parte das áreas de muito alta suscetibilidade foram superestimadas pelo modelo HAND, principalmente nas porões mais próximas ao rio Salgadinho. Essa superestimação está relacionada à resolução e   qualidade do Modelo Digital de Terreno (MDT) utilizado como dado de entrada, visto que pequenas variações altimétricas podem ser interpretadas como áreas suscetíveis   inundação. Como destaca Monge (2018), a resolução

espacial do MDT exerce influência direta sobre a qualidade dos produtos derivados, podendo gerar distorções ou superestimações em determinadas regiões.

A partir dessa análise, verifica-se que a planície do rio Salgadozinho corresponde à área com maior concentração da classe de muito alta suscetibilidade à inundação, resultado que reflete tanto o modo de processamento do modelo HAND quanto as limitações do MDT empregado. Os bairros que apresentaram baixa suscetibilidade foram João Cabral, Santa Tereza, Pirajá, Vila Real, Franciscanos e Romeirão, os quais, apesar de não estarem inseridos em áreas de risco hidrológico elevado, sofrem com alagamentos decorrentes da impermeabilização do solo e de deficiências no sistema de drenagem urbana.

A partir da ferramenta *r.report* do GRASS no Qgis calculou-se a porcentagem da área ocupada por cada classe de suscetibilidade. Verificou-se que 38,55% da área do município não apresenta suscetibilidade à inundação, o que corresponde à classe muito baixa. Já 40,16% da área apresenta alta suscetibilidade, sendo 27,21% correspondente à classe muito alta, e 12,95% representando à classe alta na cor laranja. As classes que apresentaram menor porcentagem foram a média com 11,05% e a baixa com 9,87%.

A partir do cálculo de suscetibilidade especificamente na zona urbana do município – área delimitada pelo tracejado no mapa –, obteve-se as seguintes porcentagens: muito alta correspondendo a 25,60%; alta com 15,21%; média com 12,71%; baixa com 10,68% e muito baixa com 35,46%. Percebe-se, ao se comparar com os valores de área calculado para todo município, que, para zona urbana, as classes alta, média e baixa apresentaram porcentagem maior com diferença de 2,26%, 1,66% e 0,81% respectivamente; já as classes: muito baixa (3,09%) e muito alta (1,61%) apresentaram porcentagem inferior à primeira análise, considerando que a área rural do respectivo município representa uma parte significativa para essas classes.

## Validação do Modelo e Análise de Pontos Significativos Suscetíveis à Inundação

A fim de validar o modelo, assim como realizado por Milanesi *et al.* (2017), cruzou-se as classes geradas pelo modelo *HAND* com o registro de impactos associados às chuvas, como podemos perceber no mapa (Figura 5). Ao sobrepor os pontos nas manchas de suscetibilidade à inundação, notou-se que dos 23 pontos encontrados, a partir das reportagens de jornais, 19 estão inseridos nas classes de muito alta e alta suscetibilidade, tendo relação direta com episódios de inundação recorrente no município. Desse total, 4 pontos estão associados a episódios de alagamento, ocasionado por deficiência de infraestrutura urbana, sendo eles os pontos 2, 3, 5 e 10.

Ainda com intuito de validar as manchas de suscetibilidade à inundação, geradas pelo modelo *HAND*, utilizou-se a setorização de áreas de alto e altíssimo risco à inundação mapeadas pela CPRM no ano de 2013 com intuito de comparar com o que foi posto pelo modelo (Figura 5), analisando de forma detalhada os pontos, relacionados aos impactos associados, que foram identificados dentro desses setores. A Tabela 1 apresenta a caracterização dos três setores de risco delimitados pela CPRM (2013), complementada por informações de Freitas (2013) e pelas observações realizadas em campo, destacando as principais causas físicas e antrópicas associadas à suscetibilidade à inundação em cada setor.

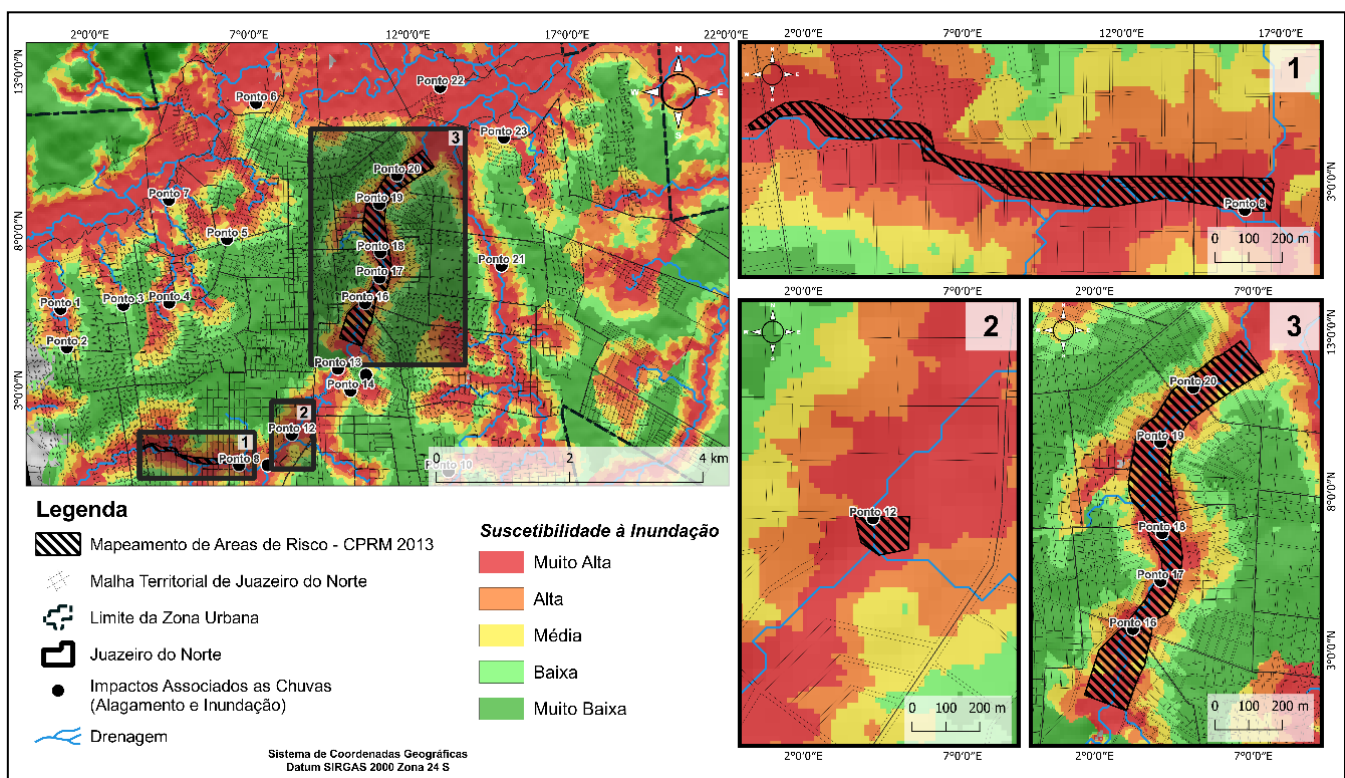
**Tabela 4.** Caracterização dos setores de alto e altíssimo risco à inundação segundo a CPRM (2013) e observações de campo

Setor	Localização	Bairros abrangidos	Principais características
1	Sudoeste da área urbana	Lagoa Seca e Jardim Gonzaga	Área de planície fluvial com baixa declividade
2	Sul da área urbana	Lagoa Seca	Entorno de uma lagoa parcialmente aterrada
3	Eixo central da área urbana	Timbaúbas, José Geraldo da Cruz, Pirajá, Romeirão e Limoeiro	Maior setor mapeado; planície do riacho principal

Fonte: Adaptado de Freitas (2013), CPRM (2013) e observações de campo (2022).

Verifica-se, ao analisar o mapa, que os setores apontados pela CPRM como de alto e altíssimo risco à inundação correlacionam-se com as classes geradas através do *HAND*, bem como algum dos pontos levantados a partir da análise dos impactos estão sobrepostos nessas áreas, o que valida o modelo criado para Juazeiro do Norte, especialmente para a zona urbana.

**Figura 5.** Relação das áreas mapeadas pela CPRM (2013) com a suscetibilidade a inundação gerada pelo *HAND* para Juazeiro do Norte - CE

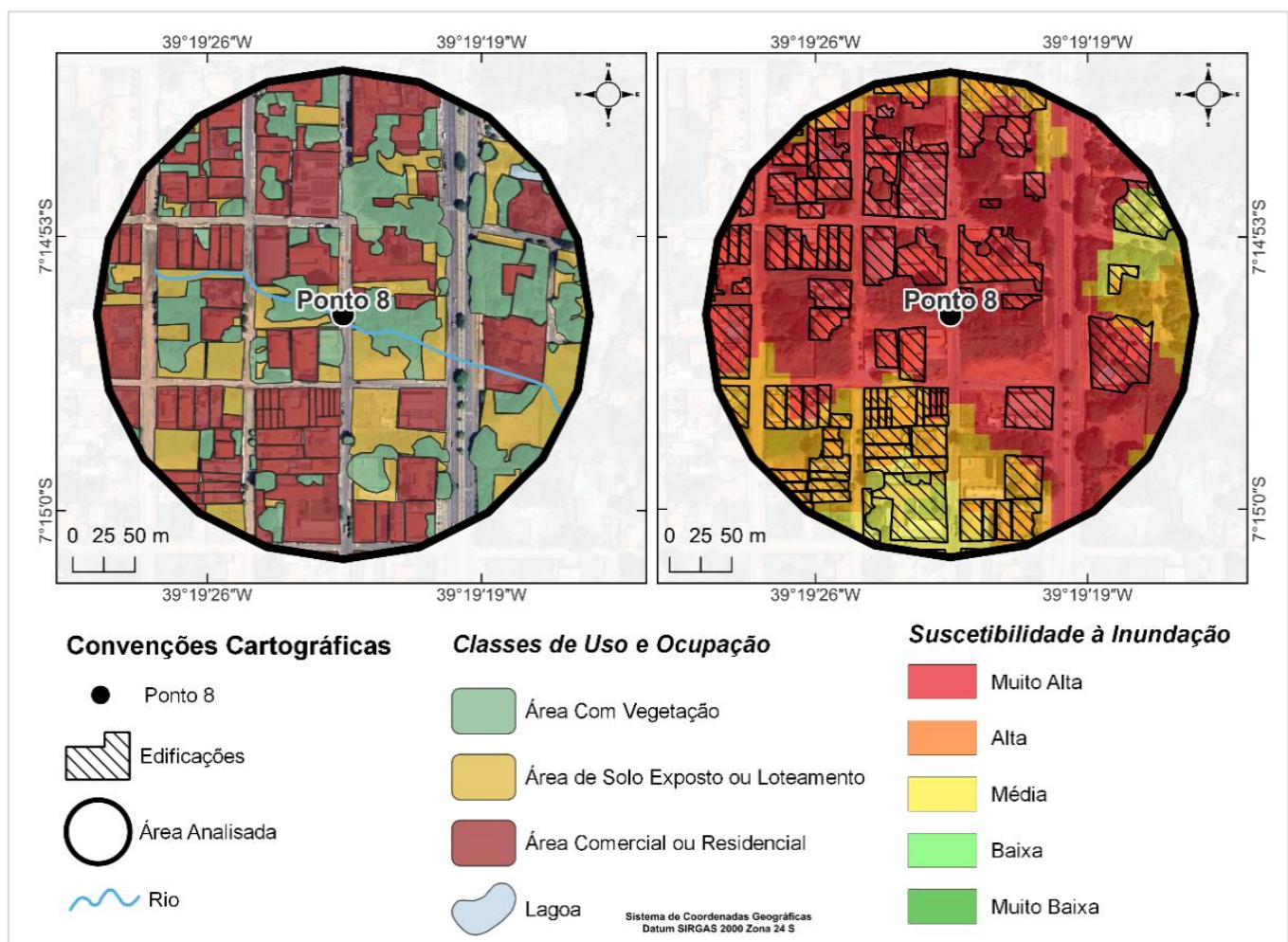


Fonte: Elaborado pelo autor (2022)

No setor 1, Freitas (2013) aponta como uma área de risco à enchente e inundação condicionada pela deficiência de macrodrenagem urbana nos bairros Lagoa seca e Jardim Gonzaga e inexistência de mata ciliar. No ano em que a setorização foi realizada (2013), identificou-se aproximadamente 65 imóveis e 260 pessoas em risco. Foram propostas medidas de intervenção, como: remoção das pessoas em caso de chuvas intensas; proibição do lançamento de lixo e esgoto em superfície; recuperação de mata ciliar e obras de drenagem e saneamento.

