

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA NATUREZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO
E MEIO AMBIENTE



MAIANE BARBALHO DA LUZ

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PROPENSAS A INUNDAÇÃO E ANÁLISE DA
VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
CUIÁ/JOÃO PESSOA/PB

JOÃO PESSOA - PB
MARÇO – 2021

MAIANE BARBALHO DA LUZ

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PROPENSAS A INUNDAÇÃO E ANÁLISE DA
VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO
CUIÁ/JOÃO PESSOA/PB**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Desenvolvimento e Meio Ambiente da Universidade Federal da Paraíba, para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Hamilcar José Almeida
Filgueira

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Camila Cunico

JOÃO PESSOA – PB

MARÇO – 2021

L979i Luz, Maiane Barbalho da.

Identificação de áreas propensas a inundação e análise da vulnerabilidade socioambiental na bacia hidrográfica do Rio Cuiá/João Pessoa/PB / Maiane Barbalho da Luz. - João Pessoa, 2021.

124 f. : il.

Orientação: Hamilcar José Almeida Filgueira.

Coorientação: Camila Cunico.

Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCEN.

1. Desastres por inundação. 2. Vulnerabilidade socioambiental. 3. Planejamento territorial. 4. Sustentabilidade. 5. Risco de desastres. I. Filgueira, Hamilcar José Almeida. II. Cunico, Camila. III. Título.

UFPB/BC

CDU 504.4:556.166(043)

MAIANE BARBALHO DA LUZ

**IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS PROPENSAS A INUNDAÇÃO E ANÁLISE DA
VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO CUIÁ/JOÃO PESSOA/PB**

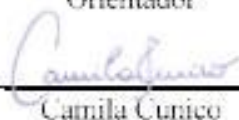
Dissertação apresentada ao Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA – da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Desenvolvimento e Meio Ambiente.

Trabalho Aprovado, João Pessoa, 23 de Março de 2021.

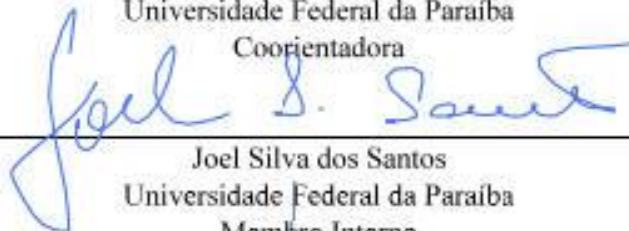
BANCA EXAMINADORA



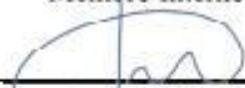
Hamilcar José Almeida Filgueira
Universidade Federal da Paraíba
Orientador



Camila Cunico
Universidade Federal da Paraíba
Coorientadora



Joel Silva dos Santos
Universidade Federal da Paraíba
Membro Interno



Saulo Roberto de Oliveira Vital
Universidade Federal da Paraíba
Membro Externo

JOÃO PESSOA – PB

MARÇO - 2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelo dom da vida que me concedeu, pela saúde, por ter abençoado meu caminho, por ter me dado a oportunidade de concluir essa etapa da minha vida, por conhecer, conviver e aprender com as pessoas que citarei abaixo.

Aos meus pais, Marisa e Marcos, que são exemplos de honestidade, amor, educação e esforço. São pessoas de grande importância que contribuíram diretamente para minha formação, fornecendo suporte em toda a minha jornada, o meu eterno obrigada.

Ao meu esposo, João Marcos, pela paciência, pelo ombro amigo e pelo incentivo em meus momentos mais difíceis, você é um presente de Deus na minha vida.

À Amanda Queiroga pelo laço de amizade que construímos desde a graduação, por me ajudar quando precisei, pelo companheirismo, pelas conversas e pelas risadas. A vida se torna mais leve assim.

Aos colegas de grupo de pesquisa, Carlos, Rafaella, Maria Luiza e Arthur. Vocês contribuíram muito com o desenvolvimento e a conclusão desse trabalho.

Aos meus colegas de curso do PRODEMA, que tanto aprendi e dividi experiências, vocês são muito importantes para mim, agradeço pelo laço de amizade e companheirismo que construímos.

Aos meus orientadores, Hamilcar e Camila, pela sua disposição em aceitar meu pedido de orientação, pela transmissão do vosso conhecimento e experiência, pelas correções e incentivo para a construção da minha dissertação de mestrado e de artigos.

Aos professores da rede PRODEMA - UFPB que muito me ensinaram a buscar um olhar interdisciplinar em toda situação e contribuíram para a minha formação.

À Joel da Silva Santos e Saulo Roberto de Oliveira Vital por aceitarem fazer parte da minha banca de qualificação e de defesa e, por todas as contribuições dadas para o aperfeiçoamento desse trabalho.

À **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES)**, pela bolsa outorgada.

E a todos os que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada!

RESUMO

Os eventos extremos relacionados à fenômenos naturais têm causado sérios problemas para a humanidade, tendo como consequências: prejuízos materiais, ambientais, um intervalo provisório das atividades econômicas e até perdas de vidas. O objetivo deste trabalho foi de avaliar a vulnerabilidade socioambiental para o risco de desastres por inundação da bacia hidrográfica do rio Cuiá (BHRC), João Pessoa, Paraíba. Os mapas de áreas suscetíveis à inundação com diferentes resoluções espaciais foram gerados pelo modelo descritor do terreno *Height Above the Nearest Drainage* (HAND), a partir de Modelos Digitais de Elevação, e processados pelos *softwares* TerraView e QGIS. O perfil socioeconômico também foi espacializado no QGIS para cada setor existente, sendo empregadas informações dos setores censitários disponíveis no censo demográfico de 2010, com seus indicadores sociodemográficos pertinentes. A partir dos mapas gerados, observou-se que as manchas de inundação se concentraram nas regiões Sul e Oeste da BHRC. Dos bairros presentes nessa, os que apresentaram mais manchas de inundação, bem como mais áreas classificadas nos riscos “alto” e “muito alto” foram: Ernesto Geisel, Colinas do Sul, Gramame, Novo Milênio, Valentina de Figueiredo e Muçumagro. A sobreposição do mapa de vulnerabilidade social com as áreas de maior susceptibilidade à inundação demonstrou os bairros que necessitam de mais atenção: Nova Mangabeira, Novo Milênio, Novo Geisel. Esses bairros fazem parte da classe “média” de vulnerabilidade social associada as duas primeiras classes do mapa HAND. Estudos como esse buscam a sustentabilidade em suas três dimensões (ambiental, econômica e social), compreendendo o papel do pesquisador na sociedade, objetivando contribuir com o desenvolvimento regional.

Palavras-chave: Risco de desastres. Vulnerabilidade Socioambiental. Planejamento territorial. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Extreme events related to natural phenomena have caused serious problems for mankind, resulting in: material and environmental damage, a temporary break in economic activities and even loss of life. The objective of this study was to assess a socio-environmental vulnerability to the risk of disasters due to flooding in the Cuiá River Basin (BHRC), João Pessoa, Paraíba. The maps of areas susceptible to flooding with different spatial resolutions were generated by the descriptor model of the height Height above the nearest drainage (HAND), from Digital Elevation Models, and processed by the TerraView and QGIS software. The socioeconomic profile was also spatialized in the QGIS for each existing sector, using information from the census sectors available in the 2010, demographic census with its relevant sociodemographic indicators. From the generated maps, it was observed that the flood spots were concentrated in the South and West regions of BHRC. Of the neighborhoods present in this one, the ones that spill the most flood spots, as well as the most areas classified as “high” and “very high” risks were: Ernesto Geisel, Colinas do Sul, Gramame, Novo Milênio, Valentina de Figueiredo and Muçumagro. The overlapping of the social vulnerability map with the areas most susceptible to flooding according to the neighborhoods that provide the most attention: Nova Mangabeira, Novo Milênio, Novo Geisel. These neighborhoods are part of the “middle” class of social vulnerability associated with the first two classes of the HAND map. Studies like this seek sustainability in its three dimensions (environmental, economic and social), understanding the role of the researcher in society, aiming to contribute to regional development.

Keywords: Disaster risk. Socio-environmental vulnerability. Territorial planning. Sustainability.

SUMÁRIO

1	Introdução	1
1.1	Hipótese	2
1.2	Objetivos	2
1.2.1	Objetivo Geral	2
1.2.2	Objetivos Específicos	3
2	Referencial Teórico	3
2.1	A bacia hidrográfica como unidade de referência para o planejamento e gestão	3
2.2	Risco de desastre	8
2.2.1	As inundações	12
2.3	Redução do Risco de Desastre	17
2.3.1	O Modelo HAND	20
2.3.2	Análise de Vulnerabilidade Socioambiental	24
3	Delimitação e caracterização da área de estudo	27
4	Procedimentos Metodológicos	34
4.1	Mapas de distribuição da pluviosidade e declividade	34
4.2	Modelo Digital de Elevação (MDE)	36
4.3	HAND	37
4.4	Análise Socioambiental	43
5	Resultados e Discussão	48
5.1	Mapeamento com o uso do modelo HAND e o cenário da BHRC	48
5.2	Vulnerabilidade socioambiental e sua relação com os ODS	67
6	Considerações finais	98
7	Referências	101

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Diferença entre alagamento, enchente e inundação.....	13
Figura 2 - Simulação do HAND da mancha de lama em Brumadinho, MG.....	23
Figura 3 - Referência de elevação da drenagem do terreno: (a) a partir do modelo HAND e (b) baseada na altitude local	24
Figura 4 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Cuiá, João Pessoa, PB	29
Figura 5 - Climograma do município de João Pessoa no intervalo dos anos de 1994 a 2020.....	30
Figura 6 - Distribuição da pluviosidade anual, pontos de alagamento e de inundação na bacia hidrográfica do Rio Cuiá.....	31
Figura 7 - Expansão da malha urbana de João Pessoa de 2006 a 2017.....	33
Figura 8 - Conexão hidrológica entre pontos numa superfície.....	39
Figura 10 - Exemplo da definição da rede de drenagem	40
Figura 11 - Matriz HAND.....	41
Figura 12 - Fluxograma que resume o processamento do modelo HAND	42
Figura 13 - Representação do buffer aplicado na BHRC	44
Figura 14 - Mapa de declividade da BHRC	49
Figura 15 - Etapas do processamento do HAND com imagem da Embrapa com resolução espacial de 90 m x 90 m e limiar de drenagem de 50 pixels: (a) Direções de fluxo, (b) A rede de drenagem e (c) Mapa HAND	51
Figura 16 - Mapa HAND com imagem do USGS, com resolução espacial de 30 m x 30 m e limiar de drenagem de 500 pixels.....	52
Figura 17 - Mapa HAND com imagem do Lidar, com resolução espacial de 5 m x 5 m e limiar de drenagem de 20.000 pixels.....	53
Figura 18 - Porção Leste da BRHC que faz parte da APP	55
Figura 19 - Córrego próximo ao ponto um, na comunidade Nossa Senhora das Neves	56
Figura 20 - Ponto dois, “Rio Buraquinho”	57
Figura 21 - Notícia da inundação do dia 31/08/2013 na rua Brasilino Alves da Nóbrega, ladeira entre os bairros Valentina de Figueiredo e Mangabeira, ponte sobre o rio Cuiá.....	59
Figura 22 - Trecho da rua Brasilino Alves da Nóbrega inundado no dia 23/05/2020 em João Pessoa, PB	60
Figura 23 - Marca em parede de um evento de inundação na comunidade Nossa Senhora das Neves ..	63
Figura 24 - Poço de visita de esgoto em um ponto da BHRC.....	64
Figura 25 - Problemas de infraestrutura na comunidade Nossa Senhora das Neves: (a) afloramento de água em frente a uma residência e (b) solo encharcado pelo acúmulo de água que aflora em frente às casas	65
Figura 26 - Delimitação da área do Parque Cuiá.....	66
Figura 27 - Mapa da distribuição de pessoas responsáveis analfabetas na BHRC.....	69
Figura 28 - Mapa de distribuição de pessoas com mais de 60 anos de idade na BHRC	72

Figura 29 - Incentivos à saúde oferecidos pela Prefeitura Municipal de João Pessoa: (a) Academia da saúde, situada no bairro do Ernesto Geisel e (b) Academia de ginástica para a terceira idade, localizada no bairro Valentina de Figueiredo.....	74
Figura 30 - Mapa da distribuição de crianças na BHRC	75
Figura 31 - Mapa de domicílios sem esgotamento sanitário	77
Figura 32 - Problemas na ETE de Mangabeira IV (a) presença de resíduos sólidos na lagoa anaeróbica e (b) proliferação de espécies primárias de plantas na superfície da lagoa facultativa	78
Figura 33 - Forma que o efluente que sai da lagoa facultativa e vai para o Rio Cuiá, com coloração esverdeada, devido a presença de algas da lagoa facultativa	79
Figura 34 - Mapa de domicílios com esgoto a céu aberto	80
Figura 35 - Mapa de domicílios que lançam esgoto via rio, lago ou mar	82
Figura 36 - Presença de resíduos sólidos no Rio Cuiá	83
Figura 37 - Mapa de domicílios sem a coleta de lixo pela Emlur	84
Figura 38 - Caçamba de lixo na BHRC.....	85
Figura 39 - Mapa de domicílios sem abastecimento de água via rede geral	87
Figura 40 - Mapa de ausência de distribuição de energia elétrica.....	89
Figura 41 - Mapa de domicílios com renda per capita de até um salário mínimo	91
Figura 42 - Mapa de vulnerabilidade social da BHRC	93
Figura 43 - Combinação das classes de vulnerabilidade social com áreas passíveis a inundação na BHRC	96

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Medidas não estruturais aplicáveis em áreas inundáveis	12
Quadro 2 – Estudos que se utilizaram do HAND	18
Quadro 3 - Variáveis escolhidas para a caracterização da vulnerabilidade social.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Postos e as respectivas médias pluviométricos anuais utilizadas para o traçado das isoietas	30
Tabela 2 - Classes de declividade propostas pela Embrapa (1979)	31
Tabela 3 - Pontos mapeados da BHRC mapeados por GPS	50
Tabela 4 – Expectativa de vida da população brasileira, de acordo com a Unidade da Federação	66

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AESA	Agência Executiva de Gestão das Águas
ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
ARTs	Aeronaves Remotamente Tripuladas
BHRC	Bacia Hidrográfica do Rio Cuiá
BNH	Banco Nacional de Habitação
CAGEPA	Companhia de Água e Esgotos da Paraíba
CRED	Centre of Research on the Epidemiology of Disasters
COMPDEC-JP	Coordenadoria Municipal de Proteção e Defesa Civil de João Pessoa
EEE	Estação Elevatória de Esgoto
ETA	Estação de Tratamento de Água
GFT	GIS Flood Tool
GIDES	Gestão Integrada em Riscos de Desastres Naturais
GRRD	Gestão para a Redução de Risco de Desastres
HAND	Height Above the Nearest Drainage
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LIDAR	Light Detection And Ranging
MAH	Marco de Ação de Hyogo
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDS	Modelo Digital de Superfície
MDT	Modelo Digital de Terreno
MMFDH	Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos
ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
ODM	Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
ONU	Organização das Nações Unidas
PMJP	Prefeitura Municipal de João Pessoa
PNPDEC	Política Nacional de Proteção e Defesa Civil
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
RRD	Redução do Risco de Desastres
SMiD	Sistema de Microdrenagem

SNDPI	Secretaria Nacional de Promoção e Defesa dos Direitos da Pessoa Idosa
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
UPA	Unidades de Pronto Atendimento
USGS	United States Geological Survey

1 Introdução

A forma como os seres humanos enxergam a natureza sempre mudou. Nos primórdios, se podia observar uma relação mais harmoniosa e de interdependência, mas à medida que os anos se passaram, a relação com a natureza se mostrou e se mostra ameaçada tendo em vista o caráter exploratório das atividades humanas. Isso reflete diretamente nos desastres relacionados com fenômenos naturais, onde as ações do homem têm o poder de intensificar todos os processos de degradação do meio ambiente.

Há muito tempo a sociedade tem sofrido com desastres relacionados a fenômenos naturais que assolam os meios urbano e rural. Nos anos mais recentes, alguns eventos ocasionaram grandes devastações sobre a humanidade, tendo como consequências prejuízos materiais, ambientais, um intervalo provisório das atividades econômicas e até perdas de vidas. Em se tratando do Brasil, é na ausência e na presença de chuva que se encontram grandes problemas. Na estação chuvosa os indivíduos que estão em situação de vulnerabilidade mais alta, padecem com os desastres pela direta ligação da vulnerabilidade com eventos pluviométricos intensos e prolongados (LUZ, 2018).

A cidade de João Pessoa também se encaixa nessa realidade, onde recorrentes eventos relacionados a fenômenos naturais trazem transtornos variados à população fruto do aumento da área urbanizada e do adensamento populacional que tem ocorrido com mais expressão nos últimos 30 anos. Esse incremento na ocupação sem o devido acompanhamento dos setores de gestão e planejamento, impactam negativamente no desenvolvimento do município.

Grande parte dos problemas que advêm dos eventos extremos são frutos da intervenção humana nas bacias hidrográficas, modificando as suas configurações naturais. Um exemplo disso são os eventos de inundação que têm colocado em risco à saúde e o bem-estar da população e tem levado à degradação do meio ambiente. Os efeitos desse processo são experimentados, principalmente, nas áreas urbanas e pela população que habita no entorno dos cursos de água. Os motivos para a ocupação dessas áreas são diversos, dentre eles podem ser citados: a falta de condições financeiras para residir em áreas adequadas e a falta de fiscalização dos órgãos ambientais responsáveis para a não ocupação dessas áreas.

Com o intuito de dar suporte ao planejamento das cidades, esclarecer a população que reside entorno de rios da importância do manejo adequado dessas locais, direcionando-as, se preciso for, para ambientes adequados à ocupação, pode-se empregar ferramentas que mapeiem áreas suscetíveis a inundações, como medidas não-estruturais. Ações como essas, também

visam reduzir o risco de desastres por inundação e conservar o meio ambiente (ZANANDREA *et al.*, 2018). Como exemplo de ferramenta para esse mapeamento tem-se o modelo *Height Above the Nearest Drainage* (HAND), que executa uma estimativa da amplitude máxima de um evento de inundação estagnada com base na descrição do terreno (NOBRE *et al.*, 2016).

Para a delimitação dessas áreas propensas a inundação é imprescindível que existam funcionários habilitados para essa função. Normalmente, existem dificuldades quanto ao quadro de funcionários das prefeituras que, geralmente, são em número menor do que o adequado, além dos recursos que precisam ser empenhados para o deslocamento e os obstáculos quanto à entrada em certas comunidades.

Assim sendo, áreas suscetíveis à inundação devem ter a possibilidade de serem supervisionadas com maior regularidade e aliadas às visitas *in loco*, aumentam a eficácia da fiscalização. Tais entraves podem ser sanados com a utilização de modelos que descrevem o terreno, onde a modelagem dos dados pode ser feita nas prefeituras por um número reduzido de profissionais, que possuem especialização para interpretar os dados de sensoriamento remoto e geoprocessamento (MENGUE, 2017).

A utilização de ferramentas desse tipo contribui para o desenvolvimento municipal, no planejamento e gestão, sendo seu reflexo, visível na economia local e na preservação ambiental, trazendo uma melhor qualidade de vida para a população, principalmente para os mais vulneráveis. Essas ações que têm por base a redução de risco a desastres também fazem parte de um dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), definidos pela Organização das Nações Unidas. Em seu objetivo número treze são enfatizadas ações nas quais devem ser desenvolvidas nos países nos setores de gestão e planejamento, principalmente em comunidades locais e marginalizadas (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015).

1.1 Hipótese

Na bacia hidrográfica do Rio Cuiá a porção Sul é a mais propensa a inundação, bem como a mais socialmente vulnerável.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a vulnerabilidade socioambiental da bacia hidrográfica do Rio Cuiá, localizada no município de João Pessoa/PB.

1.2.2 Objetivos Específicos

Comparar diferentes resoluções espaciais de Modelos Digitais de Elevação;

Classificar as áreas susceptíveis à inundação em seus diferentes graus;

Caracterizar e associar o perfil socioeconômico das populações entorno do Rio Cuiá com as áreas de maior susceptibilidade à inundação.

2 Referencial Teórico

2.1 A bacia hidrográfica como unidade de referência para o planejamento e gestão

Planejamento e gestão territorial da área urbana é uma temática essencial, sua importância contempla até mesmo a Constituição Federal de 1988 que possui um capítulo sobre política urbana. Esse capítulo outorga ao município o encargo de controlar, planejar, gerir e de desenvolver o meio urbano (BRASIL, 1988). Para Honda (2015), esse processo de planejar a área urbana consiste em organizar, articular e preparar o território, de forma coerente, conduzindo a malha urbana, bem como as demais áreas ou zonas, para seus usos devidos.

O desenvolvimento urbano busca, dentre outras questões, a garantia de fornecimento de condições adequadas para a população. Essa qualidade de vida é também amparada pela supracitada Constituição, onde em seu artigo 225, estabelece que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida”. Para que se disponha de um ambiente equilibrado é imprescindível que este esteja dentro da pauta de planejamento das cidades, também contemplada no plano diretor.

Quando existe um planejamento urbano ambiental adequado, ele tem incorporado em si elementos que estimulam o desenvolvimento econômico e social, melhoram a gestão do território, passando a levar em conta as potencialidades e as fragilidades da região fundamentado em diagnósticos executados (ALBANO, 2013). Esse processo de planejar a área urbana sem deixar os elementos ambientais é um grande desafio, que se configura nos esforços de associar o próprio meio ambiente aos processos intraurbanos, atentando para o uso racional dos recursos ambientais e o fornecimento de qualidade de vida para a população (MARIA, 2013).

Com isso, no momento em que se segmenta o território, visando o melhor planejamento da área, considerando suas peculiaridades, se possibilita a realização de uma gestão mais acertada. Recortes territoriais permitem o desenvolvimento de atividades direcionadas, como por exemplo, o uso de instrumentos adequados que reduzem os desastres em regiões muito

adensadas e impermeabilizadas. Esses recortes podem ser variados, dentre eles está o da bacia hidrográfica, uma unidade territorial que vem sendo adotada por diversos pesquisadores, dentre eles: Enomoto (2004), Silva (2007), Dantas e Canil (2017) e Prates e Amorim (2018).

O emprego da bacia hidrográfica como referência é uma discussão relativamente nova, teve início em meados das décadas de 1960 e 1970, sendo a iniciativa estadual mais notada a partir de 1976 no estado de São Paulo. Notou-se também que o início da adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão deu-se por questões prioritariamente econômicas, sendo adicionadas as questões ambientais e sociais posteriormente (ROSS, 1998).

Em nível nacional, a introdução de forma mais marcante da bacia hidrográfica e sua relevância no contexto do planejamento e gestão se deu com a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (Lei nº 9.433/1997). Em seu artigo primeiro e inciso quinto diz que “a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos” (BRASIL, 1997).

Na PNRH é abordada a participação pública, bem como sua importância, sendo uma peculiaridade marcante do sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Essa atuação é assegurada no sistema tanto da sociedade civil como dos usuários em todos os ambientes por ele compostos, se estendendo do Conselho Nacional de Recursos Hídricos até os Comitês de Bacia Hidrográfica. Essa maneira de organização objetiva expressar legitimidade às decisões tomadas, aumentando as chances de implementação das tais (PORTO; PORTO, 2008).

Em 2001 foi formada a Agência Nacional de Águas (ANA) buscando a complementação da organização institucional no setor de gestão de recursos hídricos no país, sendo uma corporação operacional do sistema que recebe a atribuição de implantar a PNRH. É detentora do poderio de outorga na fiscalização e na cobrança pela utilização da água e o seu objetivo é sair de uma estrutura centralizada de gestão e permitir que as decisões possam ser tomadas no contexto da bacia hidrográfica (PORTO; PORTO, 2008).

Complementando a temática, no ano de 2012 foi instituída a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) (Lei Federal nº 12.608), caracterizando-se como sendo um marco regulatório no Brasil, em que se considerou a adoção de medidas necessárias à redução de risco de desastres, colocando a cargo da União, como também dos Estados, Municípios e do Distrito Federal a responsabilidade de desenvolver ações nesse enfoque (BRASIL, 2012). Contudo, essa Lei ainda espera a sua regulamentação.

Em se tratando do contexto de bacia hidrográfica, a referida Lei, em seu artigo quarto que dispõe sobre as diretrizes da PNPDEC, e no inciso quarto diz que se pode fazer a “adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise das ações de prevenção de desastres relacionados a corpos d’água” (BRASIL, 2012). Ou seja, é de grande importância a escolha da bacia hidrográfica como área de estudo tendo em vista a possibilidade de se trabalhar a RRD nesse ambiente de forma mais direcionada, contemplando os eventos extremos recorrentes na região escolhida, sendo embasada na PNRH.

Com isso se compreende a relevância da adoção da bacia hidrográfica como área de estudo, tendo em vista seu reconhecimento de cunho nacional. Por meio dessas normativas e pela possibilidade de se obter o melhor detalhamento dos dados, informações e discussões, se pode propor ações e procedimentos que visem a manutenção e monitoramento desses espaços. Ela também se configura como sendo uma das formas de se alcançar o tão sonhado e debatido desenvolvimento sustentável, buscando reconhecer o máximo dos elementos que estão presentes naqueles limites territoriais, com abordagens que são adequadas às suas particularidades e com diálogo aberto entre todos os atores sociais envolvidos.

Conceituando de maneira simples e clara, a bacia hidrográfica pode ser caracterizada como sendo uma zona que capta a água que precipita, onde ela dirige-se para um único local de saída, constituindo-se de um agrupamento de regiões vertentes, sendo composta de uma rede de drenagem constituída por fluxos de água que convergem até o ponto de tornar-se um leito único em seu exutório (TUCCI, 1997).

Essa conceituação leva em consideração diversos fatores e processos que envolvem e fazem parte dos limites de uma bacia hidrográfica, não apenas os físicos, mas todos os outros atrelados. O cenário das bacias hidrográficas no Brasil é preocupante e se tratando das localizadas total ou parcialmente em áreas urbanas, é ainda pior. A gestão e o planejamento das cidades não são estruturados de maneira integradas com as questões de natureza ambiental e social, apenas com o viés financeiro, com modelos de administrar ultrapassados e sem uma visão holística.

Para a obtenção de uma visão integrada dos elementos que compõe a bacia hidrográfica, deve-se estudá-los. Reis (2010) desenvolveu um índice de sustentabilidade da Bacia Hidrográfica do Rio Cuiá (BHRC) levando em consideração indicadores sociais, ambientais, econômicos e institucionais baseado no Painel de Sustentabilidade. Constatou-se que a constante degradação dos ecossistemas urbanos tem agravado a situação na BHRC, sendo

necessária a intervenção dos setores de planejamento e gestão visando a manutenção dos espaços, bem como a concessão de melhores condições aos moradores.

O uso e cobertura do solo também é um dos assuntos que integram a pasta do planejamento territorial. Silva *et al.* (2010) fizeram essa análise na BHRC utilizando uma imagem de satélite *Quickbird* com uma resolução espacial de 0,60 metros. Após a classificação, foram identificadas classes de interesses como água, mangue, agrícola, mata e urbano. De acordo com pesquisas correlatas sobre a área de estudo, os autores constataram que a vegetação que circunda tanto a mata quanto o mangue tem sofrido pressões advindas do processo de ocupação sem planejamento e do lançamento de esgotos domésticos e outros dejetos que causam o assoreamento do Rio Cuiá e a deterioração da sua qualidade.

Sabe-se que há a possibilidade de que os corpos hídricos perpassem fronteiras entre dois estados da federação ou mais. O recorte geográfico dessas bacias hidrográficas carrega maior complexidade, sendo também outro obstáculo na sua gestão, necessitando da integração de todos os órgãos da administração pública como infraestrutura, gestão ambiental, agricultura, sabendo que cada setor dispõe de uma forma peculiar de administrar, que muitas vezes diferem entre si, não havendo consonância entre eles (PORTO; PORTO, 2008).

As consequências desses desencontros e desinteresse do poder público culminam em diversos e periódicos episódios de desastres provenientes de eventos extremos. Nesse interim do despreparo dos órgãos públicos está uma população em apuros que padece e soma-se a tantas outras em diversas localidades, ano após ano.

Ainda comentando sobre recorte geográfico das bacias hidrográficas, existe um conceito que considera seus limites, todavia seu raio de abrangência é maior. Esse termo é chamado de bacia ambiental e foi desenvolvido por Rutkowski (1999). Para Reis (2016) dá-se o nome de bacia ambiental a um território relativizado pensando no planejamento urbano e nas interações que ocorrem fora dos limites físicos de uma bacia hidrográfica, porém não modifica os limites físicos desta última.

Para Santos (2004), bacia ambiental é um termo direcionado para ambientes urbanos, pensando nas diversas alterações feitas pelo homem no ambiente como o passar dos anos. Pode ser considerado como um ambiente com peculiaridades que são dinâmicas, suas divisas são determinadas pela interrelação ambiental de sustentabilidade existente entre os elementos envolvidos (ambiental, social, econômica e institucional) e não por fronteiras de topografia ou de jurisdição do território (REIS, 2016).

Assim sendo, compreende-se a importância da adoção da bacia ambiental, sabendo seus benefícios diretos ao planejamento e gestão territorial. É necessário que o poder público e as instituições de ensino procurem adequar suas metodologias pensando nas alterações frequentes e pressões que o ambiente urbano sofre, fruto da desarmonia na relação do ser humano com o ambiente que o circunda.

Os modelos exploratórios atuais de vida da sociedade têm como consequências diretas e indiretas, na quantidade e na qualidade da variedade dos recursos que estão disponíveis, tendo como resultados: a valorização e a desvalorização do solo, a expansão, a produção, o potencial, as funcionalidades, as manifestações, o preenchimento dos espaços, as mudanças, o trabalho, a infraestrutura, entre outros fatores tanto positivos como negativos (SALLES *et. al.*, 2013).

A ocupação desordenada dos espaços urbanos culmina em diversos entraves tanto sociais quanto ambientais. Aliado a isso tem-se o poder público que não monitora adequadamente essas regiões, resultando em uma má gestão e distribuição das áreas habitáveis, privilegiando alguns e excluindo muitos outros.

Assim, é imprescindível que se os gestores conheçam bem seu território, compreendam suas peculiaridades, saibam onde pode haver ou não construções e onde se deve preservar. Para isso, a construção de mapas de uso e cobertura da terra são instrumentos que possibilitam o entendimento dos espaços urbano e rural.

Identificar e classificar os usos do solo são essenciais para a compreensão do ambiente que se deseja estudar, bem como no amadurecimento e progresso das metodologias direcionadas para se alcançar e preservar essas informações. No caso das bacias hidrográficas, elas são a unidade ideal para o planejamento de seus usos e os tipos de exploração dos recursos naturais, uma vez que suas divisas são permanentes dentro da perspectiva de planejamento da sociedade, a qual é simplificada com o acompanhamento das variações que cunho natural ou antrópica que a região vem a padecer (VAEZA, 2010).

Sabendo da necessidade de interferir adequadamente nas bacias hidrográficas, Kobiyama *et al.* (2010) sugerem que deve existir o gerenciamento apropriado desses recortes geográficos. Para esses autores, com o objetivo de minimizar a ocorrência dos desastres que tem relação direta com a precipitação, sugere-se a realização de intervenções como: o planejamento do território fundamentado no zoneamento regiões que apresentem algum perigo e classificadas em níveis de risco; implantação de ferramentas e atividades que funcionem como sistemas de alerta baseados na previsão do tempo; e o emprego de medidas estruturais.

2.2 Risco de desastre

Segundo estimativas prévias do *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* (CRED) da *Université Catholique de Louvain* (UCLouvain), Bruxelas, Bélgica, acerca da epidemiologia dos desastres, aproximadamente, 97,7 milhões de pessoas foram atingidas por desastres de natureza climática no ano de 2019, cerca de 8.466 indivíduos morreram e o prejuízo pelos danos causados foi em torno dos 135 bilhões de euros (KIHL, 2020).

Ainda de acordo com o CRED, cerca de 306 episódios de desastres por inundações (168), tempestades (77), deslizamentos de terra (21), temperaturas extremas (16), incêndios (12) e secas (12) ocorreram no ano de 2019 em todos os continentes.

Para a análise desses episódios, se faz necessário considerar todos os fatores inerentes a sua construção, sendo um deles, o entendimento do risco de desastres. A concepção de risco se constitui fundamentada na vinculação conflituosa entre o ser humano e o ambiente que está inserido, em um processo de recíproca intervenção. Todavia, é preciso buscar renunciar a ideia maniqueísta de que existe um acontecimento natural ofensivo agindo sobre a coletividade que, por seu lado, é tida como padecente (SOUZA; ZANELLA, 2009).

De acordo com UNISDR (2009a, p.30), compreende-se risco como sendo “uma combinação da probabilidade de ocorrência de um evento e suas consequências negativas”, possuindo o potencial de ocorrer em certa comunidade, em um tempo peculiar, com a capacidade de gerar perdas de vidas, de condições de saúde, de formas de subsistência e de serviços.

A compreensão de risco no corpo social da atualidade está diretamente ligada a um quadro de incertezas, indecisão e insegurança, que se revelam no meio social, ambiental, econômico e cultural, se tornando em risco e progresso (SOUZA; ZANELLA, 2009).

O entendimento do termo “progresso” aplicado ao risco quando em um desastre pode ser compreendido como um tipo de desenvolvimento que se dá pela injeção de recursos financeiros, levantamentos, estudos, sugestões e algumas atividades de natureza externa ao da economia local para sua reconstrução. Esse desenvolvimento também pode vir internamente no sentido da criação de leis, normativas e campanhas no próprio local afetado, trazendo melhoria e progresso para a região

O risco está relacionado de maneira direta a consequências negativas e que tem a possibilidade de originar um desastre. UNISDR (2009a, p. 13 e 14), conceitua desastres como sendo:

Uma séria interrupção na operação de uma comunidade ou sociedade que causa um grande número de mortes, bem como, perdas, impactos materiais, econômicos e

condições ambientais que excedem a comunidade ou sociedade envolvida para fazer o enfrentamento da situação por meio do uso de seus recursos próprios.

Para que se caracterizar um desastre se faz necessário que o indivíduo, ou indivíduos, esteja exposto a ameaças naturais e/ou antrópicas, onde a ocorrência desses eventos seja maior do que a aptidão que esses possuem de gerenciar os elementos e as consequências do perigo. Assim sendo, entende-se que um vendaval ou uma grande tempestade só se caracteriza como um desastre se o indivíduo ou a comunidade, sujeita a essa ameaça, não usufruir de uma estrutura apta a amparar os impactos sofridos (GONÇALVES, 2016).

Apesar da informação chegar cada vez a mais pessoas, ainda se ouve e se vê o termo “desastres naturais”. É equivocada a utilização desse termo uma vez que, todos os eventos desastrosos que ocorrem não poderiam existir sem a colaboração do ser humano, mesmo que a natureza dê alguns indicativos, como eventos de transcorrem de maneira comum e característica da região, como inundação ou uma erupção vulcânica (KELMAN, 2010).

Ainda de acordo com o mesmo autor, são o comportamento e as decisões dos indivíduos que os colocam em situação de perigo. Com isso, eles não dispõem de condições adequadas para suportar os eventos provenientes da natureza; resumindo: esses eventos não se configuram “desastres naturais”, mas são considerados construções sociais do risco de desastres.

Para compreender os elementos que estão envolvidos na composição do risco de desastres, é importante entender seus conceitos e como se relacionam. Perigo pode ser compreendido como sendo “um evento, fenômeno ou atividade humana potencialmente danoso, o qual pode causar perda de vidas ou ferimentos a pessoa, danos a propriedades, rupturas sócio econômicos ou degradação ambiental” (TOMINAGA, 2009). De acordo com a Organização das Nações Unidas (2012) o risco está ligado com a vulnerabilidade e a ameaça.

Compreende-se por ameaça a amplitude e a duração de um evento com potencial detonador ou desencadeante de consequências destrutivas, que pode ser de origem natural ou provocado pela ação humana em uma localidade definida (VARGAS, 2002). Ou seja, sabe-se da possibilidade de que a ameaça pode advir de fenômenos naturais, porém a maneira que o ser humano executa suas atividades diárias tem forte interferência nesse processo, cabendo a população trazer para si a responsabilidade de “administrar” esses entraves.

No caso da vulnerabilidade, entende-se que “é a predisposição intrínseca do sujeito ou elemento sofrer um dano devido a possíveis ações externas” (CARDONA, 1993, p. 49). A vulnerabilidade pode ser melhor compreendida como sendo uma construção social. Daí a necessidade de trabalhar a gestão e o planejamento com diálogo, objetivando levar os indivíduos

e seus grupos sociais, para a redução da vulnerabilidade, buscando a melhora de condições de enfrentamento aos desastres.

Portanto, Vargas (2002, p. 15) define risco de desastre como “a magnitude provável de dano de um ecossistema específico, em um período determinado, ante a presença de uma atividade específica com um potencial perigoso”.

Para Cardona (2001, p. 2), “Não se pode estar vulnerável se não estiver ameaçado e não houver condição ameaçadora para um elemento, sujeito ou sistema se não estiver exposto e vulnerável à ação potencial que a ameaça representa”.

O grau de exposição pode ser compreendido como: “população, propriedades, sistemas ou outros elementos presentes nas áreas onde existem ameaças e, portanto, estão expostos a perdas potenciais” (UNISDR, 2009a, p. 17). O grau de exposição a ameaças pode ser intensificado quando a vulnerabilidade dos indivíduos é maior. A forma de administrar as situações a que se está exposto tende a estar mais fragilizada e não se consegue ter o sucesso devido quando ocorre um evento extremo ou um desastre.

As ameaças e as vulnerabilidades estão em constante mudança/transformação. Sofrem influências das ações tanto dos órgãos públicos e privados como dos indivíduos e de seus agrupamentos, que devem agir para busca conjunta da redução do risco de desastres. Assim, reforça-se a interação entre todas as categorias na sociedade devendo buscar a redução dos riscos e diversas são as formas de combatê-los, basta o empenho de todas as partes para executá-lo.

No Brasil, nota-se um aumento no registro dos desastres nos anos de 1991 até 2012 e na ocorrência de desastres onde, do total de 38.996 registros, 8.515 (21,8%) aconteceram na década de 1990; 21.741 (56%) sucederam na década de 2000; e apenas nos anos de 2010, 2011 e 2012 esse número foi de 8.740 (22,4%) eventos (UFSC, 2013). Ainda de acordo com o mesmo autor, na região Nordeste, boa parte dos registros de desastres são referentes às secas e estiagens, somando 79,4% do total, sendo seguido por enxurrada e inundação, com aproximadamente 11,6% e 8,9% respectivamente.

Os desastres provenientes de fenômenos naturais têm uma ligação direta com a saúde da população. Os impactos na saúde provenientes desses eventos já foram estudados e concluiu-se que três categorias de desastres obtiveram destaque: os eventos de origem hidrológica demonstraram os maiores percentuais de mortalidade, morbidade e quantidade de indivíduos expostos; já nos de gênese climatológica, observou-se a existência de maiores percentuais de ocorrências de desastres e também na quantia de população afetada e os eventos

geofísicos/geológicos alcançaram a maior média de pessoas expostas e óbitos por evento (FREITAS *et al.*, 2014).

A localidade que as pessoas residem e os riscos inerentes a esses ambientes são questões que devem ser prioritárias na gestão territorial. Os fatores que levam as pessoas a residir em regiões propensas a riscos são diversos. A sua gênese deve ser discutida e ações devem ser executadas com o objetivo de que essas vidas estejam expostas ao mínimo possível de risco, sabendo que quanto menos expostas estiverem, mais seguras poderão estar das ameaças existentes.

Em se tratando da forma de combater os riscos pré-existentes, se deve frisar a necessidade de fortalecer as comunidades, tomando-as mais resilientes. A resiliência é definida pela UNISDR (2009a, p. 28) como sendo: “a capacidade de um sistema, comunidade ou sociedade exposta a uma ameaça para resistir, absorver, adaptar e recuperar de seus efeitos de maneira oportuna e eficaz, que inclui preservação e restauração de suas estruturas e funções básicas”.

Essa é a visão internacional, adotada por diversos países que veem a resiliência como um fator chave para enfrentar o risco de desastres. Os esforços públicos, privados e da sociedade civil devem estar nessa direção. O planejamento e gestão territorial devem estar em uníssono com entre todos os envolvidos, cada um na execução do seu papel, lembrando que o intuito dos empenhos deve ser a convivência com o risco de maneira harmônica, quando possível, a adoção de medidas estruturais ou não que visem à redução do risco, e se necessário, a realocação de pessoas para áreas mais seguras.

Mesmo com diversas iniciativas que buscam a redução do risco, o cenário mundial ainda é preocupante. Para UNISDR (2019), em se tratando de ocorrência de desastres relacionados com fenômenos naturais, só no ano de 2018, mais de 61 milhões de pessoas foram afetadas por eles e mais de 10 mil mortes foram registradas, sendo os eventos de inundações, os que atingiram o maior número de pessoas.

Fazendo um comparativo do ano de 2018 com o intervalo dos anos 2000 a 2017, a média anual de mortes reduziu. Isso se deve ao fato de que grandes tragédias marcaram esse intervalo de anos como o tsunami do Oceano Índico (2004) e o terremoto do Haiti (2010) (UNISDR, 2019). Apesar do cenário trágico, ações têm sido desenvolvidas pelas nações no sentido da redução do risco de desastres, reconhecendo e gerindo melhor seu território frente aos riscos existentes.

No ano 2015 aconteceu no Japão a Conferência de Sendai, onde representantes de 187 países adotaram a Declaração de Sendai e o Marco para a Redução de Riscos de Desastres 2015-2030, objetivando a redução de risco de desastres, principalmente no tocante a diminuição das mortes e dos prejuízos causados. Com “Marco de Sendai”, é dever das nações fortificar e preparar a população, tornando-as cada vez mais resilientes para se obtenha êxito nesse intervalo de tempo proposto (UNISDR, 2019).

Para auxiliar a esse propósito, é imprescindível o engajamento dos gestores para a utilização de ferramentas já disponíveis, como por exemplos, sistemas de alerta e o mapeamento de áreas suscetíveis à inundação, com o apoio da população, para que se reduzam os desastres e se contribua para o desenvolvimento sustentável.

2.2.1 As inundações

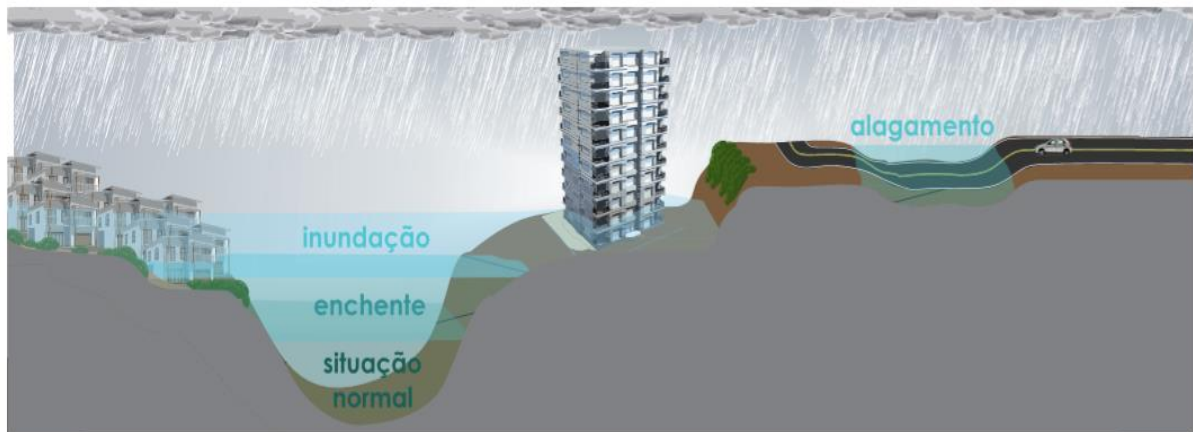
Já se compreende que os perigos encarados não transcorrem, essencialmente, da natureza. É sabido que catástrofes de gêneses naturais como ciclones, terremotos, ainda ocorrem com certa regularidade. Contudo, o que tem prevalecido é o que Giddens (1991) intitula de “um novo perfil de risco introduzido pelo advento da modernidade”, ou seja, deriva cada vez menos de origens naturais e cada vez mais das intervenções culturais e sociais.

De acordo com Kihl (2020), dos 306 eventos desastrosos que ocorreram no mundo no ano de 2019, só os eventos de inundação somaram 168 episódios. Ou seja, cerca 54,90% do total, se configurando mais da metade das ocorrências, mostrando a urgência e a direção ao poder público de onde investir mais recursos na Redução do Risco de Desastres (RRD).

Segundo a Organização das Nações Unidas (2020), o Brasil está entre as 15 nações do mundo com maior quantidade de indivíduos expostos a risco de desastres por inundação. Esses eventos são os mais frequentes no país desde o ano 2000 e entre 2000 e 2019, o Brasil sofreu com o impacto de 70 desastres que atingiram cerca de 70 milhões de pessoas (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2020).

Alguns outros eventos podem ser facilmente confundidos com a inundação por alguns fatores, dentre eles podem-se citar a desinformação do processo em si e a mídia que vez ou outra está a confundir os fenômenos, fazendo com que as pessoas não compreendam com o que estão a enfrentar. Portanto, é importante fazer a distinção desses termos recorrentes na área urbana que são: alagamento, enchente e inundação (Figura 1).

Figura 1 - Diferença entre alagamento, enchente e inundação



Fonte: elaborado por João Marcos dos Santos (2020).

O fenômeno do alagamento pode ser entendido como a aglutinação de água em um período de tempo, consideravelmente curto em certa região, como consequência da falha do sistema de drenagem, tendo ou não relação com os sistemas de gênese fluvial. As causas por trás desse processo são variadas, como por exemplos: a compactação e impermeabilização do solo, fazendo com que haja a redução da infiltração, principalmente em áreas urbanas; o desmatamento de matas ciliares e encostas, juntamente com o assoreamento dos rios; e o acúmulo de resíduos sólidos em cursos de água, canais de drenagem e em galerias pluviais (BRASIL, 2007).

A enchente ou cheia é definida pela Defesa Civil de São Bernardo do Campo (2011) como sendo o acréscimo provisório do grau de elevação da água de um canal de drenagem por consequência do aumento da vazão, alcançando limite do canal, contudo não há o transbordamento do fluido.

A inundação é estabelecida por Tucci (2007, p. 389) como sendo: o extravasamento do leito menor para a região intitulada de planície de inundação e cita alguns motivos que podem provocar inundações localizadas, valendo ressaltar o “estrangulamento seção do rio devido a aterros e pilares de pontes, estradas, aterros para aproveitamento da área, assoreamento do leito do rio e lixo”.

É importante entender que esses três fenômenos ocorrem de maneira natural e sistêmica. Entretanto, no caminhar da história o ser humano tem instalado sua moradia às margens dos rios, retirando de lá água para consumo direto e indireto, alimento, como também servindo para sua locomoção. Assim sendo, eventos como enchentes se tornam desastres porque podem acabar “desorganizando” essas regiões que foram antropizadas (LUZ, 2018).

Em se tratando das inundações, Jha *et al.* (2012) ainda destacaram que existem distinções fundamentais entre as inundações que ocorrem nos meios urbano e rural. Por mais que as inundações que ocorrem em uma região rural possam ter um alcance maior e tragam consequências para uma parcela da população, esses fenômenos quando ocorrem no meio urbano são mais onerosos e mais complexos para gerenciar pela maior densidade populacional.

Com isso, os prejuízos que advêm com a inundação nas cidades trazem maior impacto da sociedade, desestabilizando componentes basilares de uma nação e intensificando outros problemas pré-existentes, como a desigualdade social. Contudo, o que vai distinguir entre os mais ou menos capazes de enfrentar e se reerguer após esses eventos é a capacidade de resiliência de cada uma delas.

A despeito desse cenário, atividades têm sido desenvolvidas nas nações visando à redução dos episódios de inundações e, conseqüentemente, na redução dos desastres. Alterações podem ser notadas nesse panorama, mas ainda há muito a ser realizado.

A perda imediata de vidas devido a inundações está aumentando mais lentamente ou até mesmo diminuindo com o decorrer do tempo, o que reflete a implementação bem-sucedida das ações de gestão de risco de inundações. Embora isto seja encorajador, as fatalidades ainda são significativas em países em desenvolvimento, onde os casos de inundação têm um impacto desproporcional nos pobres e socialmente desfavorecidos. Áreas urbanas em risco de inundação foram particularmente atingidas pelo aumento observado nos impactos da inundação ao redor do mundo (JHA *et al.*, 2012, p. 18)

Em se tratando de ações que podem ser executadas visando a RRD nas bacias hidrográficas, no combate aos episódios de inundações, as medidas não estruturais já comentadas podem ser em maior número do que se pensa. Os órgãos gestores possuem abertura para executá-las de acordo com as particularidades locais, sendo algumas delas citadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Medidas não estruturais aplicáveis em áreas inundáveis

Medida	Características	Objetivos
Plano diretor	Planejamento das áreas a serem desenvolvidas e a densificação das áreas atualmente loteadas.	Evitar ocupação sem prevenção e previsão.
Zoneamento	Conjunto de regras para ocupação das áreas de maior risco de inundação. É incorporado ao Plano Diretor.	Visa a minimização futura de perdas materiais e humanas em face às grandes cheias.
Educação Ambiental	Pode ser realizado junto à população. A conservação das margens rios, sua	Conscientizar a população que sofre ou poderá sofrer com as inundações.

	vegetação típica e taludes são essenciais.	
Distribuição de informações sobre as enchentes	Programa de orientação da população sobre a previsão de enchentes para que ela aprenda a se prevenir contra as cheias.	Aprimorar a qualidade da assistência externa e a reduzir falhas como a falta de informações, a má avaliação das necessidades e formas inadequadas de ajuda.
Sistemas de alerta	Sistema utilizado para prevenir a população com antecedência de curto prazo.	Ajudar no controle das estruturas hidráulicas no sistema do rio, e evitar pânico.
Sistemas hidrológicos	Histórico hidrológico da bacia hidrográfica são modelos que mostram o comportamento hidráulico e hidrológico no sistema do rio.	Fornecer subsídios para os estudos de comportamento da bacia hidrográfica, assim como previsão de cenários futuros.

Fonte: adaptado de Enomoto (2004).

Essas medidas não estruturais são utilizadas em grande escala no país, sendo alternativas com vantagens e aplicações diversas. Grande parte dessas alternativas envolve levantamentos utilizando a ferramentas de mapeamento. “No que se refere a cenários de inundações, os mapas são ferramentas que dão uma melhor impressão da distribuição espacial das áreas inundadas e consequentes riscos, quando comparados com outras formas de apresentação como diagramas ou gráficos” (SOUSA, 2012, p. 13).

Em se tratando de medidas não estruturais existem modelos variados de mapeamento de regiões passíveis a inundação com diferentes dados de entrada, *layouts* e aplicações, servindo de subsídio para a gestão e o planejamento territorial.

Fundamentada nos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), a *GIS Flood Tool* (GFT) é um instrumento que serve para mapear áreas passíveis de inundação e foi desenvolvida pelo *United States Geological Survey* (USGS). A forma de execução do programa é diferente da modelagem convencional. A GFT se utiliza de um Modelo Digital de Elevação (MDE) relativo, onde sua cota zero é relacionada ao ponto mais baixo do canal e a área suscetível a inundação é definida para uma descarga ou estágio específico do rio determinado pelo usuário, empregando a fórmula de Maning a cada célula da rede (VERDIN *et al.*, 2016).

Ainda de acordo com os autores supracitados, o resultado que é obtido pelo mapeamento pode ser utilizado com outros mapas, como os de uso e cobertura do solo e de redes de

transporte. O intuito é de avaliar as vulnerabilidades das regiões no decurso de rios e córregos que podem inundar, buscando ações que visem minimizar os impactos negativos das inundações.

Outro *software* que faz mapeamento de área suscetíveis a inundar é o *RiverTrak*. Segundo seu *site*, esse programa reproduz de maneira eficiente mapas de profundidade e de superfícies de inundação, sendo mais adequada para bacias hidrográficas regionais. A criação dos mapas e sua disposição são fundamentadas em valores mais atuais de medição ponderados e calculados disponíveis no *National Weather Service* ou em redes particulares. Como dados de entrada, esse modelo aplica Modelos Digitais de Terreno (MDTs) de qualidade superior e o modelo de inundação FLDPLN (*floodplain*), com o objetivo de formar um banco de dados de elevação da superfície da água para um abrangente conjunto de episódios de inundações (RIVERTRAK, 2020).

Na BHRC, existem algumas aplicações de modelos que visam mapear eventos de inundação. Silva (2007) objetivou adquirir um mapa de uso e cobertura solo adequado, sendo um mapa síntese, aglutinando informações como mapas de: produção de sedimentos, inundação, deslizamento e impermeabilização do solo. Cinco cenários de risco foram determinados, variando de muito alto (cenário 5) a nenhum risco (cenário 1). Para o mapeamento de áreas passíveis à inundação, foi empregado o *software* livre SPRING, utilizando curvas de nível de 5 em 5 metros. O cenário 5 foi o mais problemático, apresentando problemas como: impermeabilização, erosão, inundação, e deslizamento, representando 14.54% de toda a bacia hidrográfica.

Outro método também foi colocado em prática na BHRC para mapear áreas suscetíveis a inundação. Costa (2013) utilizou os modelos hidrológicos IPH II e REC-RAS considerando três cenários: atual, tendencial e crítico. Também foi levado em consideração três períodos de retorno: 10, 50 e 100 anos nas simulações chuva-vazão. Foi constatado que as chuvas de menor frequência apresentaram uma vazão máxima de até 80% se comparados com as resultantes de chuvas de maior frequência. O cenário mais crítico associado às chuvas de menor frequência podem gerar um acréscimo de até 13% de áreas inundáveis em relação ao cenário atual, cabendo aos setores de gestão e planejamento atentar-se às necessidades de melhoria no território, evitando que se chegue a esse cenário crítico.

O emprego dos modelos supracitados também foram alvo da pesquisa de Enomoto (2004), contudo sua aplicação foi na bacia hidrográfica do Rio Palmital, em Curitiba, devido aos recorrentes eventos de inundação naquela área. Foram utilizados dois cenários, o atual e o tendencial. A comparação das manchas de inundação desses cenários indicou que houve um

aumento destas, variando de 0,69% a 9,6%, demonstrando que o aumento da impermeabilização pode trazer um cenário arriscado para a população que reside entorno do Rio Palmital.

Grande parte dos mapas de áreas suscetíveis à inundação é construído por meio de modelos hidrodinâmicos tradicionais. Contudo esses modelos, normalmente, demandam uma quantidade significativa de dados e informações que, muitas vezes, tornam inviáveis a sua produção e confecção, podendo ser um entrave para os setores de planejamento administrativos e para as instituições de ensino e pesquisa.

2.3 Redução do Risco de Desastre

O risco de desastre tem relação direta com a vulnerabilidade. Trabalhar a diminuição desse elemento necessita que sejam reconhecidas e diminuídas as condições implícitas ao risco. Essas condições têm ligação com escolhas equivocadas e condutas do desenvolvimento urbano e econômico, deterioração do meio ambiente, desigualdade social e alteração climática, que tem a capacidade de originar e intensificar a conjuntura do risco e da vulnerabilidade (UNISDR, 2015b).

Mesmo dispondo de um bom nível de conhecimento no tocante a constituição dos riscos de desastres, o que se observa é que, em grande parte das ocasiões, a Gestão para a Redução de Risco de Desastres (GRRD) não é tratada com a relevância que possui. É largamente veiculado por meio de diferentes estudos que investimentos na etapa “pré desastre” apresentam maiores benefícios na preservação da vida, do meio ambiente e da economia, como mencionaram Kobiyama *et al.* (2006). Muitos desses dados e informações estão facilmente disponibilizados, e as instituições governamentais responsáveis pela gestão e planejamento tem acesso aos mesmos.

Para que haja sucesso nas iniciativas que tem por base RRD há necessidade de que existam mudanças nos programas e planos institucionais. Esses programas devem ser desenvolvidos, implantados, mantidos e absorvidos pelos setores relacionados ao desenvolvimento territorial, tendo em vista que a ocorrência de um desastre demonstra o despreparo e o insucesso de sistemas econômicos e sociais insustentáveis e de um corpo social mal aclimatado (UNISDR, 2009b, 2011, 2013)

Tendo em vista as sequelas deixadas por desastres e eventos extremos, são necessários esforços no sentido de tentar minimizar ou reduzir ao máximo os impactos negativos. Diversas são as possibilidades de se trabalhar as ações que visem reduzir os entraves sendo elas possíveis de serem desenvolvidas e aplicadas se utilizando das peculiaridades regionais.

As iniciativas no sentido da RRD que são tomadas pelos governos, pela iniciativa privada, instituições de ensino e sociedade civil devem ser articuladas entre si. Cada categoria deve ter a possibilidade de colocar seu ponto de vista em discussão, buscando harmonia nos interesses comuns, e com isso, há probabilidade que existam avanços e desenvolvimento, que pode se projetar do micro para o macro e vice-versa.

O conceito de RRD envolve alguns fatores tornando-o complexo. Contudo, pode ser compreendido segundo a UNISDR (2009a, p. 27) como:

O conceito e a prática de reduzir risco de desastre através de esforços sistemáticos voltados à análise e gestão dos fatores causais dos desastres, que inclui a redução do grau de exposição à ameaça, diminuição da vulnerabilidade da população e da propriedade, manejo sensível do solo e meio ambiente, e a melhoria do preparo para eventos adversos.

Em se tratando dos esforços internacionais, se nota o grande engajamento das instituições com ações de natureza prevencionista possuindo grande influência nos diversos países e dispondo de instrumentos que podem ser aplicadas e adaptadas com facilidade.

Para que haja a evolução na RRD, um instrumento foi criado pela Organização das Nações Unidas (ONU) chamado Marco de Ação de Hyogo (MAH) que se estendeu dos anos de 2005 a 2015 com objetivo de fortalecer as nações e as comunidades, tornando-as mais resilientes frente às ameaças naturais, reduzindo a vulnerabilidade. Esse instrumento possuía cinco prioridades de ação, sendo elas: “fazer com que a redução dos riscos de desastres seja uma prioridade”, “conhecer o risco e tomar medidas”, “desenvolver uma maior compreensão e conscientização”, “reduzir o risco” e “esteja preparado e pronto para atuar” (EIRD, 2005).

A segunda prioridade de ação se encaixava bem com o uso do modelo HAND pelo fato de que por meio dele se pode mapear áreas suscetíveis à inundação, e conhecendo essas regiões, o poder público pode executar ações que visam a RRD, sendo também amparada por um instrumento internacional e absorvido por diversos países que tem essa preocupação como prioridade.

Durante o tempo de vigência do MAH o Brasil desenvolveu algumas ações que visavam a RRD. Luz (2019) elencou e comentou algumas dessas ações sendo três delas: parcerias internacionais estabelecidas, como o Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional da Gestão Integrada em Riscos de Desastres Naturais (GIDES); a já referida Lei Federal nº 12.608/2012, que institui a PNPDEC; e a inserção de três cidades brasileiras (Salvador, Porto Alegre e Rio de Janeiro) no projeto “100 Cidades Resilientes” (que foi criado pela Fundação

Rockefeller e destinou 100 milhões de dólares para auxiliar 100 cidades a serem mais resilientes).

No âmbito internacional, está em vigência (dos anos de 2015 a 2030) o Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres (sucessor do Marco de Ação de Hyogo) que teve sua aprovação na Terceira Conferência Mundial das Nações Unidas sobre a Redução do Risco de Desastres, que ocorreu dos dias 14 a 18 de março de 2015 em Sendai, no Japão. Durante as reuniões, discussões, revisões, estabelecimento de metas e planejamento, foram estabelecidas quatro prioridades de ação que foram: “compreender o risco de desastres”, “fortalecer a governança do risco de desastres para gerir esse risco”, “investir na redução do risco de desastres para a resiliência” e “aumentar a preparação para casos de desastre afim de dar uma resposta eficaz para “reconstruir melhor” nos âmbitos da recuperação, reabilitação e reconstrução” (UNISDR, 2015a).

Citada como uma prioridade de ação do Marco de Sendai, a compreensão do risco é extremamente necessária, uma vez que é a partir disso que o indivíduo pode identificar possíveis riscos que o circunda o tomar atitudes cabíveis para a redução deste, de acordo com as suas condições. Sabendo a importância de desenvolver uma percepção de risco nas pessoas Ribeiro *et al.* (2017) estudaram uma ação de educação ambiental em uma escola executada pela Defesa Civil da cidade de Blumenau/SC. O intuito da pesquisa foi compreender o nível de percepção de risco de desastres dos alunos que participaram do projeto e constatou-se que as atividades executadas pela Defesa Civil contribuíram para uma visão mais apurada sobre a temática de risco de desastres associados aos fenômenos naturais.

Todos os esforços foram no sentido do gerenciamento de riscos visando a RRD. Os signatários participantes do evento devem desenvolver ações nos países fazendo cumprir o acordo assumido, em colaborar com o desenvolvimento da nação, nesse sentido se utilizando de diversos instrumentos que já existem e desenvolver outros mais.

O gerenciamento de riscos de desastres pode ser feito se utilizando das ferramentas relacionadas a: prevenção (ações e providências para impedir tanto os existentes quando os novos riscos de desastres, como transferir indivíduos que estão expostos ao risco para outra região), mitigação (redução dos impactos negativos relacionados com os perigos e desastres, podendo citar a elaboração de sistemas que possam resguardar de inundações, como a manutenção da mata ciliar), transferência (seguros) e preparação (instalação e manutenção de sistemas de alerta e apontar itinerários de evacuação) (UNISDR (2017)).

Dessas quatro ferramentas citadas, encontra-se com mais frequência no Brasil o emprego de três, sendo a de transferência a mais incomum nos locais onde a incidência dos desastres mais ocorre (regiões menos abastadas). A sua utilização varia de nação para nação, dependendo de elementos presentes na cultura prevencionista, da ocorrência e frequência de eventos extremos e a visão que o poder público e as instituições privadas possuem.

Mesmo que se conheçam esses instrumentos, ainda é necessário que mais intervenções sejam feitas para obstar novos riscos que têm surgido com o avanço das regiões urbanizadas, dos entraves que advém com as mudanças climáticas e outros elementos de risco, sabendo que, o mundo está progressivamente interconectado, e também que a ocorrência de desastres pode suceder em erros concomitantes. Todavia, o desenvolvimento de uma nação tem a possibilidade de ser sustentável, basta compreender qual abordagem empregar a tempo de impossibilitar que o risco de desastres alcance categorias de perigo (UNISDR, 2015b).

2.3.1 O Modelo HAND

Com o objetivo de reduzir os riscos de desastres, grupos de estudos e instituições têm desenvolvido e aperfeiçoado ferramentas as quais visam auxiliar os estados e municípios em seu planejamento. Essas ferramentas podem ser medidas não estruturais e, como exemplo disso, se pode utilizar o sensoriamento remoto. Com o passar dos anos essa ferramenta tem sofrido mudanças no sentido positivo dispondo de mais dados e também de melhor acurácia, possuindo diversas utilidades e fornecendo a possibilidade do acesso a informações topográficas cada vez mais aprofundadas.

Normalmente são utilizados modelos hidráulicos numéricos para retratar vazões em função do tempo no decurso da rede de drenagem, que podem estar associados com modelos hidrológicos, com o objetivo de melhorar o desempenho dos processos que fazem parte do sistema. Contudo, para a execução desses modelos faz-se necessária à utilização de dados de topografia e uma grande quantidade de dados hidrológicos e hidráulicos, que algumas vezes não se tem acesso, dificultando ou impedindo o emprego dos mesmos (GALL *et al.*, 2007).

Sobre o fenômeno da inundação, diversas ações são executadas ano após ano pelos órgãos gestores, sendo muitas de cunho paliativas. São medidas de natureza estrutural como dragagem dos rios, mas que sem o devido planejamento, acompanhamento, sensibilização, conscientização da população e outros diversos fatores, não possuem a eficácia adequada.

O modelo descritor de terreno HAND(do inglês, *Height Above the Nearest Drainage* ou Altura Acima da Drenagem Mais Próxima), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas

Espaciais (INPE) e apresentado pela primeira vez por Rennó *et al.* (2008), foi utilizado para classificar a paisagem (encharcado, ecótono, declive e planalto) em torno do Rio Negro, na Amazônia. O modelo elabora uma grade de distâncias verticais com base em um MDE normalizado e estabelece a diferença entre a altura de um determinado *pixel* e a altura da rede de drenagem mais próxima (CARON *et al.*, 2018).

Esse modelo leva em conta que a direção de fluxo de água na superfície é nortado pela topografia onde os pontos da superfície são interligados com a rede de drenagem (CARVALHO, 2017). Rennó *et al.* (2008) e Nobre *et al.* (2011) comentaram que, com base na rede drenagem, tendo sido retirados os dados da topografia, a distinção de cada componente da grade MDE e a posição mais contígua relacionada à rede de drenagem extraída, tem como consequência a origem do modelo de superfície HAND. Desta forma a elevação de orientação fixa passa ser o nível da rede de drenagem mais próxima e não o nível do mar.

Têm sido desenvolvidos trabalhos experimentando a funcionalidade do modelo HAND. No Marrocos e em sua circunvizinhança, há a notável ausência de mapas hidrogeológicos confiáveis para a utilização em projetos que integrem o planejamento regional. À vista disso, o trabalho de Hamdani e Baali (2019) buscou a aplicação do modelo HAND nessa região objetivando a obtenção de informações de subsidiassem a exploração dos recursos hídricos subterrâneos com imagens Landsat-8, com resultados validados utilizando lagos, fontes de água e níveis piezométricos. Já no Brasil, diversos trabalhos tem sido desenvolvidos, dentre eles citam-se os trabalhos expostos no Quadro 2:

Quadro 2 – Estudos que se utilizaram do HAND

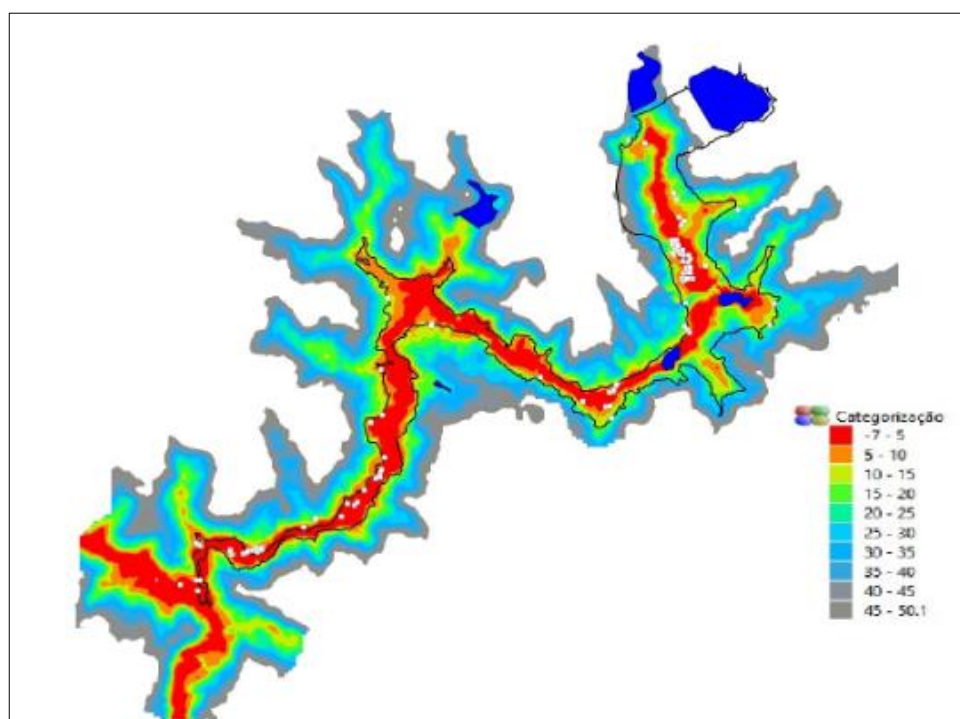
Autor	Ano	Localização	Descrição do estudo
Pires e Borma	2013	Bacias hidrográficas de Ribeirão do Taquaruçu e Córrego do Buritizal ambas localizadas no município de Palmas - TO	Foi aplicado para as duas bacias hidrográficas o método HAND. A sua validação ocorreu com base na drenagem e nas medições de águas subterrâneas feitas <i>in loco</i> .
Rosim <i>et. al.</i>	2014	Região Nordeste do Brasil	Disponibilização de informações de como obter drenagem superficial e delimitação de bacias hidrográficas sem que seja necessário realizar a digitalização manual, além disso, apresenta o método HAND para identificar a potencialidade das áreas de inundação.

Santos	2015	Bacia Hidrográfica de Ribeirão Anicuns no município de Goiânia - GO	Foi realizada a criação de vários cenários de inundação nos tempos de retorno de 15, 25, 50 e 100 anos, com auxílio do modelo hidrodinâmico HEC – RAS. Foi realizada a modelagem hidrodinâmica que considerou a equação completa de Saint Venant. Além desta modelagem foram geradas simulações do método HAND.
Campos <i>et. al.</i>	2015	-	Utilizou-se o método HAND para a classificação das suscetibilidades às inundações.
Momo <i>et. al.</i>	2016	Blumenau – SC e Brusque - SC	Avaliou o desempenho da ferramenta HAND no mapeamento de locais que apresentaram risco hidrológicos, tomando como base os levantamentos topográficos e os mapas de inundações pré-existentes para os municípios estudados.

Fonte: adaptado de Carvalho (2017).

O modelo HAND também foi aplicado no mapeamento do trajeto da lama formada pelo rompimento da barragem da Mina Córrego do Feijão, em Brumadinho, Minas Gerais, em janeiro de 2019. Usando o modelo HAND, mapeou-se a mesma área em questão com o objetivo de observar a mancha de inundação para as cotas de 5 m a 50 m. Foram utilizadas imagens do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) com resolução espacial de 30 m x 30 m. Nota-se na Figura 2 que grande parte da região afetada está na faixa até 10 metros (tons de vermelho no modelo), chegando a atingir locais com maior altitude por consequência do luxo de lama.

Figura 2 - Simulação do HAND da mancha de lama em Brumadinho, MG



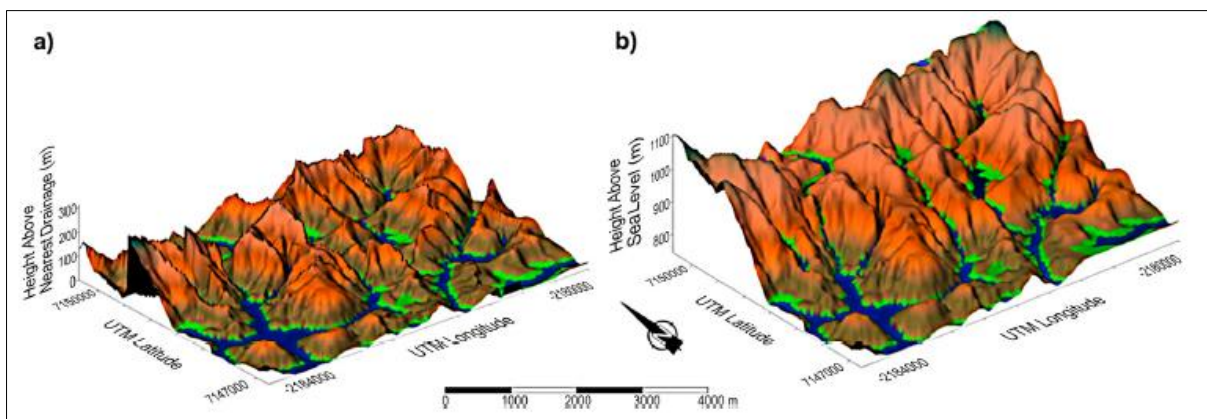
Fonte: INPE (2019).

O único dado de entrada para geração do HAND é o MDE. Segundo Nobre *et al.* (2011), o MDE é vocábulo genérico para representar ou um Modelo Digital de Terreno (MDT) ou Modelo Digital de Superfície (MDS), sabendo que, os dois são modelos que retratam a superfície da terra, podendo ser obtidos por intermédio de aeronaves remotamente tripuladas (ARTs), aviões, satélites, radares ou *lasers*. Caracterizando cada um deles, o MDS retrata a superfície do terreno com todos os itens que podem existir nele como edificações e vegetação. Já o MDT corresponde apenas a superfície do terreno desnuda, sem a existência dos itens já citados (CRUZ, 2011). Tais modelos tem a possibilidade de serem empregados para reproduzir o acúmulo e mobilidade de águas em superfícies (MOORE *et al.*, 1993).

A inclusão do MDE nos SIGs propicia a estimativa de vários parâmetros hidrológicos, como direção do fluxo, área de contribuição do fluxo e rede de drenagem. Ademais, os modelos hidrodinâmicos e hidrológicos, que são utilizados no mapeamento de áreas propensas a risco de desastres por inundação, fazem a aplicação do MDE como um dos dados de entrada (MOORE *et al.*, 1991 apud CARON *et al.*, 2018).

Como já foi comentado, o modelo HAND toma o nível de rios ou lados mais próximo como zero e não o nível do mar. Com isso, a modelagem da superfície se altera e pode ser compreendida de acordo com Figura 3.

Figura 3 - Referência de elevação da drenagem do terreno: (a) a partir do modelo HAND e (b) baseada na altitude local



Fonte: Nobre *et al.* (2016).

Assim sendo, é imprescindível que sejam empregados instrumentos os quais auxiliem moradores de áreas propensas a risco de desastre, a compreender os processos que ocorrem em seu entorno, como também aos órgãos públicos na administração, tomada de decisão e divulgação dos resultados para toda a população.

2.3.2 Análise de Vulnerabilidade Socioambiental

Diversas áreas do conhecimento têm discutido sobre conceitos de ameaça e vulnerabilidade. Suas concepções divergem, bem como sua aplicabilidade, podendo se caracterizar como um empecilho na padronização do que vem a ser cada uma delas e essas distinções entre os pensadores são acentuadas quando se trata da dicotomia entre as ciências humanas e as ciências da natureza (SOUZA; ZANELLA, 2009).

Mais recentemente, os estudos apontam que a aplicação do termo vulnerabilidade está sendo mais empregado nas ciências sociais, com seu uso mais frequente em pesquisas que se remetem aos temas de corpo social e desenvolvimento. O termo vulnerabilidade, em seu significado literal é “qualidade de vulnerável” que tem sua aplicação ao lado frágil de um questionamento ou um alvo por onde alguma pessoa possa ser lesionada de maneira física ou moral, denotando risco ou dano (DESCHAMPS, 2004).

Para Rodriguez (2001), o risco é um elemento que também é muito importante a ser estudado. Quando se trata da vulnerabilidade, esse termo tem ligação direta com a probabilidade de ocorrência ou da frequência de um evento adverso de qualquer origem, para unidades de referência como famílias ou pessoas morando em região semelhante.

Por definição, o conceito de Wisner (2003, p. 11) para vulnerabilidade é:

Por vulnerabilidade queremos dizer as características de uma pessoa ou grupo e sua situação que influencia sua capacidade de antecipar, lidar, resistir e se recuperar do impacto de um risco natural (um evento ou processo natural extremo). Envolve uma combinação de fatores que determinam o grau em que a vida de alguém, meios de subsistência, propriedades e outros ativos são colocados em risco por um meio discreto e identificável evento (ou série ou "cascata" de tais eventos) na natureza e na sociedade.

A aplicação do termo vulnerabilidade relacionado a fatores sociais está em discussão em diversos grupos de pesquisa, sendo comentado por alguns autores (GUIMARÃES, 1993; BUSTAMANTE, 2000; KAZTMAN, 2000, 2001):

Esses autores, em distintas abordagens, adotam a noção de vulnerabilidade vinculada à pobreza (reflexo da grande quantidade de movimentos de entrada e saída dessa condição) e como componente de crescente importância dentro do complexo de desvantagens sociais e demográficas que se delineiam na “modernidade tardia”. A noção de vulnerabilidade no âmbito das relações entre população e desenvolvimento pode igualmente ser vista como o aspecto negativo mais relevante do modelo de desenvolvimento baseado na liberalização da economia e na abertura comercial, e também como a manifestação mais clara da carência de poder que experimentam grupos específicos, mas numerosos, da humanidade. (DESCHAMPS, 2004, p.19).

A carência de poder comentada se dá pela pouca influência e voz que esses grupos têm se tratando de sua visibilidade na sociedade como um todo, quando acometidas por algum evento extremo ou desastre, esse grupo de pessoas se vê numa situação delicada onde suas necessidades e anseios não são supridos.

Neste trabalho aborda-se a vulnerabilidade das pessoas e de seus grupos. Essa vulnerabilidade por ser compreendida como uma associação de elementos que deterioram seu grau de bem-estar e de qualidade de vida, e estando numa posição de exposição a certos riscos. Como exemplo disso, carência de saneamento básico, analfabetismo e ausência de renda, dentre outros, que quando sobrepostos atingem essas pessoas e seus grupamentos de diversas formas e intensidades, expressando as desigualdades existentes (ROVER; CESARO, 2008).

Outro elemento que intensificou as vulnerabilidades foi o crescimento do modelo econômico que favoreceu a expansão industrial, tendo como consequência grande devastação ambiental. Em se tratando de países em desenvolvimento, como exemplo o Brasil, a desigualdade social se intensificou, sendo expressa por meio da segregação espacial e na concentração de renda (DESCHAMPS, 2004).

Com essa soma de percalços sofridos por um grupo da sociedade, testemunha-se o nascimento de uma sociedade que gera e propaga, com desigualdade, tanto os riscos ambientais quanto os sociais (ACSELRAD, 2002).

A habilidade das instituições familiares brasileiras de responder às adversidades dos aspectos sociais e econômicos ocorre quando há a diminuição do acesso e da oportunidade de variadas formas. Nessa perspectiva podem ser mencionadas: a qualidade imprópria do domicílio em si ou pela precariedade da localização; o acesso prejudicado por um espaço no mercado de trabalho; a ausência de oportunidade à educação de qualidade e ao conhecimento; ou ainda pela consequência desta falta de instrução na prevenção, precaução e profilaxia da saúde (FURTADO, 2012).

A parcela da população que é desfavorecida também padece com outra classe de adversidade que são os “riscos ambientais urbanos”, termo avaliado por Jacobi (2004), podendo fazer parte dessa categoria eventos como alagamentos, movimento de massa e inundação, sendo este último retratado neste trabalho.

A associação desses fatores de cunho ambiental e social fazem parte da construção da vulnerabilidade socioambiental, tema bastante discutido por Deschamps (2004), Mendonça (2004), Alves (2005), Alves (2006), Malta *et al.* (2017) e diversos outros.

Como vulnerabilidade socioambiental, pode-se compreender como sendo a associação espacial entre indivíduos agrupados com alta privação, e muito pobres e de ambientes deteriorados ou áreas consideradas propensas a risco. Também se compreende que não é ocasional o fato dessas regiões caracterizadas de risco ambiental ou que estão em processo de degradação, serem em boa parte das vezes, áreas de que apresentam carência social e miséria (ALVES, 2006).

Existem exceções, como foi o caso do desastre na região serrana do Rio de Janeiro em 2011, onde grande parte dos atingidos era de classe média alta. Todavia, a maioria das pessoas ou comunidades se encontram em situação de vulnerabilidade socioambiental dispõe de condições precárias.

Há uma correlação entre se estar exposto a riscos ambientais e a deficiência na acessibilidade a serviços de infraestrutura fornecidos pelos setores governamentais. Essas ausências (abastecimento de água, coleta de esgoto, recolhimento de resíduos sólidos, drenagem urbana) deixam expostas populações que residem em áreas propensas a riscos ambientais, como exemplo disso, são as doenças de veiculação hídrica (JACOBI, 1995).

A existência dessa disparidade de condições social e ambiental observada na sociedade passou a ser mais discutida a partir da década de 1970. Entretanto, se estende até os dias atuais. São conhecidos os fatores desencadeadores desses entraves, bem como suas possíveis soluções

ou maneiras de minimizar. Essas informações são obtidas de diversas formas, sendo as instituições de ensino grande contribuintes para a geração e análise de dados.

Alves (2013) construiu uma análise socioambiental do município de Cubatão (São Paulo) por meio da associação de dados sociodemográficos e ambientais dentro da escala urbana, se caracterizando como uma releitura do artigo pioneiro do professor Daniel Hogan intitulado de “População, pobreza e poluição em Cubatão, São Paulo”, realizado em 1993. A ideia central foi de compreender a evolução do território no quesito socioambiental, bem como contribuir com o desenvolvimento dessa metodologia. Observou-se que houve uma manifestação significativa de locais onde a suscetibilidade/pobreza e a exposição ao risco ambiental foram expressas.

Quando se acessa comunidades carentes nota-se que os problemas enfrentados são recorrentes, assolam-nos há muitos anos e a preocupação de não saber se sobreviverão a eventos extremos é sentida na pele periodicamente. O poder público direciona alguns recursos visando a melhoria e recuperação dessas pessoas e do ambiente, todavia esse processo de geração de desigualdade não é estático. A cada dia se nota que regiões frágeis antes não habitadas, passam a ser ocupadas por aqueles que não possuem o poder aquisitivo de obter um imóvel em um local adequado de moradia.

As discussões teórico-conceituais sobre esse tema devem ser fortalecidas tendo em vista as multifacetadas existentes nos problemas socioambientais onde, diversas áreas do conhecimento conversam buscando melhores soluções. É um assunto que requer uma visão holística e a participação de todos os atores sociais envolvidos.

3 Delimitação e caracterização da área de estudo

João Pessoa, capital do estado da Paraíba, é considerada uma cidade de porte médio, com população estimada no ano de 2020 de 817.511 pessoas e sua densidade demográfica de 3.421,28 habitantes por quilômetros quadrados (Censo de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)). A cidade apresentou um crescimento elevado de sua população a partir dos anos de 1950. Para Sousa (2010), desde essa década, o crescimento demográfico tem sido maior que seu crescimento territorial urbano, sendo acentuado com o passar dos anos.

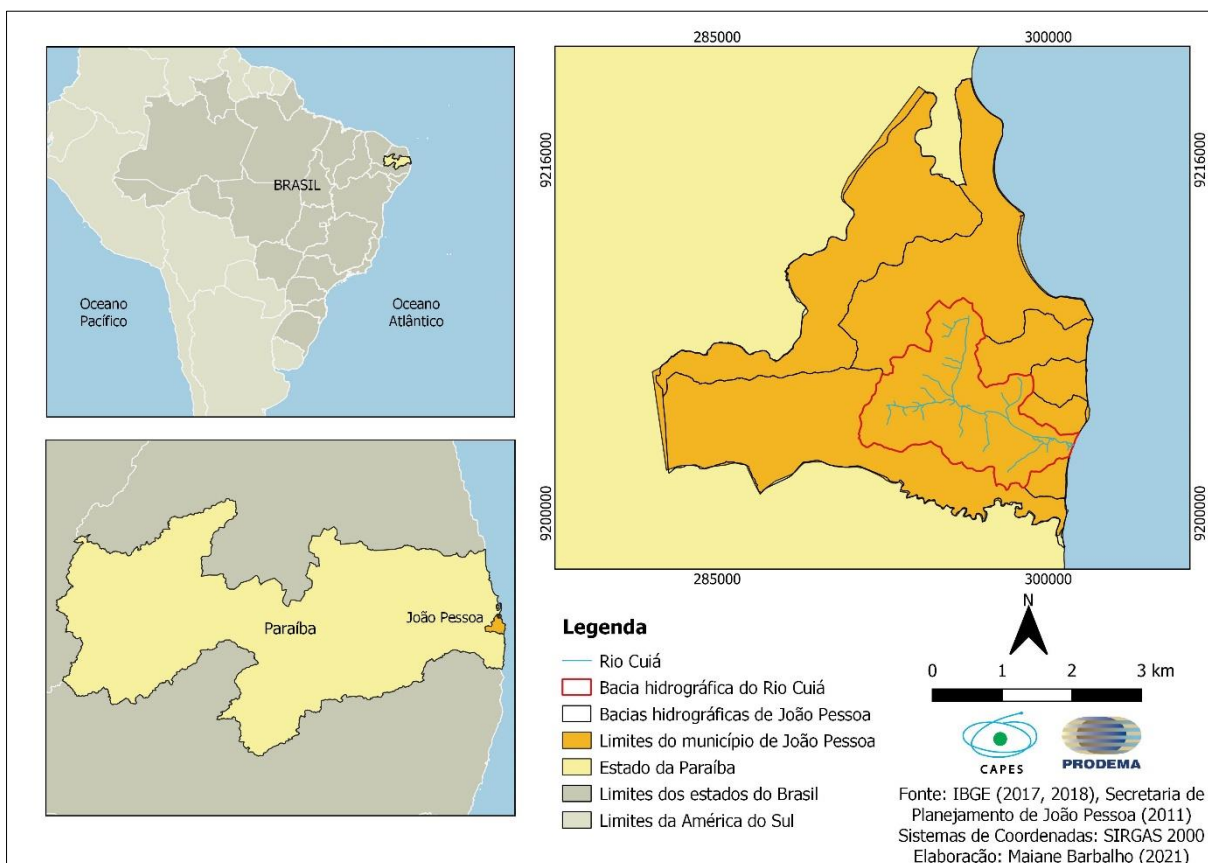
A cidade está situada entre duas bacias hidrográficas: a do Rio Paraíba, que abrange a maior parcela do município; e a do Rio Gramame, que se estende na parte Sul de João Pessoa. No interior de João Pessoa, a bacia hidrográfica do Rio Paraíba é drenada pelos rios: Marés,

Mandacaru, Sanhauá, das Bombas, Jaguaribe, Laranjeiras, Cabelo, Cuiá, entre outros. Grande parcela desses rios segue na direção geral de Oeste-Leste (JOÃO PESSOA, 2017).

O objeto de estudo deste trabalho é a bacia hidrográfica do Rio Cuiá (BHRC) que se localiza na zona urbana do município de João Pessoa, na região geográfica intermediária do município. Possui valores altimétricos que variam de 0 até 60 m e está delimitada pelas coordenadas UTM 302.000 E/9.210.000 N e 292.000 E/ 9.200.000 N (SILVA, 2007).

A BHRC (Figura 4) têm, aproximadamente, 40 km². Limita-se ao Norte com a bacia hidrográfica do Rio Jacarapé, ao Sul com a bacia hidrográfica do Rio Gramame, a Leste com o Oceano Atlântico e a Oeste com o conjunto Habitacional Ernany Sátiro. Abrange 21 bairros de João Pessoa sendo por inteiro os bairros de: Água Fria, Anatolia, Boa Esperança, Cidade dos colibris, Cuiá, José Américo, Valentina de Figueiredo e Paratibe e parcialmente os bairros: Bancários, Barra do Gramame, Costa do Sol, Cristo Redentor, Ernesto Geisel, Grotão, Gramame, Jardim Cidade Universitária, Jardim São Paulo, João Paulo Segundo, Mangabeira, Muçumagro e parte do Jardim Botânico Benjamim Maranhão. A BHRC possui ainda algumas comunidades registradas, como a do Colibis, Eucalipto, Bananeiras, Durame, Laranjeiras, Balcão, Boa Esperança, Nova Esperança, Vila União e Santa Bárbara (SILVA *et al.*, 2006).

Figura 4 - Mapa de localização da bacia hidrográfica do Rio Cuiá, João Pessoa, PB

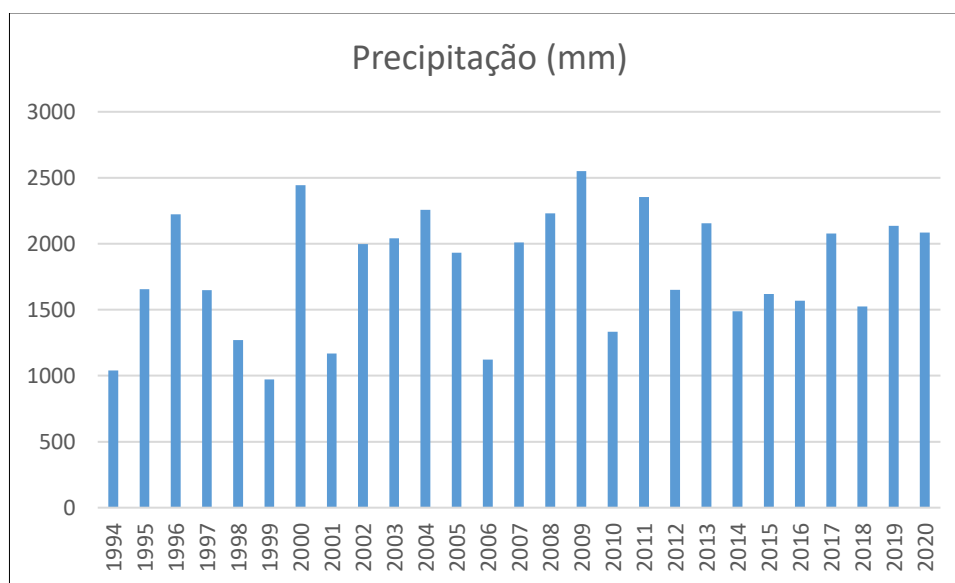


O sistema hidrográfico da BHRC tem o Rio Cuiá, como o principal curso d'água com uma extensão de 8 km, desde a nascente situada no conjunto habitacional dos Grotões até a foz na Praia do Sol. A composição de sua margem direita é feita por alguns córregos e também pelo Riacho Mangabeira, que possui 2 km de comprimento. Já sua margem esquerda; é alimentada pelo Rio Laranjeiras, que dispõe de um comprimento de 5,5 km, e pelo Riacho Sonhava, que possui uma extensão de 5,3 km. A BHRC, de acordo com a metodologia de Strahler, foi considerada como uma drenagem de quarta ordem (SILVA; SANTOS, 2005).

Os sistemas atmosféricos que atuam na cidade de João Pessoa têm sua origem do Oceano Atlântico e originam um tipo climático peculiar que diverge do interior do Estado. O município apresenta uma precipitação média anual, conforme o INMET (2010), levando em consideração o intervalo entre os anos de 1981 e 2010, de 1.888 mm anuais e dois períodos climáticos bem determinados. O primeiro regime climático é compreendido como sendo o chuvoso e ocorre entre os meses de abril a junho, os quais são os mais representativos nas normais climatológicas. O segundo regime é seco que decorre entre os meses de setembro a janeiro, englobando todo o período sazonal da primavera e o princípio do verão (INMET, 2010).

De acordo com a Agência Executiva de Gestão das Águas (AESAs), do estado da Paraíba, foi possível a organização de um climograma com a precipitação dos anos de 1994 a 2020 da estação DFAARA de João Pessoa (Figura 5). Vale destacar as medições do ano de 1999, possuindo a menor precipitação, somando 972,9 mm e a do ano de 2009, sendo no valor 2.550,4 mm. Dos 27 anos de medição, 12 deles estão acima de 2.000 mm, dentre eles os anos de 2019 e 2020 que são o período de tempo em que se deu o desenvolvimento desse trabalho.

Figura 5 - Climograma do município de João Pessoa no intervalo dos anos de 1994 a 2020



Fonte: AESA (2020).

Sobre os registros mais recentes, segundo a AESA, o volume de chuva que foi acumulado no ano de 2019 foi de 2.135 mm (estação DFAARA), com destaque para o mês de junho que registrou 659,6 mm (AESAs, 2019). Já para o ano de 2020, de acordo com a fonte supracitada, o acumulado foi de 2.085,7 mm (estação DFAARA), sendo mês de maio o que mais houve de precipitação registrada, com um total de 577,7 mm.

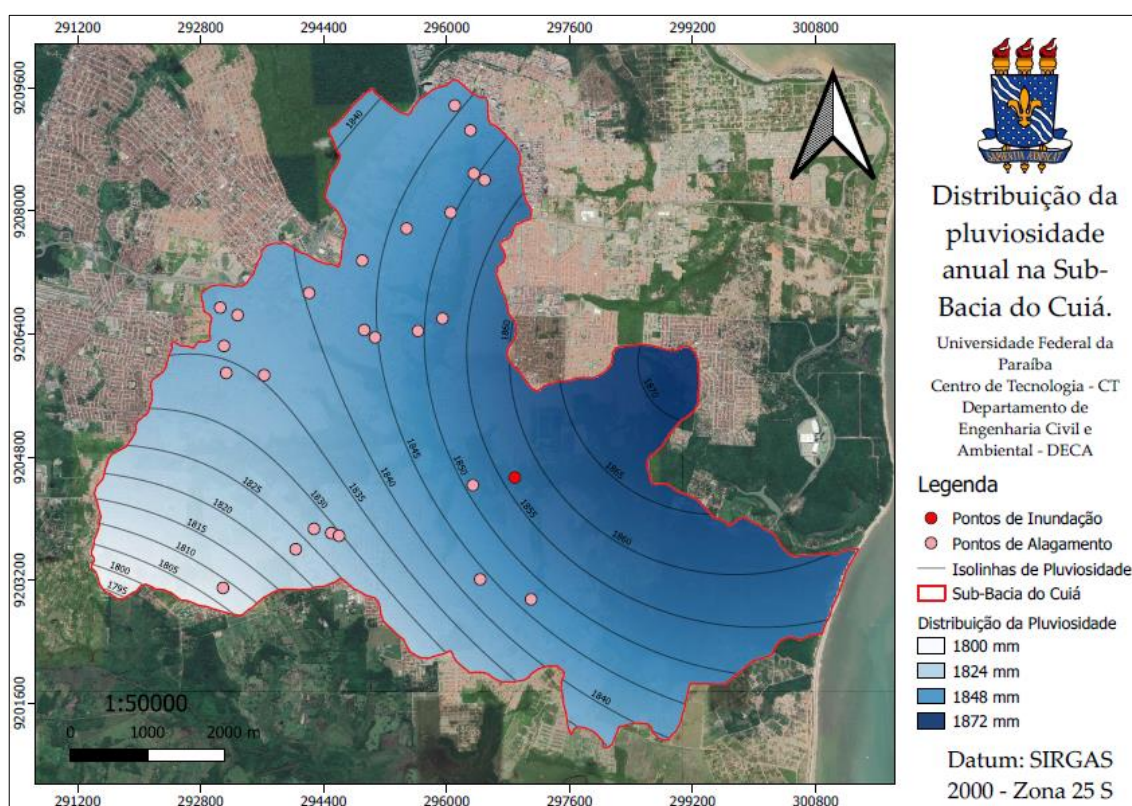
Nota-se que, nesses anos (2019 e 2020), a quantidade de precipitação é superior à média anual, culminando em eventos de alagamento e inundação em alguns pontos do município. Os valores registrados não são muito distantes da média anual (1.888 mm). Entretanto, mesmo se conhecendo o perfil do município no tocante aos meses chuvosos e locais propensos à recorrência de eventos extremos (inundação, alagamento e movimento de massa), estes continuam a acontecer, mostrando as fragilidades institucionais na prevenção de desastres.

O município de João Pessoa é litorâneo e possui uma média anual pluviométrica significativa que se distribuem pelas suas bacias hidrográficas. Aliado a isso, há uma grande

impermeabilização dos espaços, favorecendo episódios de inundação e alagamento. Na BHRC a média anual pluviométrica é próxima a do município como um todo e os reflexos dos episódios de precipitação podem ser sentidos em todas as zonas da cidade (Figura 6).

Mesmo que os valores médios de precipitação sejam próximos uns dos outros em relação a pluviosidade anual do município, a porção Norte na BHRC apresenta maiores valores acumulados em relação às demais regiões. Chegando a uma diferença de, aproximadamente, 70 mm anuais, podendo ser um dos fatores que contribuem para os eventos de inundação em sua proximidade.

Figura 6 - Distribuição da pluviosidade anual, pontos de alagamento e de inundação na bacia hidrográfica do Rio Cuiá



Fonte: desenvolvido por Carlos Adilson Rocha, 2020.

Um assunto correlato que vale apenas mencionar é a quantidade de postos pluviométricos no município com qualidade em suas informações. Para a confecção do mapa apresentado na Figura 5 foram utilizados apenas três postos. Porém, um deles faz parte do município do Conde, que é limítrofe ao município de João Pessoa.

Em João Pessoa existem mais bacias hidrográficas que são relevantes e apresentam problemas cíclicos pela ocorrência de chuvas intensas como a do Rio Gramame e a do Rio

Jaguaribe. É imprescindível que sejam instalados e monitorados mais postos pluviométricos para que a qualidade das informações geradas seja melhor e mais representativa no intuito de auxiliar os órgãos gestores na compreensão do espaço e suas interações, na estruturação de projetos que necessitam de dados precisos, visando direcionar de maneira mais adequada suas atividades.

A BHRC é representada como uma bacia hidrográfica urbana que vem padecendo com mudanças que interferem nos processos ambientais: o crescimento desordenado da população entorno e a perda das particularidades naturais do rio, promovida pelas consecutivas obras de engenharia. Boa parte dessas obras não levam em conta o conjunto da rede de drenagem e alteram as seções transversais e o perfil longitudinal dos rios, modificando assim, a eficiência do fluxo, e propiciando alterações no ciclo hidrológico (SILVA *et al.*, 2006).

Essas fragilidades também são acentuadas por outros fatores como o crescimento populacional de João Pessoa, que se deu forma célere por ser um polo atrativo tanto para turistas como para migrantes que estavam em busca de melhor qualidade de vida e de uma oportunidade de emprego. Contudo, esse crescimento populacional ocorreu de forma desordenada, gerando conflitos e desigualdades sociais e ambientais (SOBREIRA *et al.*, 2011). Isso é reflexo da maneira que o crescimento urbano dos países em desenvolvimento tem se verificado, se caracterizando por ser de forma não sustentável, com ações que degradam o meio ambiente e, conseqüentemente, a qualidade de vida (TUCCI, 2005).

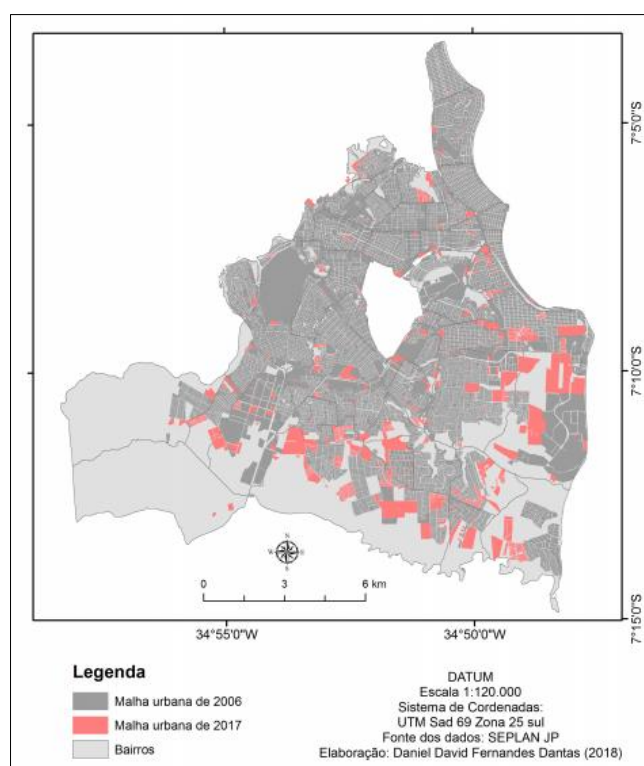
Para Oliveira (2006), sobre o crescimento urbano, até a década de 40, sempre houve um predomínio do desempenho do crescimento demográfico sobre o crescimento territorial da cidade, mas com taxas bem próximas, quase semelhantes. A partir das décadas de 50, 60 e 70, essa disparidade aumentou, havendo a predominância do crescimento populacional sobre o da área urbana. Esse crescimento acentuado se deu pela migração, principalmente de pessoas provenientes do interior do estado, objetivando melhores oportunidades nos setores que estavam empregando, visando qualidade de vida.

Buscando remediar essa disparidade, foi incentivada a criação de conjuntos habitacionais localizados nas porções periféricas do município. Em se tratando da expansão urbana contemporânea do município como um todo, ela se deu entre os anos de 1970 e 1980, com transformações produtivas que culminaram no aumento da infraestrutura, e por consequência, populacional, mais notável nas porções Leste, Sul e Oeste Oliveira (2019).

Nos últimos trinta anos a ocupação do território se concentrou na porção Sul do município e abrangeu uma quantidade significativa de regiões de planície localizadas adiante

dos vales do Rio Cuiá e seus respectivos afluentes, sendo compreendido até os talvegues do Rio Gramame (OLIVEIRA, 2006). A dinâmica ocupacional da porção Sul do município (Figura 7), com destaque para os bairros Valentina de Figueiredo e Gramame, se intensificou com o investimento do Governo do Estado, por meio do Banco Nacional de Habitação (BNH), ao fim do regime militar, sendo bairros construídos com o intuito de serem apenas residências populares (OLIVEIRA, 2019).

Figura 7 - Expansão da malha urbana de João Pessoa de 2006 a 2017



Fonte: Dantas (2018)

De acordo com Dantas (2018), se pode identificar os eixos de crescimento populacional da cidade no sentido Sul nos seguintes bairros: Gramame, Barra de Gramame, Geisel, Valentina de Figueiredo, Mumbaba, Muçumagro, Bairro das Indústrias e Paratibe; impelidos pela relativamente nova tendência dos programas sociais, como o “Minha Casa, Minha Vida”, e pelo preço mais barato das residências. Esses programas sociais são responsáveis por ocupar grandes parcelas de terra para a instalação dessas unidades habitacionais. Atrelado a isso, essa região começou a atrair o setor imobiliário e de serviços, visando suprir as necessidades dos moradores, como também problemas estruturais.

Nem sempre o setor de infraestrutura consegue garantir esses locais, sendo notáveis episódios de alagamento ou inundação nessas regiões. Outra ocupação que também passa a residir locais pouco fiscalizados são as comunidades carentes. Como exemplo disso, no período chuvoso do ano de 2020, por exemplo, foram veiculadas pela mídia reportagens sobre os impactos decorrentes das chuvas em uma comunidade chamada Nova Jerusalém, situada no bairro do Gramame, onde muitas famílias ficaram desabrigadas e desalojadas, reflexo esse do que já foi comentado.

O acompanhamento do território por meio de mapas é imprescindível quando o assunto é gestão e planejamento territoriais. Por meio dessa ferramenta é possível propor medidas que visem tanto a conservação dos ecossistemas quanto o desenvolvimento regional. Abordagens que possam ser executadas de maneira remota trazem economia para o setor público, como também tem se mostrado eficiente no contexto de pandemia por COVID - 19 enfrentado pelo mundo no período atual (2021).

4 Procedimentos Metodológicos

4.1 Mapas de distribuição da pluviosidade e declividade

O método utilizado para a compreensão da distribuição das chuvas foi o das Isoietas. Nesse método, em oposição ao uso de postos isolados de medição de precipitação determinados por aparelhos de medição, são empregadas curvas equivalentes cujo traçado é compreensível e similar ao das curvas de nível, sabendo que a altura da chuva representa a cota do terreno que expressam a precipitação média ponderada entre isoietas subsequentes [UTFPR, 20--?].

Para a composição das curvas, foram utilizados os postos pluviométricos situados em Mangabeira, Conde e Marés (Tabela 1) e no seu traçado foi utilizado o *software* livre QGIS.

Tabela 1 - Postos e as respectivas médias pluviométricos anuais utilizadas para o traçado das isoietas

Código	Cidade	Nome do posto	Coordenadas UTM		Média anual (mm)
			X	Y	
3940437	João Pessoa	Mangabeira	299234	9206023	1.871
3940522	Conde	Conde	287820	9197788	1.660
3940321	João Pessoa	Marés	289193	9208586	1.856

Fonte: SILVA (2007).

Para melhor compreensão da situação da BHRC, associado ao mapa de distribuição de pluviosidade, também foram sobrepostos os pontos de inundação e alagamento que estão descritos no Plano Municipal de Saneamento Básico de João Pessoa – PMSB/JP (PARAÍBA, 2015), visando uma possível comparação entre eles.

Dos pressupostos de Alves (2006, 2007) para a propensão a risco ambiental se utilizou o critério das altas clinografias (superior a 30%, que favorece a ocorrência de deslizamentos) e das planícies fluviais (declividade inferior a 3%, que contribui para episódios de alagamento), com o objetivo de auxiliar na compreensão dos eventos de inundação e dinâmica destes na BHRC.

Com isso, foi construído o mapa de declividade com o uso do *software* QGIS a partir de uma imagem de declividade da missão SRTM, obtida do *site* TOPODATA, do INPE sendo sua descrição: 07S36_SN. A declividade foi gerada em porcentagem, já inclusas as classes de declividade da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) (Tabela 2) com o auxílio do tutorial de Sá (2014).

Tabela 2 – Classes de declividade propostas pela Embrapa (1979)

Classes de declividade	Limites percentuais (%)
Plano	0 – 3
Suave ondulado	3 – 8
Ondulado	8 – 20
Forte – ondulado	20 – 45
Montanhoso	45 – 75
Escarpado	> 75

Fonte: SÁ (2014).

4.2 Modelo Digital de Elevação (MDE)

Para a análise dos reflexos possíveis ou já ocorridos eventos de inundação na BHRC, foram utilizados três mapas com diferentes resoluções espaciais. O emprego de diferentes resoluções espaciais permite ao pesquisador compará-las e compreender se há diferenças significativas entre elas; e, em se tratando de uma escala menor, como é o caso da BHRC, direcionar as iniciativas de maneira mais acertada possível, compreendendo as peculiaridades e riscos inerentes a cada região.

A primeira imagem foi obtida no *site* da EMBRAPA, onde sua base são os dados numéricos de relevo e da topografia do Brasil, da missão SRTM. Nessa imagem, para cada área de 90 metros por 90 metros do território nacional, se dispõe de uma medida altimétrica com boa precisão. Além disso, embasado no processamento digital dessas imagens, a EMBRAPA fez um recorte dos mosaicos estaduais, deixando-os compatíveis também com os produtos dos satélites da série LANDSAT para o Brasil (MIRANDA 2005).

A segunda imagem também foi da missão SRTM com resolução espacial de 30 m x 30 m, de 11 a 22 de fevereiro de 2000, obtida pelo *site* da *United States Geological Survey* (USGS) (USGS, 2020).

A terceira imagem foi a do *Light Detection And Ranging* (LIDAR), que usa tecnologia óptica de detecção remota com resolução espacial de 5 m x 5 m, cedida por um discente de doutorado da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) que a obteve junto a Secretaria de Planejamento de João Pessoa.

Para as imagens da EMBRAPA, da USGS e do Lidar, logo após serem feitos os seus respectivos *downloads*, utilizou-se o *software* livre QGIS para que nele a BHRC fosse cortada e para que suas coordenadas fossem reprojctadas para SIRGAS 2000 – Zona 25S.

4.3 HAND

Para o emprego do modelo HAND, é importante ressaltar que em seu processamento ele vai utilizar um MDE que foi obtido tendo como referência o nível do mar e passará a ter como referência a rede de drenagem mais próxima.

Após os procedimentos de cortes e reprojeções executados no QGIS, as imagens foram inseridas no *software* livre desenvolvido pelo INPE, TerraView para seu processamento. Os passos seguidos foram os mesmos para cada uma das três imagens utilizadas neste trabalho, o que variou foi apenas o tempo de processamento dessas devido a sua resolução espacial. O primeiro passo foi de criar um banco de dados para a imagem, e para isso, foi utilizado o PostgreSQL, que é um sistema gerenciador de banco de dados, que deve ser instalado para que haja o desempenho dessa função.

Dentro do TerraView, abriu-se o PostgreSQL, criou-se um banco de dados e em seguida conectou-se esse banco de dados. Feito isso, houve a importação da imagem *raster* para o banco de dados. O próximo passo foi a definição da projeção e *Datum* para serem utilizados na imagem. No caso, os selecionados foram UTM e SIRGAS 2000 – Zona 25S, sendo feita essa seleção manualmente.

A etapa subsequente foi a definição do número máximo de níveis de multi resolução espacial, que tem por objetivo facilitar a visualização do dado no *software* TerraView. Os valores podem variar de 1 a 10. Porém, foram testados diferentes níveis e observou-se que o produto final não variou, sendo escolhido o nível 10.

Para que se possam executar as aplicações abarcando a modelagem hidrológica que está distribuída, a utilização do *plugin* TerraHidro cumpre bem essa função. