




MÉTODO AVALIATIVO DE RISCO A INUNDAÇÃO EM ÁREAS URBANAS DO RIO GRANDE DO NORTE

Flood risk assessment method in urban areas of Rio Grande do Norte


Método de evaluación del riesgo de inundación en áreas urbanas de Rio Grande do Norte

Maurício Tolstói dos Santos Ferreira  

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Pós Graduação em Ciências Climáticas
mauriciotolstoi@gmail.com

Paulo Sergio Lúcio  

Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Pós Graduação em Ciências Climáticas
pslucio1964@gmail.com

Josemir de Araujo Neves  

Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN)
josemir.neves@gmail.com

Resumo: A urbanização brasileira ocorreu de uma forma diferenciada, nessa perspectiva os locais mais atrativos foram sendo ocupados pelo mercado imobiliário, enquanto isso a população com menor poder aquisitivo era forçada a ocupar áreas marginais das cidades, por serem economicamente atrativas, mas bastante perigosas. No estado do Rio Grande do Norte, as inundações é o segundo maior tipo de desastre recorrente. Do ano de 2003 a 2023 esse tipo de ocorrência chegou a 8%, perdendo apenas para as estiagens que somavam 92%, diante disso, ficamos defronte a seguinte problemática: qual é o comportamento das cheias do rio Piranhas-Açu? Qual o grau de risco de inundação das áreas urbanas de Alto do Rodrigues, Pendências e Carnaubais? Utilizamos a metodologia desenvolvida por Ferreira (2019). Que utilizou-se de mapas emergenciais de inundação combinando com o índice de vulnerabilidade, para a definição de um mapa final de risco. Sendo que três anos (1988; 2005 e 1985) foram selecionados para a construção dos Mapas emergenciais de inundação. Nos resultados, os mapas de risco exibiram gradações diferenciadas, que se estendem entre o leito menor e o maior, esse fator demonstrou que os municípios exercem certa pressão nos elementos ambientais, como os rios, tanto em Carnaubais como Pendências a zona de risco está muito próxima da malha urbana da cidade, no caso de Alto do Rodrigues a área de risco se projeta dentro da malha urbana da cidade, isso tudo demonstra o quanto pode estar vulneráveis os municípios e seus habitantes, de um país de dimensões continentais que nem o Brasil.

Palavras Chave: Mapas Emergenciais. Área de Risco. Desastres.

Abstract: Brazilian urbanization occurred in a different way, in this perspective the most attractive places were being occupied by the real estate market, while the population with lower purchasing power was forced to occupy marginal areas of the cities, because they were economically attractive, but quite dangerous. In the state of Rio Grande do Norte, floods are the second largest type of recurrent disaster. From 2003 to 2023 this type of occurrence reached 8%, second only to droughts that added up to 92%, in view of this, we are faced with the following problem: what is the behavior of the floods of the Piranhas-Açu River? What is the degree of flood risk in the urban areas of Alto do Rodrigues, Pendências and Carnaubais? We used the methodology developed by Ferreira (2019). That emergency flood maps were used combining with the vulnerability index to define a final risk map. Three years (1988; 2005 and 1985) were selected for the construction of the emergency flood maps. In the results, the risk maps showed differentiated gradations, which extend between the smaller and the larger bed, this factor demonstrated that the municipalities exert a certain pressure on the environmental elements, such as the rivers, both in Carnaubais and Pendências the risk zone is very close to the urban fabric of the city, in the case of Alto do Rodrigues the risk area is projected within the urban fabric of the city, all this demonstrates how vulnerable the municipalities and their inhabitants can be, in a country of continental dimensions like Brazil.

Keywords: Emergency Maps. Risk Area. Disasters.

Resumen: La urbanización brasileña se dio de otra manera, en esta perspectiva los lugares más atractivos estaban siendo ocupados por el mercado inmobiliario, mientras que la población con menor poder adquisitivo se vio obligada a ocupar zonas marginales de las ciudades, ya que eran económicamente atractivas, pero bastante peligrosas. En el estado de Rio Grande do Norte, las inundaciones son el segundo tipo de desastre recurrente más grande. De 2003 a 2023 este tipo de ocurrencia alcanzó el 8%, solo superada por las sequías que sumaron el 92%, en vista de esto, nos enfrentamos al siguiente problema: ¿cuál es el comportamiento de las inundaciones del río Pirañas-Açu? ¿Cuál es el grado de riesgo de inundación en las áreas urbanas de Alto do Rodrigues, Pendências y Carnaubais? Se utilizó la metodología desarrollada por Ferreira (2019). Que se utilizaron mapas de inundaciones de emergencia para que coincidieran con la vulnerabilidad, para la definición de un mapa de riesgos final. Se seleccionaron tres años (1988; 2005 y 1985) para la construcción de los mapas de inundaciones de emergencia. En los resultados, los mapas de riesgo mostraron gradaciones diferenciadas, que se extienden entre el lecho menor y el lecho mayor, este factor demostró que los municipios ejercen cierta presión sobre los elementos ambientales, como los ríos, tanto en Carnaubais como en Pendências la zona de riesgo está muy cerca de la trama urbana de la ciudad, en el caso de Alto do Rodrigues la zona de riesgo se proyecta dentro de la trama urbana de la ciudad, todo esto demuestra lo vulnerables que pueden ser los municipios y sus habitantes, en un país de dimensiones continentales como Brasil.

Palabras clave: Mapas de Emergencia. Área de Riesgo. Desastres.

Submetido em: 01/03/2024

Aceito para publicação em: 12/12/2024

Publicado em: 22/12/2024

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história da civilização, o homem sempre buscou ocupar áreas próximas aos corpos hídricos, esse é o caso, por exemplo, da Mesopotâmia com os rios Tigre e Eufrates, e do Egito com o rio Nilo. Tal padrão de ocupação se deu dentre outros fatores para subsistência dessas civilizações.

Na atualidade com o advento tecnológico o homem não necessita de tal proximidade com os corpos d'água, porém nas cidades pelo mundo, muitas ainda preservam o contexto histórico de ocupação próxima aos rios, no Brasil o processo de urbanização se deu de forma desigual, no qual as áreas centrais e de alto padrão construtivo foram sendo parceladas pelo grande mercado imobiliário. Dessa forma a parcela da população com baixo poder aquisitivo foi sendo restringida a localidades com baixo valor econômico.

Tais áreas que foram sendo ocupadas são localidades que por muitas vezes possui uma infraestrutura precária, próxima a córregos, encostas e até margens de rios, isso fez com que a população que habita esses locais, encontre-se em possível situação de vulnerabilidade socioambiental. Esse fato se desvela principalmente durante os períodos mais chuvosos, pois durante esse tipo de evento, estes locais ficam suscetíveis aos riscos de enchentes, inundações e deslizamentos de terra (IPT, 2007). No Brasil, inúmeras dessas ocorrências são registradas, um fator desencadeado principalmente pela ocupação desordenada nessas localidades, boa parte desses casos poderiam ter sido evitados, mas a fragilidade das gestões municipais se faz presente ao conceber aval construtivo de empreendimentos que adentram cada vez mais os leitos de rios, canais e encostas (GARCIAS, 2001).

Os desastres naturais por outro lado são eventos atípicos que ocorrem pela própria dinâmica natural do globo terrestre (NUNES, 2015). Porém, as pessoas que são atingidas pelas consequências destes eventos, revelam a falta de planejamento urbano durante o processo de urbanização das cidades, os locais atingidos pelos desastres por muitas vezes são inadequados, possuem pouca ou nenhuma infraestrutura e contém grande parte da população residente de baixa renda, essa característica se dá por serem áreas atrativas ao poder econômico dessa parcela da sociedade, entretanto bastante perigosos (VEYRET, 2007). Nessa ótica a drenagem urbana é um item essencial na mitigação dos desastres relacionados a períodos chuvosos e se traduz na forma de saneamento básico (TUCCI, 2012).

O fato é que com o crescimento das cidades, próximo aos rios, seja para subsistência ou fatores socioeconômicos, fez com que as áreas urbanas aumentassem significativamente no sentido interior (CUNHA, 2009). De forma que, o saneamento básico foi deixado de lado, e a falta desse mecanismo de promoção à saúde pública repercute nos dias atuais, como sendo o maior responsável pelo o aumento expressivo das filas de pacientes na rede pública de saúde com problemas relacionados à água contaminada, principalmente após períodos de enchentes e inundações, entre as doenças mais comuns estão: a leptospirose, a cólera, hepatite A, disenteria, salmonela, dentre outras (AIRES, 2018).

Atrélado à drenagem deficitária em maior parte dos municípios brasileiros, ocorre também canalização bem como a degradação de leito dos rios e encostas, causadas por atividades socioeconômicas como salinas, tanques de camarões, mineradoras ou agroindústrias que retiram a mata ciliar, sem a manutenção mínima prevista em lei o que amplifica substancialmente os efeitos dos eventos climáticos nas comunidades ribeirinhas, que são as mais afetadas, ou seja, “quanto maior for o grau de intervenção antrópica, no ambiente, maiores serão as possibilidades da ocorrência de catástrofes, que geralmente envolvem todos os tipos de perdas materiais e humanas” (CABRAL, 2013 p. 216).

Nesse contexto vale ressaltar a diferença entre vulnerabilidade e perigo de inundação, a vulnerabilidade é entendida como o grau de exposição para o ambiente por parte de um grupo social, e em determinada área espacial (IPT, 2007). Enquanto para definirmos perigo, ele é concebido como a probabilidade de ocorrência de um determinado evento extremo, mas também “pode ser definido como as consequências do acontecimento” (VEYRET, 2007). Para o IPT (2007) o perigo é uma “condição ou fenômeno com potencial para causar uma consequência desagradável”. Para ambas as perspectivas o perigo envolve danos e consequências. Vale fazer uma ressalva que quando uma área possui a possibilidade de um potencial evento extremo, mas sem perdas ou danos a comunidade, essa área atingida por tal fenômeno é tida como suscetível (IPT, 2007).

Ou seja, a susceptibilidade se define basicamente como a ocorrência de um evento numa área, mas sem danos ou consequências catastróficas a sociedade. Nesse caso, a grosso modo, a susceptibilidade teria uma característica mais natural enquanto a vulnerabilidade seria entendida por uma definição socioeconômica, juntos esses dois aspectos contribuem para a construção direta do mapa de risco. Nesse sentido o risco pode ser definido sobre dois

tipos distintos: o risco ambiental e o natural, no primeiro caso o risco é construído sobre a ocupação desordenada de locais, com potencial vulnerabilidade socioambiental, são fortes exemplos de risco ambiental: Os alagamentos, enchentes, queimadas, inundações, dentre outros.

Para o risco natural tem-se todos os tipos de eventos extremos que não podem ser evitados e nem mitigados pelo homem, dentre os principais vale salientar: as erupções vulcânicas, terremotos, tsunamis, tempestades, furacões, etc. Todos estes fenômenos podem apresentar perigo (*hazard*) bastante elevado, o homem pode estimar seus danos a partir de seus registros anteriores, estes que condicionam impactos socioambientais (NUNES, 2015). Contudo nem sempre o tempo de resposta tem sido efetivo a ponto de evitar as perdas humanas. O zoneamento de risco pressupõe o intuito da precaução contra desastres ambientais, sendo o desastre a concretização efetiva do fenômeno (VEYRET, 2007).

O termo risco foi designado pela primeira vez durante a renascença, sendo gestado nas ciências econômicas na Itália, e foi utilizado como parâmetro para avaliar o padrão de consumo e a relação entre a melhora das condições e do padrão de vida da sociedade, e se difundiu nos países ricos europeus (VEYRET, 2007). Mas apenas com Bertalanffy (1977), foi desenvolvida uma técnica, que utilizava um conjunto de dados multidisciplinares que se aproxima das técnicas multivariadas atuais.

Com a intensificação do efeito estufa, no final da década de 80 o pressuposto da precaução ganha destaque ao ser inserido no relatório Brundtland e no direito internacional, sob a temática que define o conceito de desenvolvimento sustentável e essa primeira aproximação com o conceito de risco ainda ressoou na conferência do Rio de Janeiro em 1992 (ECO – 92) (VEYRET, 2007), e que ajudou a institucionalizar a lei de política nacional do meio ambiente nº 6.938/81, art. 4º que dispõe sobre os objetivos da política nacional do meio ambiente, e o inciso V pelo qual visa a: “difusão de tecnologias de manejo do meio ambiente, à divulgação de dados e informações ambientais e à formação de uma consciência pública sobre a necessidade de preservação da qualidade ambiental e do equilíbrio ecológico.” (BRASIL, 2008).

A sequência de mecanismos constitucionais que foram sendo criados culminou no decreto Nº 7.257 de Agosto de 2010, no qual dirime em seu Art. 4º: “II - realizar estudos, avaliar e reduzir riscos de desastres”. (BRASIL, 2019), dentre seus muitos elementos, ou seja,

esse decreto institucionaliza a prevenção dos desastres por meio do mapeamento e monitoramento de risco bem como do perigo nos municípios em âmbito nacional (MONTEIRO; KOBİYAMA, 2014). Diante do exposto diversos trabalhos encontrados na literatura vão de acordo com esse decreto Nº 7.257, entre eles vale destacar os trabalhos de Hora (2009) que utilizou como unidade espacial o município de Itabuna na Bahia e Saueressig (2012) com Itaqui no Rio Grande do Sul, onde ambos utilizaram o modelo do IPT (2007), para estimar, localizar e definir áreas com risco de inundação em zonas urbanas, dos respectivos municípios.

Almeida (2012) fez um estudo de caso na cidade de Fortaleza no Ceará, perante a urbanização da sua região metropolitana e as inundações da bacia do rio Maranguapinho, onde o mesmo atrela uma quantidade de variáveis importantes para explicação do fenômeno, entre elas a precipitação e a posição da ZCIT em determinados períodos do ano. Além disso, outra característica que contribui para a inundação de zonas urbanas de Fortaleza se deve à baixa altimetria da região que tanto se aproxima ao nível médio do mar, como determinados locais estão no mesmo nivelamento costeiro.

Monteiro e Kobiyama (2014) evidenciaram uma proposta metodológica para mapear áreas com perigo de inundação, para o município de Ilhota em Santa Catarina, para isso eles basearam-se na modelagem hidrológica e hidrodinâmica, gerando um índice de perigo com os dados de profundidade e velocidade de escoamento da lâmina de água, o que resulta na confecção de três mapas de inundação com as respectivas TR de 5, 20 e 100 anos. Partindo da mesma perspectiva, Bazzan (2011). Desenvolveu uma cartografia semelhante à utilizada neste artigo, com um estudo de áreas de risco de inundação do Rio dos Sinos no município de São Leopoldo no Rio Grande do Sul, apesar do autor trabalhar com a percepção vivida.

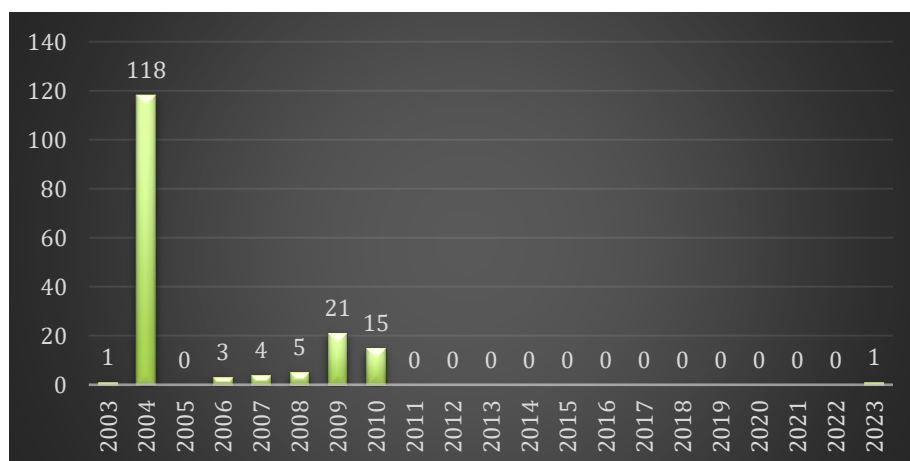
Brito (2017) utilizou a mesma metodologia adaptada por Silva Jr. (2010) com relação a vulnerabilidade social, na construção do mapa final de risco a inundação, divergindo na construção dos mapas de cheias obtidos a partir da modelagem hidrológica e hidráulica do rio a partir de dados do satélite TRMM, enquanto, que, Silva Jr. utilizou mapas de construção participativa obtidos por entrevistas a comunidade para o desenho das manchas das cheias no seu trabalho.

Outra abordagem para construção de mapas de inundação está ligada ao desenvolvimento de cartografia pós-desastre, nesse âmbito encontra-se alocado os mapas

emergenciais, onde de acordo com o decreto 7.257 a situação emergencial é representada em seu Art. 2º por: “III - situação de emergência: situação anormal, provocada por desastres, causando danos e prejuízos que impliquem o comprometimento parcial da capacidade de resposta do poder público do ente atingido” (BRASIL, s./p. 2019). Por ser uma situação inesperada a cartografia dos mapas emergenciais necessita de uma construção que varia entre 24 a 48 horas, após a ocorrência do evento, e seu intuito busca o auxílio das autoridades no resgate de vítimas bem como mitigar os danos a população, dessa forma o mesmo serve para caracterizar as áreas atingidas, servindo como base para avaliação dos danos (SAUSSEN; LACRUZ, 2015).

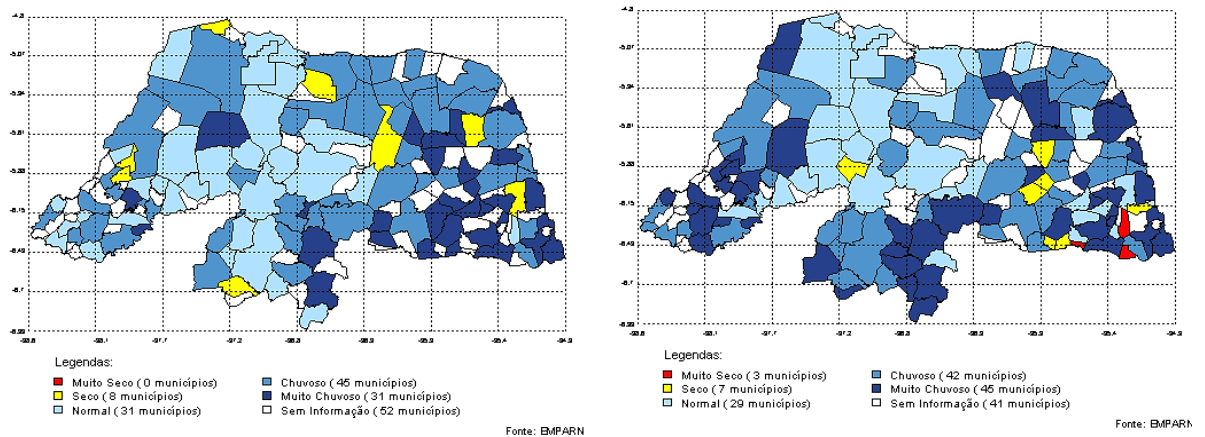
E nesse contexto em que a pesquisa foi concebida, onde se busca avaliar o grau de risco de inundação para três áreas urbanas no estado do Rio Grande do Norte, utilizando para tanto como recorte espacial as cidades de Pendências, Alto do Rodrigues e Carnaubais, além de comparar o risco delas entre si, as quais são entrecortadas pelo Rio Piranhas-Açu (Figura 5) e possui um histórico contundente de inundações registradas principalmente nos seguintes anos: 2004, 2009 e 2010 (Figura 1). Esses anos corresponderam a anos muito chuvosos no Rio Grande do Norte, o que justificou a pesquisa desse tema, visto a ocorrência desse tipo de desastre na região (Figura 2).

Figura 1 - Ocorrência de Inundações graduais no Rio Grande do Norte.



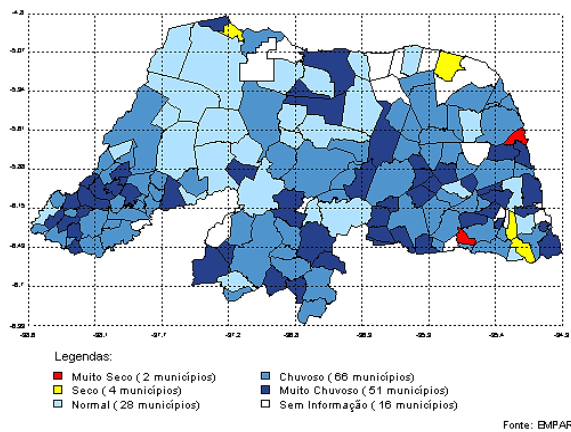
Fonte: Adaptado do S2ID, 2024.

Figura 2 - Distribuição de Chuvas no RN.

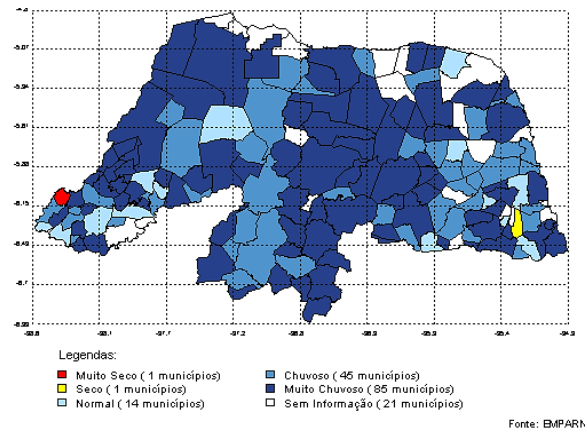


(a) 2000

(b) 2004



(c) 2008

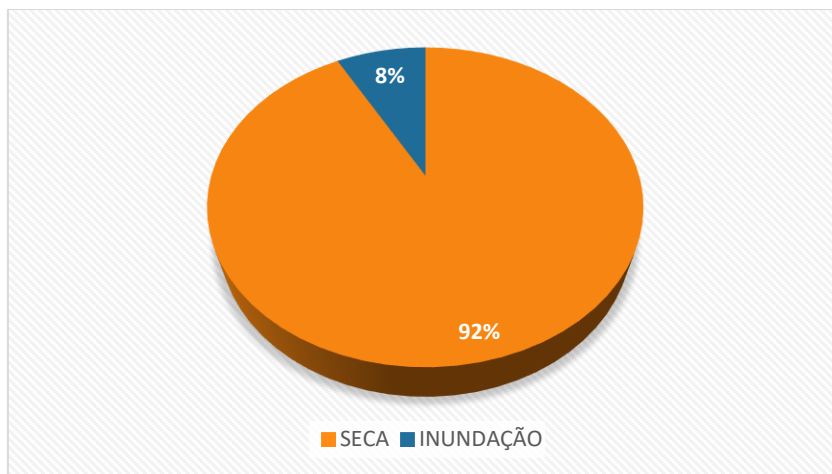


(d) 2009

Fonte: EMPARN, 2018.

Historicamente, no Rio Grande do Norte, a região que mais sofre com inundações é a Bacia do Rio Piranhas-Açu (IDEMA, 2009; CEPED, 2011; NEVES ET AL, 2016, 2017). Dados do Sistema Integrado de Informações de Desastres (S2ID, 2024) demonstram que dos desastres mais recorrentes no Estado as inundações, graduais ou bruscas, aparecem com percentuais representativos de 8%, só ficando atrás das estiagens ou secas que são muito mais frequentes cerca de 92% (Figura 3).

Figura 3 - Desastres mais recorrentes no Rio Grande do Norte – Período: 2003-2023.



Fonte: S2ID, 2024.

O acumulado da precipitação dos anos chuvosos de 2008 a 2009 foi responsável pela inundação de uma extensa área do rio piranhas-açu, que ocasionou no extravasamento do leito maior, invadindo as residências causando transtornos para a população, em forma de danos materiais, afetando a economia no estado do RN, na figura 4 identifica-se a magnitude da inundação bem como o raio de alcance da inundação nos trechos urbanos de Pendências e Alto do Rodrigues.

Figura 4 - Detalhe da inundação nas cidades de Pendências e Alto do Rodrigues-RN.



(a) Pendências

(b) Alto do Rodrigues

Fonte: IDEMA, 2009.

Partindo desse contexto histórico de inundações, suscitou-se a importância de identificar o comportamento das cheias do rio Piranhas-Açu por meio do grau de risco de inundação das áreas urbanas de Alto do Rodrigues, Pendências e Carnaubais. Com base nos períodos de cheias e inundações, sabendo que já ocorreu frequentemente esse tipo de desastre ambiental, para isso mapeamos o risco de inundação atrelado ao recorte de estudo, utilizando, para tanto, a metodologia dos mapas emergenciais na delimitação do perigo combinando com a vulnerabilidade dos setores censitários, uma técnica desenvolvida por Silva Jr. (2010) e adaptada por Brito (2017).

2. METODOLOGIA

A bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açu corresponde a uma área de drenagem de 43.681,50 Km², abrangendo parte dos Estados do Rio grande do Norte (40%) e a Paraíba (60%). O Rio Piranhas-Açu nasce na Serra de Piancó, na Paraíba, e desemboca próximo a cidade de Macau, no Rio Grande do Norte. É um rio intermitente que foi perenizado por dois reservatórios: Curema e Mãe d'Água, na Paraíba, e a barragem Armando Ribeiro Gonçalves, no Rio Grande do Norte, com capacidades de armazenamento de 1,3 e 2,4 bilhões de metros cúbicos de água, respectivamente (CBH-PIRANHAS-AÇU, 2010).

A Bacia do Rio Piranhas-Açu está totalmente inserida no semiárido, razão pelo qual apresenta precipitações entre 400 e 800 mm anuais, concentradas nos meses de fevereiro a maio, e no restante do ano, predomina o período seco com precipitações irregulares. A concentração de chuvas associada a geomorfologia da região com solos rasos sobre um substrato cristalino, com baixa capacidade de armazenamento, torna os rios intermitentes na sua quase totalidade. As altas taxas de evapotranspiração (aproximadamente 2000 mm/ano) ocasionam um déficit hídrico significativo influenciando a operação dos reservatórios (CBH-PIRANHAS-AÇU, 2010).

As três áreas urbanas propostas neste trabalho se caracterizam por estarem localizadas na região do Vale do Assu, próximo ao litoral setentrional do estado do RN, com uma pluviosidade média de aprox. 650 mm anuais e temperaturas elevadas que ultrapassam os 22º celsius o que caracteriza o clima dessa região como semiárido, de acordo com a classificação climática de koppen, seu clima é definido principalmente por características

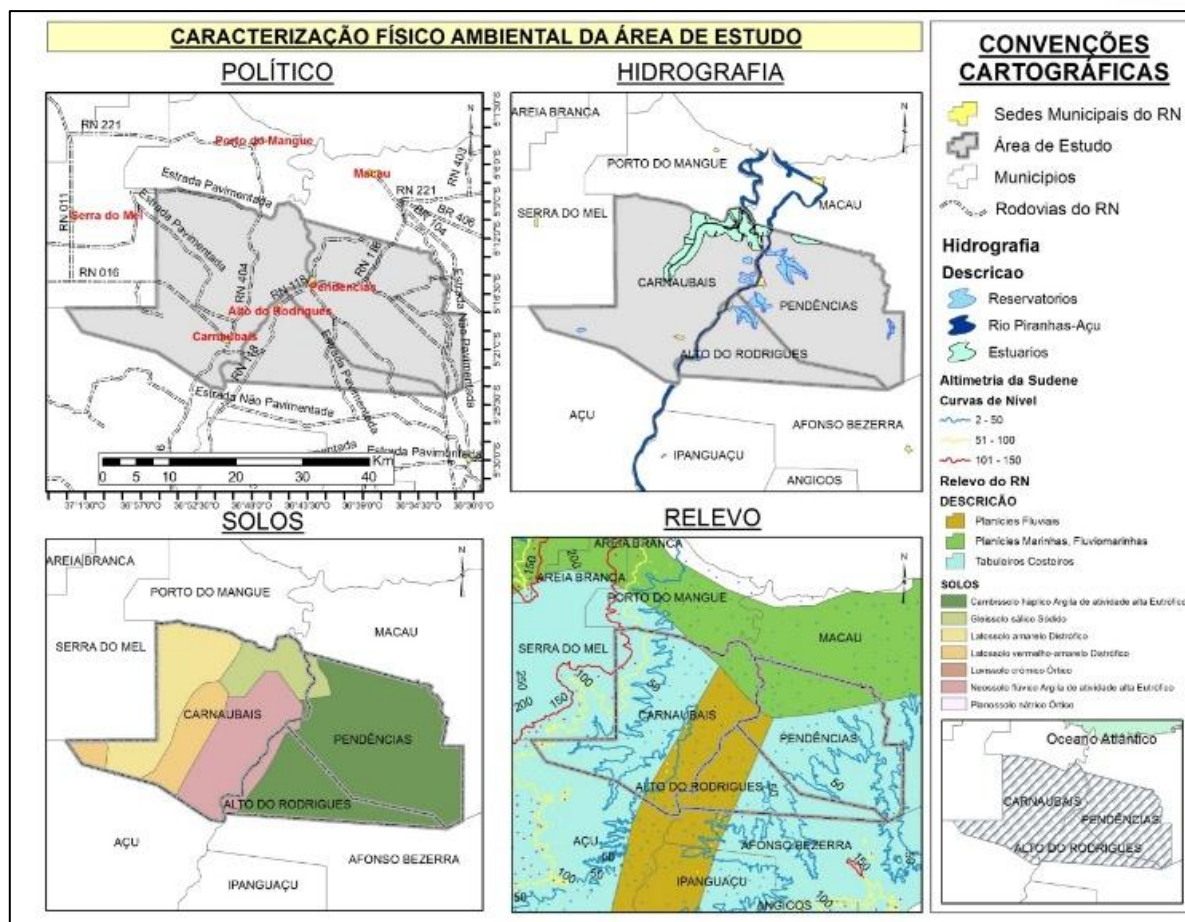
relacionadas ao relevo, fenômenos de mesoescala como a ZCIT e macroescala a exemplo do El-niño e da La-niña (TORRES, 2017).

Alto do Rodrigues apresenta uma área total correspondente a 191,334 km² e uma população de 12.305 habitantes segundo o último censo do IBGE (2018), enquanto, Pendências possui uma área de 419,137 km² e uma população de 13.432 pessoas. Carnaubais tem área total de 517,737 km² com uma população de pouco mais de 9.762 habitantes. Ambas as cidades são entrecortadas pelo Rio Piranhas-açu, que possui uma importância fundamental para atividades como agricultura através da fruticultura irrigada e a carcinicultura, além da pecuária intensiva, o que propicia o desenvolvimento dessas localidades. O petróleo na cidade de Alto do Rodrigues também tem destaque, contudo denota-se pouco desenvolvimento urbano na cidade, bem como nesse sentido chega a se assemelhar com a cidade de Carnaubais, apesar da presença de tal atividade com rendimentos substanciais.

Esses municípios aqui escolhidos são praticamente conurbados excetuando a cidade de Carnaubais que fica na margem oeste do rio, ligadas pela rodovia estadual RN-118 (Figura 5), e se assemelham não apenas por compartilhar de um mesmo curso d' água, como também de determinadas características físicas ambientais dentre elas o mesmo tipo de vegetação caracterizado pela caatinga que se faz presente cobrindo os três municípios. O relevo possui poucas ondulações sendo caracterizado como predominantemente tabuleiros costeiros, seguido pelas planícies marinhas e a planície fluvial do rio principal, além de um solo pouco desenvolvido definido como um cambissolo háplico (Figura 5), ou seja, possui o horizonte A e B proeminentes e pouco incipientes de nutrientes, o que dá a ele uma tonalidade mais clara.

Nesse sentido determinadas culturas exigem maior cuidado frente aos períodos de estiagem bem como certas correções de solo podem ser primordiais para o desenvolvimento expressivo da agricultura nesses municípios. Por outro lado, se tem como segundo tipo de solo mais proeminente o neossolo flúvico eutrófico (Figura 5) o que de acordo com a EMBRAPA (2018) são de “grande potencialidade agrícola”, porém estão em áreas com risco de inundação, pois se desenvolvem próximo a drenagens, o terceiro tipo de solo é o gleissolo sálico sódico, que se caracteriza pela alta concentração de sais o que impossibilita a produção de natureza agrícola.

Figura 5 - Caracterização físico-ambiental da Área de Estudo.



Fonte: Autor (2018).

2.1. Procedimentos Metodológicos

2.1.1. Mapas Emergenciais de Inundação

O mapeamento de manchas de inundação pressupõe dois tipos básicos de abordagens: na primeira o pesquisador pode realizar uma modelagem hidrodinâmica, enquanto a segunda é concebida de uma situação onde o evento observado em si é desenhado (MONTEIRO; KOBAYAMA, 2014). Ateamos, contudo ao segundo caso, onde intitulosmos os mapas como emergenciais devido à natureza de sua concepção.

Os mapas emergenciais foram elaborados a partir de imagens orbitais do satélite LANDSAT 5, possuindo o tamanho total por imagem de: 185 km², e uma resolução de 30m (por pixel), as mesmas foram obtidas por meio de uma taxa de revisita média de 16 dias pelos sensores (INPE, 2019). Com isso, selecionamos períodos de eventos: normais, chuvosos e

muito chuvosos. Estes mapas foram construídos levando em consideração a disponibilidade das imagens, maior ápice do fenômeno, e/ou menor taxa de cobertura de nuvens nas imagens. Nessa perspectiva tais mapas, contribuíram no ato de não só de demonstrar uma cheia real, mas como também fidelizar o modelo de risco, demonstrando com exatidão a área inundada (MONTEIRO; KOBAYAMA, 2014).

Nesse sentido o mapa emergencial, serviu basicamente neste trabalho como mapa de ameaça a inundação, a definição do nível de ameaça neste trabalho foi definida pela frequência de ocorrência na caracterização dos períodos de precipitação com os quantis (FERREIRA, 2019). Sendo assim, como a maior frequência desses períodos de chuva na área de estudo é para anos normais estes anos e a referência da lâmina de água do rio foram classificados como de alto risco, para os anos chuvosos ameaça moderada e muito chuvoso foi definido como baixo risco. O que definiu os níveis de ameaça de inundação, além do, uso dos quantis foi a recorrência de eventos, frente a caracterização climática.

Embora o mapa emergencial seja utilizado geralmente após uma catástrofe, sendo construído no tempo máximo de 24 às 48h, seguida do ocorrido, tendo como seu objetivo principal auxiliar as autoridades com as equipes de resgate e socorro (SAUSSEN; LACRUZ, 2015). Após a escolha das imagens, foi dado início ao tratamento e georreferenciamento das mesmas, subsequente a isso foi feita uma composição colorida falsa-cor, no infravermelho, onde elementos como a água e vegetação ficaram mais evidentes.

Esse fator, deriva do fato de que a bandas utilizadas como a de absorção da água nos elementos (físicos-naturais) é representada pela banda 3 (0,63 - 0,69 μ m) enquanto na banda 4 (0,76 - 0,90 μ m) onde temos a alta reflectância da vegetação apresentando prioritariamente uma cor avermelhada na imagem, e conseqüentemente essa faixa espectral é a melhor banda com alta absorção da água, o que torna uma banda espectral ideal na delimitação de corpos hídricos (INPE, 2019). Com a reinserção da banda 4 como contraste a propriedade relativa a absorção da água foi recuperada, dessa maneira os corpos hídricos não ficaram pixelados apresentando uma cor escura (negra), o que contribuiu na vetorização do trecho alvo do estudo com mais qualidade e refino cartográfico, haja vista que com a aplicação do contraste é possível a diferenciação de solo exposto e massa d'água por exemplo.

2.1.2. Mapas de Vulnerabilidade Social

Para construir o índice de vulnerabilidade social, utilizamos a mesma metodologia desenvolvida por Brito (2017), para definição de áreas vulneráveis socialmente, essa técnica se ampara no uso de variáveis socioeconômicas do último censo (2010) para delimitação de setores censitários com vulnerabilidade, onde se tem o seguinte quadro esquemático:

Quadro 1 – Descritivo de Variáveis para Vulnerabilidade Social.

Variável	Sigla	Descrição
População Total	Pop_T	Quanto maior a densidade populacional maior será a vulnerabilidade do setor.
População com Faixa etária de 0-4 anos de idade	Pop_0-4	A população nessa faixa etária de idade se torna muito fragilizada devido à dependência para com seus familiares.
População com Faixa etária maior que 60 anos de idade	Pop_>60	A população nessa faixa etária de idade se torna muito fragilizada devido a dificuldades de locomoção e dependência.
População analfabeta	Pop_A	A população apresenta dificuldades em compreender situações de cunho emergencial.
Renda Per capita da população até 70 reais	Pop_R	Apresentam maior dificuldade de resiliência devido ao poder aquisitivo.
Elementos essenciais vulneráveis	ES	Quanto maior a concentração de elementos essenciais por setor Vulnerável: mercado, hospitais, bancos, etc. maior a vulnerabilidade.
Unidades de Resposta	UR	Unidades de resposta são importantes na diminuição da vulnerabilidade, como: escolas, hospitais e igrejas, pois servem como unidades de socorro.

Fonte: Adaptada de Brito (2017).

Utilizamos as mesmas variáveis do trabalho de Brito (2017) e nessa perspectiva a fórmula (1) de vulnerabilidade social se concebe da seguinte forma:

$$V = \frac{(Pop_T + Pop_{0-4} + Pop_{>60} + Pop_A + Pop_R + ES) - UR}{7}$$

Com base nos dados obtidos do IBGE, estes foram agrupados e classificados em três grupos de vulnerabilidade (baixa, moderada e alta), segundo a sua porcentagem em relação ao total de cada variável analisada. Após a classificação os dados foram inseridos na equação anterior e se obteve a taxa de vulnerabilidade do setor censitário. Para a classificação e agrupamento onde se fez necessário a seguinte chave de referência:

Quadro 2 - Chave 1: Agrupamento e Classificação de variáveis.

Vulnerabilidade	Classificação	Pop_T	Pop_0-4	Pop_>60	Pop_A	Pop_R
Baixa	1	<10%	<10%	<10%	<10%	<10%
Moderada	2	10 a 20%	10 a 20%	10 a 20%	10 a 20%	10 a 20%
Alta	3	>20%	>20%	>20%	>20%	>20%

Fonte: Brito, 2017.

No que tange aos elementos essenciais (ES), eles são considerados como os instrumentos urbanos essenciais para vida, tais como: mercados, escolas, centrais energéticas, poços de água, postos de saúde, bancos, hospitais, farmácias dentre outros. Sua chave de vulnerabilidade é definida a partir da densificação dos instrumentos no setor censitário (Quadro 3), ou seja, quanto maior a quantidade desses equipamentos numa área ameaçada pelo perigo de inundação, maior é a vulnerabilidades desses objetos técnicos no espaço geográfico.

Quadro 3 – Chave: 2 Agrupamento e Classificação dos elementos essenciais.

Vulnerabilidade	Classificação	ES por setor censitário
Baixa	1	Até 2
Moderada	2	2 a 5
Alta	3	>5

Fonte: Brito, 2017.

Para delimitar as unidades resposta (UR), elas servem principalmente como contraponto aos (ES), nesse sentido as UR's são delimitadas pelos instrumentos que dão suporte ao socorro de pessoas atingidas pelos desastres. Nesse âmbito três equipamentos públicos se sobressaem como maiores responsáveis no acolhimento das vítimas, que são os hospitais, igrejas e escolas. Nesse contexto, quanto maior a densificação desses objetos técnicos (Quadro 4), menor a vulnerabilidade atrelada ao setor censitário. Para isso, foi feito a média ponderada das UR's a ser estruturada na seguinte fórmula:

$$UR = \frac{(\sum n^{\circ} \text{ de hospitais} * 2,5) + (\sum n^{\circ} \text{ de escolas} * 2) + (\sum n^{\circ} \text{ de igrejas} * 1)}{5,5}$$

A partir da média ponderada das UR's é possível criar um quadro com a classificação de vulnerabilidade, de acordo com a seguinte gradação:

Quadro 4 - Vulnerabilidade das UR's por setor censitário.

Vulnerabilidade	UR por setor Censitário
Alta	≤ 1
Moderada	1 ≤ 2
Baixa	> 2

Fonte: Brito, 2017.

Utilizando os resultados na fórmula (1) da vulnerabilidade socioambiental, a composição dos resultados se expressa na seguinte ordem:

Quadro 5 – Chave: 3 Definição de vulnerabilidade social.

Vulnerabilidade	Classificação	Vulnerabilidade por setor
Baixa	1	$V < 0,9$
Moderada	2	$0,9 \leq V < 1,2$
Alta	3	$V > 1,2$

Fonte: Brito, 2017.

De posse dos dados de vulnerabilidade social, utilizamos a fórmula de Rebelo (2003), onde **R** na fórmula significa risco de inundação, o **A** é a ameaça ou perigo e **V** a vulnerabilidade, se estruturando da seguinte forma:

$$R = A \times V$$

Para avaliar a ameaça de inundação nos municípios trabalhados aqui, foram delimitados três conjuntos: Alta, Moderada e Baixa Ameaça em função dos mapas emergenciais de inundação. A definição do nível de ameaça neste trabalho se deu pela frequência de ocorrência na caracterização dos períodos de precipitação, sendo assim, como a maior frequência desses períodos na área de estudo é para anos normais estes foram classificados como de alto risco.

Para os anos chuvosos como dito anteriormente, convencionou-se como ameaça moderada e para anos muito chuvosos de baixa ameaça, uma vez que a frequência de ocorrência para esses anos é relativamente pouco frequente. Foram desconsiderados os anos muito secos e secos uma vez que a precipitação nesses anos é muito baixa, o que não justifica, portanto, a ocorrência de cheias no rio Piranhas-açu.

Quadro 6 - Níveis de Ameaça de inundação proposto no trabalho.

Ameaça	Classificação	Caracterização
Baixa (Mancha de Inundação de Ano Muito Chuvoso)	1	Baixo risco
Moderada (Mancha de Inundação de Ano Chuvoso)	2	Moderado
Alta (Mancha de Inundação de Ano Normal).	3	Alto risco

Fonte: Adaptada de Brito (2017).

Na última etapa, os mapas de vulnerabilidade são sobrepostos com os mapas de ameaça de inundação. Onde a partir do quadro 7, se estratifica a relação de risco, embasado na metodologia de Brito (2017) como pode ser visto a seguir:

Quadro 7 - Classificação do Risco por Vulnerabilidade e Níveis de ameaça.

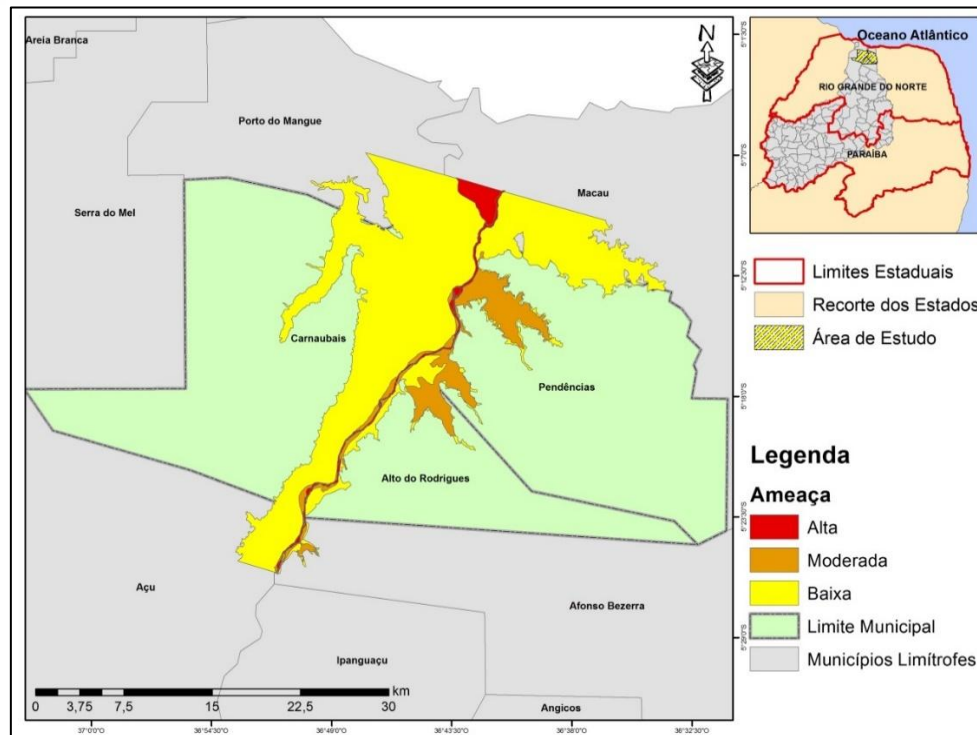
Vulnerabilidade Social			
Ameaça	Alta	Moderada	Baixa
Alta	alto	alto	moderado
Moderada	alto	moderado	baixa
Baixa	moderado	baixa	baixa

Fonte: adaptada de Brito (2017).

3. DESENVOLVIMENTO

As manchas de inundação apresentam gradação diferenciada se estendendo do leito menor até o maior, ou seja, o maior perigo atrelado as cheias se encontram na mancha de baixa ameaça, que conseqüente representa o ano com maior intensidade pluviométrica, e pela natureza da localidade, este é um período relativamente longo para tal acontecimento, definido neste trabalho como ano muito chuvoso.

Figura 6 - Mapa de Ameaça a Inundação.



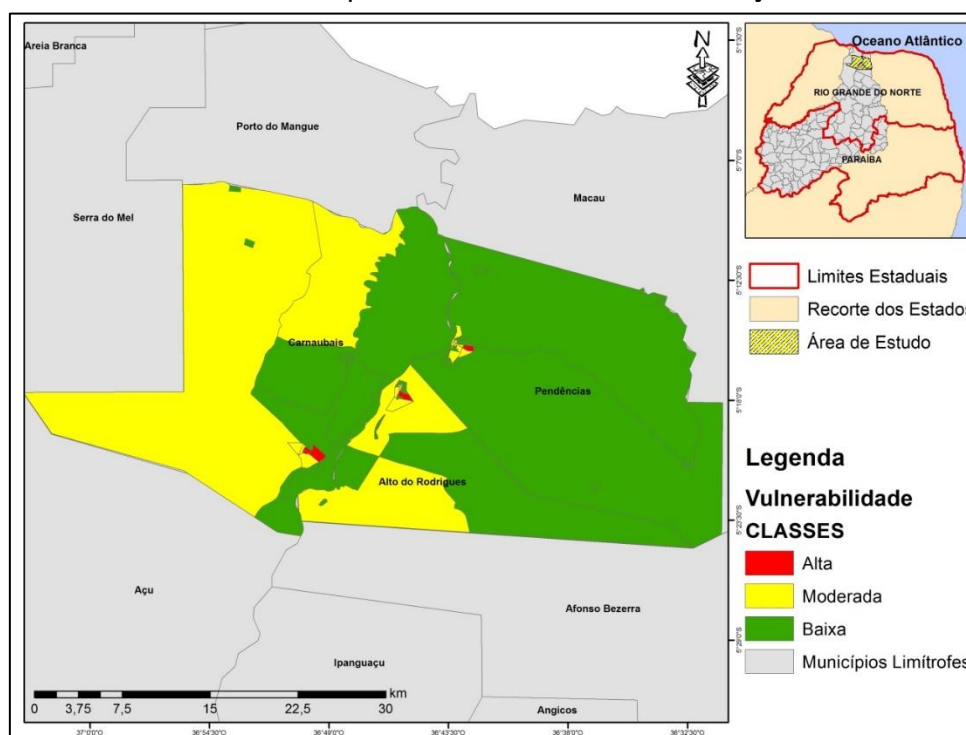
Fonte: Autor (2019).

Estas classificações representam basicamente a tendência em anos que tal evento com essa magnitude tem de ocorrer, nessa percepção quanto mais extrema a ameaça menor sua probabilidade de ocorrência (MONTEIRO; KOBIYAMA, 2014). Nota-se que as áreas de alta (1988) e moderada (2008) ameaça encontram-se próximas à calha do rio de onde se localizam os centros urbanos de Alto do Rodrigues e Pendências. O centro de Carnaubais por estar mais distante do rio está na área de baixa ameaça. A área de baixa ameaça é uma área extensa que está representada pela ocorrência da principal grande cheia do ano de 1985 e atinge principalmente as áreas rurais desses municípios. Ou seja, para definir o tipo de ameaça, pautamos na frequência em que o mesmo pode vir a ocorrer (FERREIRA, 2019).

A configuração diferenciada de manchas de inundação em períodos diversos denota a influência da variabilidade de chuvas que a bacia pode aportar, e essa mudança brusca na área de inundação (figura 6) reflete uma maior concentração de chuvas a montante do rio (NETO ET AL, 2015).

A vulnerabilidade social apresenta maior proeminência baixa, nos maiores setores censitários, seguidos pelas configurações moderada e de alta vulnerabilidade, restringida principalmente nos centros urbanos dos respectivos municípios (Figura 7).

Figura 7 - Mapa de Vulnerabilidade a Inundação.

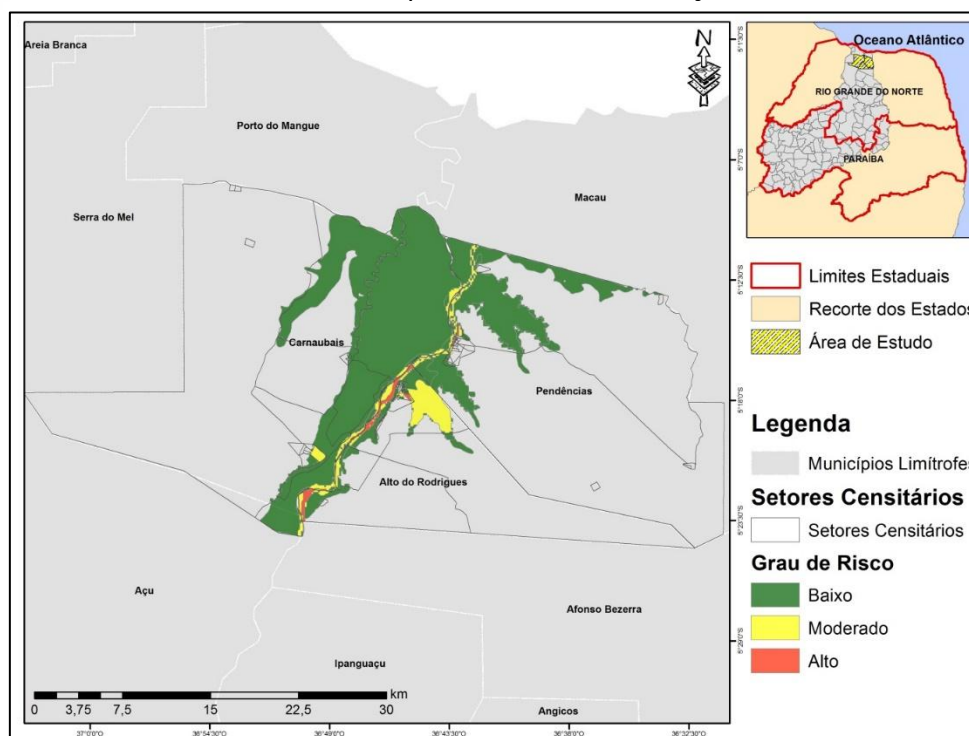


Fonte: autor (2019).

Esse mapa de vulnerabilidade evidencia a exposição pela qual os centros urbanos da área de estudo estão preparados frente aos desastres no âmbito socioeconômico, nesse sentido demonstra quais são os setores censitários mais vulneráveis, que necessitam de uma atenção do poder público e quais estruturas devem ser melhoradas para tornar a população destes municípios, menos exposta, a exemplo disso, certos equipamentos de promoção a saúde devem estar situadas em locais elevados, e em locais mais seguros frente a situação de uma inundação ou enchente, pois se trata da primeira linha de socorro, não só isso mas o próprio planejamento urbano dos bairros deve ser repensado tendo em vista a proximidade e o histórico de inundações de uma cidade ou município.

Combinando os mapas de ameaça com a vulnerabilidade de acordo com a fórmula de Rebelo (2003), identifica-se uma concentração de áreas de risco alto e moderado localizado principalmente entre a calha principal vertendo para a borda do leito maior com o baixo risco (Figura 8).

Figura 8 - Mapa de Risco de Inundação.



Fonte: autor (2019).

A classificação apresenta uma variação de risco diferenciada do leito menor para o maior, nesse sentido há setores que acendem uma luz de alerta aos gestores públicos, por estarem muito próximos ao raio de exposição de risco. Diante disso, se faz necessário promover políticas públicas de urbanização que diminuam a exposição dessas populações a fim de mitigar os danos que porventura um desastre pode vir a propiciar, como por exemplo, saneamento básico, recuperação de áreas degradadas, construção de moradias em locais seguros e afastados do potencial de ameaça.

Nas manchas urbanas, observa-se a presença de áreas de risco que tendem a surgir no sentido do leito menor para o maior (figuras 9, 10 e 11), ou seja, da calha principal para a planície de inundação e quanto mais perto da calha mais o risco aumenta, dessa maneira as residências ribeirinhas são as primeiras atingidas numa situação de evento extremo (HORA; GOMES, 2009).

Na figura 9 observa-se a panorâmica da cidade Pendências, donde se vislumbra um recorte espacial da área urbana e a mesma apresenta áreas de risco, onde, o baixo risco se projeta sobre alguns trechos da cidade, quando avançamos para oeste temos o risco moderado como intermediário seguido do Alto risco, este último demarcando uma grande

área, contudo o local onde se deu essa espacialização já possuiu registros contundentes de inundação (ver figura 4a).

Figura 9 - Malha Urbana de Pendências em Detalhe.



Fonte: autor (2019).

A priori num primeiro momento a cartografia representa certa fidelidade com a realidade e neste sentido se aproxima com resultados obtidos pelos seguintes autores: Junior (2010); Magalhães *et al* (2011) e Almeida (2012), estes obtiveram resultados bem relevantes e de extrema qualidade, pela precisão que seus mapas adquiriram utilizando pra isso, dados de uma realidade observada (MONTEIRO; KOBIYAMA, 2014).

Seguindo a mesma linha de desenvolvimento na figura 10, o núcleo urbano da cidade de Alto Rodrigues apresenta um risco diferenciado, isso se deve principalmente ao Índice de Vulnerabilidade (IVI) que de maneira mais geral apresenta maior vulnerabilidade nas áreas centrais, nessa perspectiva Almeida (2011) evidenciou padrões parecidos ao estudar a Região Metropolitana de Fortaleza, com seu Índice de Vulnerabilidade Socioambiental. E esse aspecto repercute no mapa de risco do nosso trabalho, concentrando o risco em locais que depreendem um maior empenho do gestor público para mitigar os possíveis danos que evento extremo possa oferecer nas áreas mais centrais da mancha urbana.

Figura 10 - Malha Urbana de Alto do Rodrigues em Detalhe.



Fonte: autor (2019).

Na figura 10, o risco se espacializa principalmente pelas categorias de risco baixo e moderado, um forte contribuinte para esse tipo de configuração, além do (IVI) é a presença de grandes lagoas que transbordam durante eventos de caráter extremo (ver figura 4b), é claro que seja pouco provável que a mancha urbana desse município durante a maior inundação desse rio em 1985, não tinha o tamanho que tem hoje, dessa forma, faz com que Alto do Rodrigues seja o município com o maior risco de inundação atrelado, na (figura 10) uma inundação de mesma proporção ou similar, atingiria uma boa parcela da população, chegando a atingir até mesmo regiões centrais da cidade.

A área urbana do município de Carnaubais, entretanto, possui relativa distância da calha principal do rio, representando assim pouco risco de inundação na cidade, apesar de apresentar uma vasta área com risco moderado (figura 11). Nessa perspectiva uma situação de evento extremo, como a ocorrida em 1985, à cidade de Carnaubais (figura 11), é atingida na porção mais oeste da sua malha urbana, apesar desse risco ser moderado, de forma geral esse município encontra-se mais protegido frente aos desastres, do que Pendências e Alto do Rodrigues, mas isso é relativo ao tipo de inundação do Rio Piranhas.

Figura 11 - Malha Urbana de Carnaubais em Detalhe.



Fonte: autor (2019).

A médio longo prazo, considerando o tipo de ameaça, quando nos referimos à inundação. Faz-se importante os representantes da sociedade desempenharem um papel fundamental em diminuir essas disparidades sociais, bem como de mitigar os danos à sociedade, nesse sentido o decreto 7.257 de 2010 em seu 2º Art. É bem específico na relação entre gestor e a defesa civil e seus papéis quanto aos danos relativos à sociedade dos desastres: “1 – (...) evitar desastres e minimizar seus impactos para a população e restabelecer a normalidade social” (BRASIL, 2019). No primeiro trecho do fragmento do decreto é importante identificarmos a palavra evitar o desastre, mas no caso de o mesmo ser inevitável, reduzir seus impactos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mancha de alto risco se estende pela área onde se desenvolve atividades de carcinicultura (figura 4a). E de uma maneira mais geral uma extensa área do vale do Açú é impactada pela ocorrência de cheias, que apesar de ocorrerem em menor frequência, quando ocorrem trazem grandes prejuízos tanto para as populações urbanas e rurais como para as atividades de cunho agrícola dentre elas a pecuária, carcinicultura e fruticultura.

A proposta metodológica se mostrou de certa forma coerente, haja vista, os resultados obtidos e a realidade observada, quando comparado o mapa de risco (figura 8) com as imagens da última cheia (figura 4), as áreas de risco coincidem com as imagens aéreas, esse

fato deve-se principalmente ao uso de cheias reais para a delimitação da ameaça que foram obtidas por meio dos mapas emergenciais de Ferreira (2019). E nesse sentido, os mapas indicaram os principais trechos de risco na área de estudo e com isso nos permite dizer que a metodologia utilizada evidenciou um trabalho de qualidade que pode encontrar seu principal respaldo no decreto 7.257 por meio do Art. II que dispõe sobre a importância de: “realizar estudos, para avaliar e reduzir riscos de desastres” (BRASIL, 2019).

O objetivo principal do trabalho era estratificar o risco na área estudada, acreditamos que esse ponto foi atingido, por meio da caracterização da vulnerabilidade e o mapeamento das cheias, onde identificamos alguns pontos próximos a malha urbana, que necessitam de certa atenção por parte dos gestores públicos quanto a pressão exercida pelo crescimento desordenado das cidades.

REFERÊNCIAS

AIRES, Elaine. **7 Doenças causadas pela Água do Esgoto** [Online] // Tua Saúde. - maio de 2018. - 24 de julho de 2018. - <<https://www.tuasaude.com/doencas-causadas-pelo-esgoto/>>.

ALMEIDA, L.Q. **Riscos Ambientais e Vulnerabilidades nas Cidades Brasileiras: Conceitos, metodologias e aplicações** – São Paulo – SP: Cultura Acadêmica, 2012.

BAZZAN, Thiago. **Modelagem Cartográfica de Áreas com Risco de Inundação**, Pôster. Campos, São José. Campinas – SP, 2011.

BERTALANFFY, Ludwig Von. **Teoria Geral dos Sistemas**. 3ª ed. Petrópolis, Vozes, 1977.

BRASIL. Planalto – Casa Civil. **DECRETO Nº 7.257, DE 4 DE AGOSTO DE 2010**. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ Ato20072010/2010/Decreto/D7257.htm Acesso em: 08 de Nov. de 2019.

BRASIL. Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios** / Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

BRASIL. **Ministério do Meio Ambiente**. Consultoria Jurídica. Legislação Ambiental Básica. Brasília, UNESCO, 2008.

BRASIL. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – (S2ID), Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – (SEDEC). Ministério da Integração e do Desenvolvimento. Disponível em: <https://s2id.mi.gov.br/paginas/relatorios/> Acesso em: 09 de Dez. de 2024.

BRITO, Tainara Ramos. // **Modelagem hidrológica e hidráulica a partir de dados TRMM aplicada à análise de risco em áreas inundáveis: estudo de caso do município de Atalaia.** - Maceió: [s.n.], 2017.

CABRAL, Cláudio José. **Atuação dos Sistemas Atmosféricos como Causadores de Enchente no baixo curso do Rio Capibaribe, em maio de 2011, no município de São Lourenço da Mata - PE** [Seção do Livro] // Mudanças Climáticas e Biodiversidade / A. do livro GALVÍNCIO Josiclêda Domiciano e SOUZA Werônica Meira de. - Recife: Universitária da UFPE, 2013.

Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres (CEPED) – Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. **Atlas brasileiro de desastres naturais 1991 a 2010: volume Rio Grande do Norte.** Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Florianópolis: CEPED, UFSC, 49 p., 2011.

CUNHA, Sandra Baptista da. **Canais Fluviais e a Questão Ambiental** [Seção do Livro] // A Questão Ambiental / A. do livro Cunha Sandra Baptista da e Guerra Texeira Antonio José. - Rio de Janeiro : Bertrand, 2009.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - (EMBRAPA); Agência Embrapa de Informação Tecnológica - (AGEITEC) Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solostropicais/arvore/CONT000gn230xho02wx5ok0liq1mqfveqah8.html>. Acesso em: 11 de dez. 2018.

Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte (EMPARN). **Monitoramento pluviométrico.** Disponível em: <http://adcon.rn.gov.br/ACERVO/EMPARN/DOC/DOC000000000168361.PDF>. Acesso em: 01 nov. 2018.

FERREIRA, M.T.S. **MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DO GRAU DE RISCO DE INUNDAÇÃO EM ÁREAS URBANAS.** 2019 123p. [Dissertação] (Mestrado em Ciências Climáticas) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte/RN, 2019.

GARCIAS, Carlos Mello. **Indicadores de qualidade ambiental urbana** [Seção do Livro] // Indicadores Ambientais: Conceitos e Aplicações / A. do livro MAIA Borlina Nilson, MARTOS Lejask Henry e BARRELA Walter. - São Paulo: EDUC/COMPED/INEP, 2001.

HORA, S.B. **Mapeamento e Avaliação do Risco a Inundação do rio Cachoeira em trecho da área Urbana do município de Itabuna/BA.** 2009 101p. [Dissertação] (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Santa Cruz/BA, 2009.

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. [Artigo] Uberlândia, **21** (2): 57-75, ago. 2009.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). IBGE Cidades. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>>. Acesso em 12 dez 2018.

Instituto de Desenvolvimento Econômico e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA). **Relatório de sobrevoo: Rio Piranhas-Açu (Executado em 12-05-2009)**. Natal, RN, 2009. 28p.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Divisão de Geração de Imagens (DIGI)**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/Suporte/files/Cameras-LANDSAT57_PT.php>. Acesso em 08 de nov. 2019.

JUNIOR, Orleno Marques. // **Análise de Risco a Inundação na cidade de Alenquer - estado do Pará** (Dissertação). - Belém: [s.n.], 2010.

MAGALHÃES, I.A.L.; THIAGO, C.R.L.; AGRIZZI, D.V.; SANTOS, A.R. **Uso de geotecnologias para mapeamento de áreas de risco de inundação em Guaçuí, ES: uma análise comparativa entre dois métodos**. Cadernos de Geociências, Disponível em: < www.cadernosdegeociencias.igeo.ufba.br>, v. 8, n. 2, nov. 2011.

MONTEIRO, Leonardo Romeiro; KOBAYAMA, Masato. **Proposta de metodologia de mapeamento de perigo de inundação**. [Artigo] REGA – Vol. 10, no. 2, p. 13-25, jul./dez. 2014.

NEIL, Smith. **Desenvolvimento Desigual**: Bertrand Brasil, Rio de Janeiro/RJ, 1988.

NETO, S.L.R.; RICARDO, G.S.; MENDES, C.F.; CUNHA, M.B. **Modelagem Hidráulica dos eventos de inundações em Lages (SC)**. [Anais] VI – Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Porto Alegre/SC, 23 a 26 de nov. 2015.

NEVES, J.A.; FERREIRA, M.T.S.; SOUZA, T.J.; MEDEIROS, J.D.F.; MAIA, A.G. Uso de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTS) no monitoramento de eventos extremos na Bacia do Rio Piranhas-Açu - Rio Grande do Norte e Paraíba. In: XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 1., 2016, Aracaju, SE. **Anais...** Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2016. Disponível em: <<http://www.evolvedoc.com.br/srhne/detalhes-198uso-de-veiculos-aereos-nao-tripulados-vants-no-monitoramento-de-eventos-extremos-na-bacia-do-rio-piranhas-acu-rio-grande-do-norte-e-paraiba>>. Acesso em: 17/11/2016.

NEVES, JOSEMIR ARAUJO; MELO, SILVIO DE BARROS; SAMPAIO, EVERARDO VALADARES DE SÁ BARRETO. An Index of Susceptibility to Drought (ISD) for the Semiarid Brazilian Northeast. Revista Brasileira de Meteorologia (Impresso), v. 31, p. 177-195, 2016.

NEVES, J.A.; MEDEIROS, J.D.F.; MAIA, A.G.; SOUZA, T.J.; FERREIRA, M.T.S. MAPEAMENTO DE ÁREAS SUJEITAS A INUNDAÇÃO COM VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS (VANTS) NO SEMIÁRIDO NORDESTINO. In: XX CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 1., 2017, Petrolina, PE. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2017.

NUNES, Lucí Hidalgo. **Urbanização e Desastres Naturais**. São Paulo: Oficina de textos, 2015.

SAUERESSIG, Silene Raquel. **Zoneamento das Áreas de Risco de Inundação da Área Urbana de Itaqui/RS**. 2012 101p. [Dissertação] (Mestrado em Geografia e Geociências) – Universidade Federal de Santa Maria/RS, 2012.

SAUSSEN, Tania Maria; LACRUZ, Maria Silvia Pardi, Org. **Sensoriamento Remoto para Desastres**. Editora Oficina de Textos, São Paulo/SP, 2015.

TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira. **Introdução à climatologia**. Ed. CENGAGE, 2017.

TUCCI Carlos E.M. **Gestão da Drenagem Urbana** [Livro]. - Brasília : IPEA, 2012.

VEYRET, Yvette. **Os Riscos**: O homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo, Contexto, 2007.