Atualmente, dez anos depois, percebe-se que não foram realizadas as medidas propostas e que as edificações na área aumentaram devido ao desenvolvimento do município, e que os problemas relacionados a drenagem continuam a acontecer no setor justificado pela expansão das ocupações, como observa-se no entorno do ponto 8, localizado dentro do setor 1 (Figura 6).

**Figura 6.** Uso e ocupação do ponto 8 na rua Arnóbio Barcelar Caneca, no bairro Lagoa Seca em Juazeiro do Norte - CE



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Ao analisar a Figura 6, percebe-se a densidade de ocupação no entorno do ponto e que grande parte das edificações estão inseridas em áreas muito suscetíveis à inundação, devido a uma macrodrenagem que cruza essa área residencial, o que explica a ocorrência frequente de pontos de alagamento e inundação no local noticiados nas reportagens de jornais (Figura 7).

O Miséria (2021), ao entrevistar moradores do local, destacou o desconforto da população com o problema por impedir a locomoção dos mesmos aos locais de trabalho, gerando danos materiais e risco a saúde devido a lâmina d'água acumulada neste ponto. Assim como na análise de Santos *et al.* (2017) para o município de Cáceres – MT, a dinâmica urbana se torna comprometida, pois esses espaços estão em áreas inundáveis naturalmente, como tomados por atividades humanas, principalmente as ligadas à urbanização, o que contribui para agravar o quadro descrito.

**Figura 7.** Problemas de drenagem na rua Arnóbio Barcelar Caneca em Juazeiro do Norte - CE



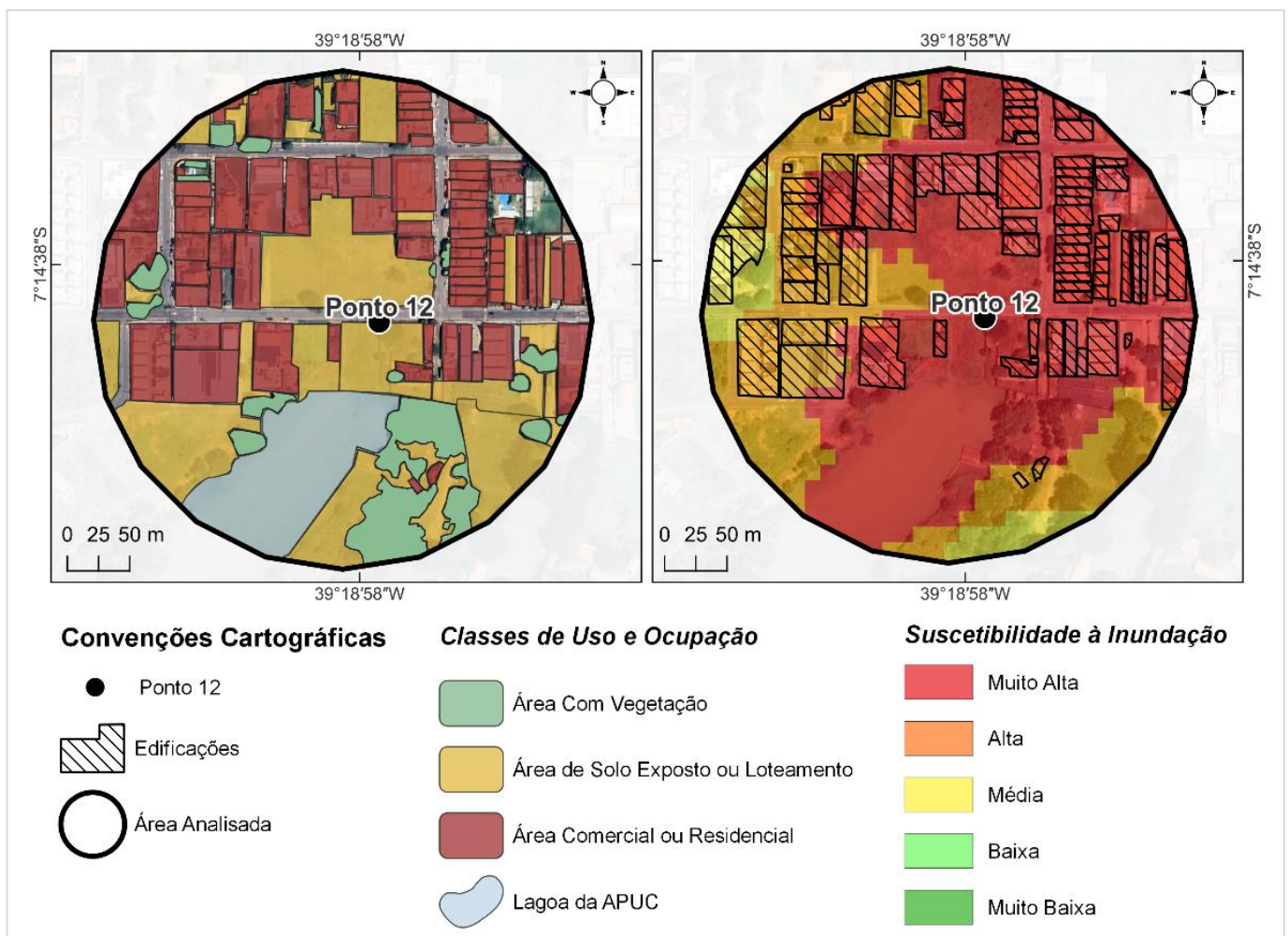
Fonte: Guto Vital/Site Miséria e acervo pessoal do autor (2021).

O setor 2, localizado no bairro Lagoa Seca, é uma área de risco de inundações no entorno de uma lagoa com construções muito próximas à margem desta que já foi parcialmente aterrada para construção de casas. No período do mapeamento constava com aproximadamente 10

imóveis e 26 pessoas em situação de risco (FREITAS, 2013). As mesmas medidas propostas para o setor 1, foram as mesmas propostas para este, com exceção de uma que sugere evitar o avanço da ocupação próximo às margens da lagoa.

Assim como no setor apresentado anteriormente, as medidas não foram executadas pelo município sendo essa uma das áreas que mais registra a ocorrência de inundação. Ressalta-se também que essa área vem se tornando densamente ocupada com residências, comércios e área de lazer como apresenta a Figura 8.

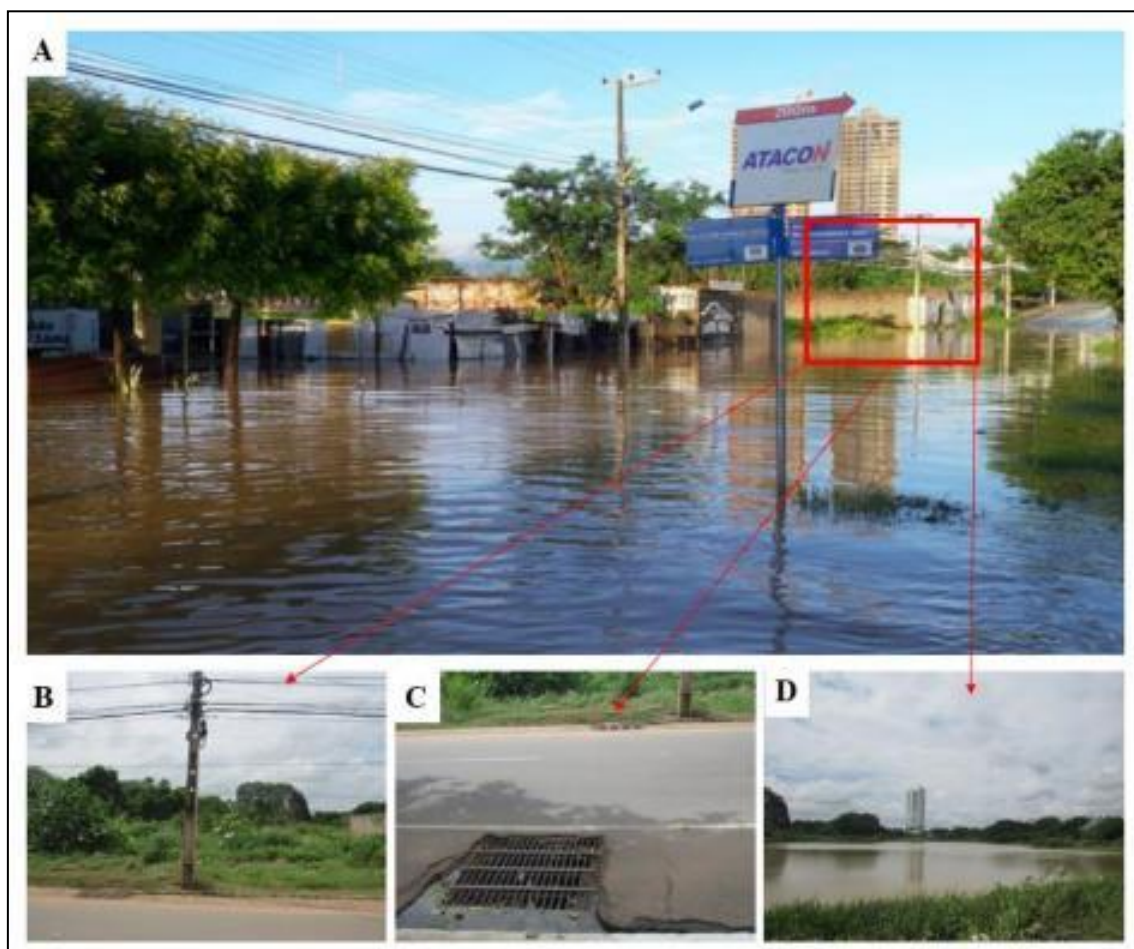
**Figura 8.** Uso e ocupação do ponto 12 na Av. Plácido Aderaldo Castelo, no bairro Lagoa Seca em Juazeiro do Norte - CE



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Observa-se a partir da Figura 8, que as edificações no entorno desse ponto estão nas áreas indicadas como alta e muita alta suscetibilidade, notando que o avanço da ocupação no entorno da lagoa não foi minimizado pela gestão municipal, haja vista que o local apresenta áreas residenciais e comercial em expansão. O jornal O Povo (2019) ao noticiar um episódio de inundação que ocorreu no dia 28/03/2019 salienta a recorrência do problema no local, mesmo quando não ocorre chuvas intensas, ocasionando alagamento no cruzamento entre a avenida Plácido Aderaldo Castelo e a rua Possidônio Bem devido ao grande volume d'água na pista (Figura 9).

**Figura 9.** Inundação na Av. Plácido Aderaldo Castelo devido ao transbordamento da lagoa da APUC em Juazeiro do Norte – CE



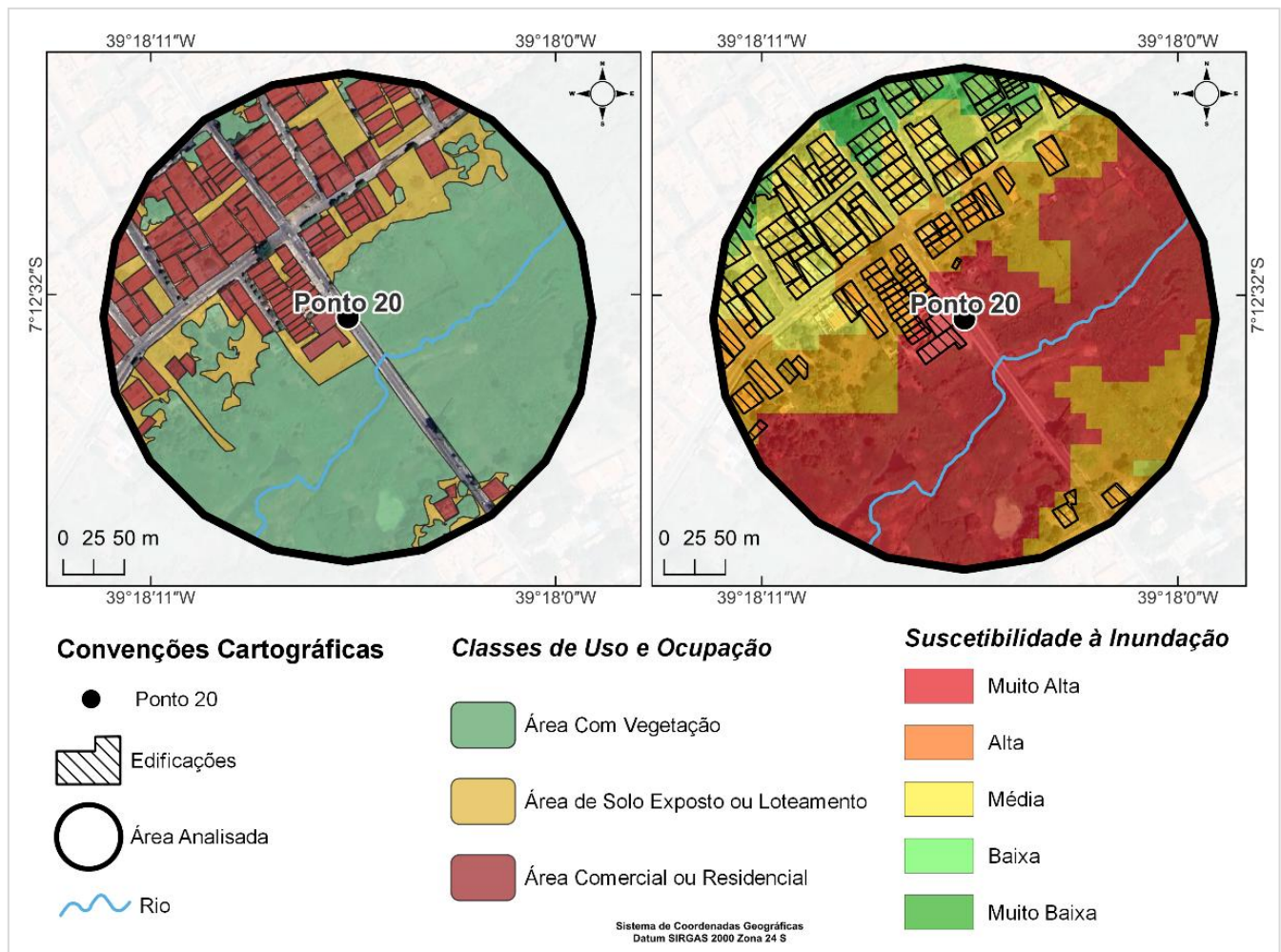
Fonte: O POVO (2019) e acervo pessoal do autor (2021).

Já o setor 3, o maior setor mapeado e assim como o setor 1, é afetado pela deficiência de uma macrodrenagem urbana e por ser densamente ocupado de forma desordenada e estar localizado entre os bairros Timbaúbas, José Geraldo da Cruz, Pirajá, Romeirão e Limoeiro. O setor possui a inexistência de tratamento de esgoto com lançamento de águas servidas no rio, o que desencadeia o risco de contaminação das águas subterrâneas, apresentando também acúmulo de lixo lançado no canal de drenagem, contribuindo na origem de doenças de veiculação hídrica.

Ainda neste viés, este setor, no período analisado apresentou 300 imóveis e 1200 pessoas em situação de risco (FREITAS, 2013). Assim como nos outros setores, Freitas (2013) evidencia que foram propostas medidas para mitigação, como remoção das pessoas em caso de chuvas intensas; proibição no avanço da ocupação próximo ao canal e recuperação da mata ciliar. Em específico para esse setor, foi sugerida a execução de obras de drenagem e saneamento, assim como também, a proibição de lançamento de resíduos sólidos e acúmulo de lixo no canal de drenagem.

O poder municipal não atendeu o que foi sugerido pela CPRM em nenhuma das gestões até o ano de 2023 os problemas com inundação ainda são recorrentes. Em algum dos trechos foram realizadas obras de drenagem, mas percebe-se que a área ainda está em consolidação e que a rede de esgoto continua sendo lançada na rede de drenagem, assim como o lixo. A partir da Figura 10, que representa o entorno do ponto 20, nota-se o avanço das edificações aos setores de alta suscetibilidade à inundação, o que gera preocupação pelo aumento de pessoas expostas a esse risco. Costa e Nora (2018) salientam que no percurso desses canais hídricos, às áreas verdes não são suficientes para evitar problemas relacionados às inundações, além da degradante situação das águas que correm abertamente.

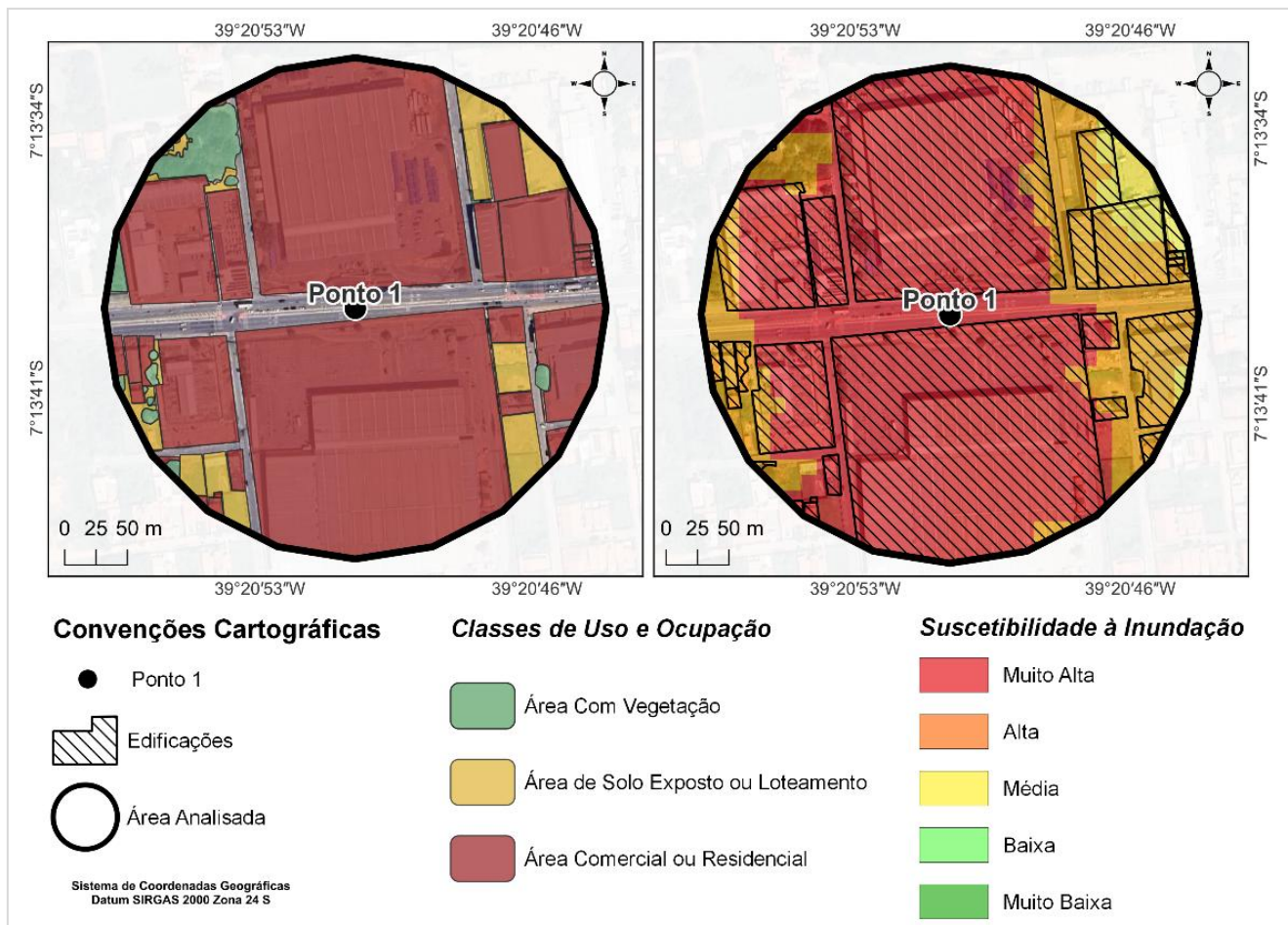
**Figura 10.** Uso e ocupação do ponto 20 na Av. Virgílio Távora, no bairro Aeroporto em Juazeiro do Norte - CE



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Vale ainda mencionar também o ponto 1 – Atacadão – que, apesar de não estar associado a um dos setores mapeados pela CPRM como área de alto ou altíssimo risco, representa uma área com registro de muitos episódios de alagamento e inundação. Ao observar a Figura 11 percebe-se que o entorno do ponto se refere a uma área comercial com algumas residências contendo vegetação mínima, sendo um setor de alta suscetibilidade à inundação apontado pelo resultado da aplicação do modelo *HAND*, tendo sua veracidade comprovada pelas notícias de jornais.

**Figura 11.** Uso e ocupação do ponto 1 na Av. Padre Cicero, no bairro São José em Juazeiro do Norte - CE



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

De acordo com as reportagens de jornal, o problema é recorrente nesse ponto. Mesmo com chuvas não muito expressivas o local registra pontos de alagamento e inundação como foi o caso do dia 23/03/2019 (Figura 12, imagens A e C) que acabou inviabilizando o trânsito na Av. Padre Cicero. O Diário do Nordeste (2022) ressalta que, em nota, a Secretaria de Infraestrutura do município menciona que reconhece que os pontos de alagamento são históricos, mas justifica dizendo que, para solucionar o problema, demanda obras de considerável investimento.

Vale enfatizar que essa não é uma realidade apenas de Juazeiro do Norte, mas sim, de inúmeras cidades brasileiras. Esses eventos, que desencadeiam os alagamentos e inundações, se caracterizam pela imprevisibilidade, embora aconteçam com mais frequência na quadra chuvosa, dependendo não apenas do acúmulo de chuva, mas também dos aspectos físico-

ambientais de onde esses acontecem (MACÊDO; SANTOS, 2021). Pontua-se também a relação conflituosa da sociedade com os rios, manifestando-se através das ocupações irregulares, lançamento de dejetos e resíduos domésticos e industriais, veiculação de doenças, ocorrência de enchentes, entre outras (TOURINHO *et al.*, 2021).

**Figura 12.** Impactos das chuvas registrado no ponto 1 – Atacadão, no bairro São José em Juazeiro do Norte – CE



Fonte: CETV 1ª Ed. e acervo pessoal do autor.

Ressalta-se que o Plano Diretor de Juazeiro do Norte, em seu artigo 85 da Lei nº 2.570, de 8 de setembro de 2000, estabelece que não deve haver ocupação em áreas sujeitas à inundação sem a adoção prévia de medidas adequadas de drenagem e proteção. Contudo, essa determinação não vem sendo cumprida, uma vez que diversos loteamentos e áreas de expansão urbana estão localizados justamente em zonas suscetíveis à inundação. Essas questões levantadas mostram a eficiência do modelo HAND no mapeamento de suscetibilidade à inundação, principalmente para o município de Juazeiro do Norte com a necessidade, para melhor representação da realidade, de imagens com alta resolução espacial.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise das reportagens de jornais permitiu identificar os bairros mais afetados pelos impactos das chuvas em Juazeiro do Norte. O bairro Lagoa Seca apresentou o maior número de registros, com 19 ocorrências, seguido pelo bairro São José, com 10 registros. Esses impactos estão relacionados à ocupação irregular das planícies fluviais, sobretudo ao longo do Riacho das Timbaúbas, e ao aterramento de antigos cursos d'água, como observado no bairro São José e em parte do Lagoa Seca. As principais ocorrências relatadas são alagamentos e inundações, predominando nas áreas que margeiam o Riacho das Timbaúbas.

O estudo realizado sobre a suscetibilidade a inundações em Juazeiro do Norte trouxe importantes informações para compreender e enfrentar os desafios relacionados a esse tipo de desastre. Através da análise dos resultados, ficou evidente que os bairros situados nas planícies dos rios Salgadinho, Timbaúbas e Touro são particularmente suscetíveis a inundações. No entanto, é importante destacar que o modelo HAND utilizado apresentou algumas superestimações, principalmente nas áreas próximas ao rio Salgadinho, devido as classificações incorretas de áreas de menor amplitude altimétrica como de alta suscetibilidade. Isso ressalta a necessidade de aprimorar o modelo, incorporando outras variáveis relevantes, a fim de obter resultados mais precisos e confiáveis.

Apesar das limitações, a validação do modelo com base nos registros de impactos relacionados a chuvas e na comparação com os mapas de risco de inundação da CPRM demonstrou uma correlação satisfatória entre as áreas identificadas como de alto risco pelo modelo HAND e as áreas com histórico de inundação. Essa constatação confirma a utilidade do modelo como uma ferramenta preliminar para identificar áreas vulneráveis e orientar ações preventivas e de mitigação de desastres.

É importante ressaltar que, além da suscetibilidade natural do terreno, os problemas de alagamento em alguns bairros de Juazeiro do Norte estão relacionados à impermeabilização do solo e à deficiência no sistema de drenagem urbana. Portanto, é essencial considerar não apenas a suscetibilidade, mas também fatores urbanos e de infraestrutura ao planejar medidas de adaptação e gestão de riscos.

Com base nos resultados obtidos, recomenda-se que as autoridades municipais e os órgãos responsáveis pela gestão de desastres em Juazeiro do Norte priorizem a implementação de ações que visem reduzir a vulnerabilidade das áreas identificadas como de alta suscetibilidade. Essas ações podem incluir melhorias na infraestrutura de drenagem, controle do uso e ocupação do solo, e educação da população em relação aos riscos e medidas de segurança. Além disso, é fundamental dar continuidade às pesquisas e aprimorar o modelo HAND, incorporando mais variáveis relevantes e validando-o com dados de campo.

Em última análise, o estudo da suscetibilidade a inundações em Juazeiro do Norte é um passo crucial na busca por uma melhor compreensão e preparação para lidar com esse tipo de desastre. Através da integração de dados e técnicas avançadas, espera-se que a gestão municipal, a partir de parcerias com outras esferas de poder, possa desenvolver políticas públicas, promover a segurança da população e minimizar os impactos das inundações em Juazeiro do Norte, levando em conta os atores sociais e as condições físico-ambientais do sítio urbano, minimizando a ocorrência desses impactos e a ocupação irregular desses locais com alta suscetibilidade, a partir de medidas estruturais e não estruturais.

## AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pelo apoio financeiro – Código de Financiamento 001. Ao Grupo de Pesquisa em Climatologia Tropical e Eventos Extremos (TROPOCLIMA/UFPE) e ao Grupo de Estudos em Bacias Hidrográficas e Climatologia do Semiárido (HIDROCLIMA/URCA).

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, M.; ASCENCIO, C.; CRISTOBAL, E. Indicadores para análise das narrativas jornalísticas sobre desastres: em busca de invisibilidades e saliências. Chasqui. **Revista Latinoamericana de Comunicación**, 0(144), 125-140, 2020.
- 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**, v. 20, 2017. DOI: 10.5380/abclima.v20i0.49792. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13951>. Acesso em: 7 mar. 2022.
- ASSINE, M. L. Bacia do Araripe. B. Geoci. **Petrobras**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 371-389, maio/nov. 2007.
- CARDOSO, C; SILVA, M. S; GUERRA, A. J. T. **Geografia e os riscos socioambientais**. Bertrand Brasil: Rio de Janeiro, 1. ed. p. 207, 2020.
- CEARÁ, Governo do Estado. Secretaria de Infraestrutura (SEINFRA). **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano do Município de Juazeiro do Norte**: Plano de Estruturação Urbana, 2000. Disponível em: <https://juazeiro1.websiteseuro.com/site/midia/9158/LEI%20N%C2%BA%202570-2000%20PARCELAMENTO%20E%20USO%20DO%20SOLO%20URBANO.pdf>. Acesso em: 03 mai, 2022.
- COSTA, J. M. L. M.; NORA, D. L. C. C. **Os Rios Urbanos De Erechim**: Médio Tigre. VIII Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFFS. v. 8 n. 1, 2018.
- DIÁRIO DO NORDESTE. **Forte chuva de 127 milímetros causa transtornos em Juazeiro do Norte**: Ruas e avenidas ficaram alagadas e crateras foram abertas em alguns bairros. A Secretaria de Infraestrutura disse que não "houve danos graves". Ceará, 2022. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/ceara/forte-chuva-de-127-milimetros-causa-transtornos-em-juazeiro-do-norte-veja-imagens-1.3293501>. Acesso em: 13/01/2023.

FREITAS, L. **Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa**: Juazeiro do Norte, CE. Relatórios Técnicos - CPRM, out, 2013.

FREITAS, R. B. **Estudo E Cadastro De Áreas De Risco De Inundação Na Área Urbana Do Município De Restinga Sêca-Rs**. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal de Santa Maria, Centro De Ciências Naturais E Exatas, Programa De Pós-Graduação Em Geografia, p.133, 2017.

HORA, S. B.; GOMES, R. L. Mapeamento e avaliação do risco a inundação do Rio Cachoeira em trecho da área urbana do Município de Itabuna/BA. **Sociedade & Natureza** [online]. 2009, v. 21, n. 2 [Acessado 7 Julho 2022] , pp. 57-75.

IBGE. **Perfil dos municípios brasileiros**: 2013. Coordenação de População e Indicadores Sociais. - Rio de Janeiro. IBGE, 2014.

IBGE. **Perfil dos municípios brasileiros**: 2020. Coordenação de População e Indicadores Sociais. - Rio de Janeiro. IBGE, 2021.

IBGE. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios**: síntese de indicadores. Coordenação de Trabalho e Rendimento. - Rio de Janeiro. IBGE, 2016.

IBGE. **Produto Interno Bruto dos Municípios**. 2018. Disponível em:<<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/juazeiro-do-norte/pesquisa/38/0?ano=2000>> Acesso IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará). **Análise do PIB dos Municípios Cearenses – 2020**. Disponível em:<[www.ipece.ce.gov.br](http://www.ipece.ce.gov.br)>. Acesso em 15 de dezembro de 2022. IPECE (Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará). **Juazeiro do norte**: perfil básico do município. Fortaleza/CE. 2017. Disponível em:<[www.ipece.ce.gov.br](http://www.ipece.ce.gov.br)>. Acesso em 28 de maio de 2022.

LAKATOS, M.; SZENTES, O.; CINDRI´C KALIN, K.; NIMAC, I.; KOZJEK, K.; CHEVAL, S.; DUMITRESCU, A.; IRAS,OC, A.; STEPANEK, P.; FARDA, A.; et al. **Analysis of Sub-Daily Precipitation for the PannEx Region**. *Atmosphere* 2021, 12, 838. <https://doi.org/10.3390/atmos12070838>

LIMA, A. P.; AMORIM, M. C. C. T. Análise de episódios de alagamentos e inundações urbanas na cidade de São Carlos a partir de notícias de jornal. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 15, p. 182-204, 2014.

LIMA, G. G.; RIBEIRO, S. C. **Geomorfologia e Paisagem do município de Juazeiro do Norte/CE: relações entre a natureza semiárida e os impactos antrópicos**. Revista Geonorte, Edição Especial, V.2, N.4, p.520 –530, 2012.

LUNA, V. F. **Eventos extremos de chuva e suscetibilidade a inundação em Juazeiro do Norte, Ceará**. 2023. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2023.

MACÊDO, J. A.; SANTOS, J. O. Caracterização de eventos máximos de precipitação no semiárido cearense. **Paper do Naea** 2021, Volume 30, Ed. 528, n. 1, 2021.

MENGUE, V. P.; SCOTTÁ, F. C.; SILVA, T. S.; FARINA, F. Utilização do Modelo HAND para mapeamento das áreas mais suscetíveis à inundação no Rio Uruguai. **Pesquisas em Geociências**, 43 (1): 41-53, jan./abr. 2016.

MILANESI, J.; QUADROS, E. L. L.; LAHM, R. A. Utilização Do Modelo Hand No Reconhecimento Dosterrenos Sujeitos A Inundação – Porto Alegre/RS. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, Nº 69/4, p. 675-686, 2017.

Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional – MDR. (2024). **Atlas Digital de Desastres Naturais do Brasil**. Brasília: Governo Federal. Disponível em: <https://atlasdigital.mdr.gov.br/>

MOMO, M. R.; PINHEIRO, A.; SEVERO, D. L.; CUARTAS, L. A.; NOBRE, A. D. Desempenho do modelo HAND no mapeamento de áreas suscetíveis à inundação usando dados de alta resolução espacial. **RBRH** vol. 21 no.1 Porto Alegre jan./mar. p. 200 – 208, 2016.

MONGE, J. S. **Aplicação do Modelo Hand para o Mapeamento de Áreas Factíveis à Inundação no Município de Blumenau – Santa Catarina**. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Ambiental e Sanitária, UNISUL, Palhoça – SC, p.54, 2018.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. A metodologia dos máximos de precipitação aplicada ao estudo de eventos extremos diários nos municípios de Crato, Fortaleza e Sobral-CE. **GEOTEXTOS(ONLINE)**, v. 13, p. 135-159, 2017.

MSEMO, H. E.; TAYLO, A. L.; BIRCH, C. E.; DOUGILL, A. J.; HARTLEY, A.; WOODHAMS, B. J. (2021). **What Do Weather Disasters Cost?** An Analysis of Weather Impacts in Tanzania. *Front. Clim.* 3:567162. doi: 10.3389/fclim.2021.567162

NOBRE, A. D.; CUARTAS, L. A.; HODNETT, M.; RENNÓ, C. D.; RODRIGUES, G.; SILVEIRA, A.; WATERLOO, M.; SALESKA, S. Height above the Nearest Drainage, a hydrologically relevant new terrain model. **Journal Hydrology**. v. 404, n. 1-2, p.13–29, 2011. doi:10.1016/j.jhydrol.2011.03.051

O POVO. **Lagoa transborda e interrompe trânsito em Juazeiro Do Norte**: De acordo com a Funceme, choveu 56 mm nas últimas 24 horas no município. Ceará, 28 mar. 2019. Disponível em: <https://www.opovo.com.br/noticias/cariri/2019/03/28/lagoa-transborda-e-interrompe-transito-em-juazeiro-do-norte.html>. Acesso em: 28 dez. 2022.

OCHA. **Natural Disasters In Latin America And The Caribbean**. Escritório das Nações Unidas para a Coordenação de Assuntos Humanitários – OCHA, p. 1 – 20, Jan. 2020. Disponível em: <https://reliefweb.int/report/world/natural-disasters-latin-america-and-caribbean-2000-2019>. Acesso em: 28/10/2022.

OLIMPIO, J. L. S. **Desastres naturais associados à dinâmica climática no estado do Ceará: subsídios à gestão dos riscos de secas e de inundações**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de Geografia, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2013.

PALACIO, O. D.; OLIVEIRA, C. W.; MEIRELES, A. C. M.; SOUZA JÚNIOR, T. G. Análise de Susceptibilidade a Alagamento em Juazeiro do Norte. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 14, n. 4, p. 2204–2219, 2021. DOI: 10.26848/rbgf.v14.4.p2204-2219. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbgfe/article/view/246292>. Acesso em: 1 fev. 2024.

PINHEIRO, G. M. **As chuvas extremas e suas repercussões no espaço urbano de Bauru/SP: 1978 a 2008.** 163f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

SANTOS, L. S. **Mapeamento da suscetibilidade a inundações no Município de Jaboatão dos Guararapes (PE) a partir do modelo HAND e MDT de alta resolução espacial.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2022

SANTOS, L.; ZAMPARONI, C. A. G. P.; OLIVEIRA, J. C. S. Suscetibilidade a inundações no perímetro urbano de Cáceres-MT. **Caderno de Geografia** [en linea]. 2017, 27(51), 623-641. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=333252999001>. Acesso em: 14/01/2023.

SCHUMACHER, R. S., & JOHNSON, R. H. Characteristics of U.S. Extreme Rain Events during 1999–2003, **Weather and Forecasting**, 21(1), 69-85, 2006.

Secretaria da Saúde do Estado do Ceará – SESA. (2024). **Boletim Epidemiológico: Vigilância de Desastres – 2023.** Fortaleza: Governo do Estado do Ceará. Disponível em: [https://www.saude.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/9/2018/06/Copia-de-Boletim\\_Epidemiologico\\_vigidesastres\\_2023.pdf](https://www.saude.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/9/2018/06/Copia-de-Boletim_Epidemiologico_vigidesastres_2023.pdf)

SOUZA, J. B. **Proposta metodológica para mapeamento de fragilidade ambiental: estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio do Peixe, MG.** Tese (Doutorado) – PUC - MG. Programa de Pós-Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial. Belo Horizonte, 217 p., 2021.

TEXEIRA, E. G. F. A; COSTA NETTO, M. L. Uma Análise Sobre O Crescimento E Desenvolvimento Econômicos Da Cidade De Juazeiro Do Norte – CE. Trabalho de Conclusão de Curso - Centro Universitário Doutor Leão Sampaio. Juazeiro do Norte – CE, p.23, 2018.

TOURINHO, H. L. Z.; LOPES, M. do S. B.; VIEIRA, M. R. S.; CABRAL, A. C. L. C. City's Master Plan of Belém (PA) and Water Urban Rives. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 10, p. e591101019159, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i10.19159. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/19159>. Acesso em: 15 jan. 2023.

ZANELLA, M. E. Caracterização climática e os recursos hídricos do estado do Ceará. In: SILVA, J. B. da.; DANTAS. E. W.; CAVALCANTE. T. (Org.). **Geografia do Ceará: Um novo olhar geográfico**. 2. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, P. 169-188, 2007.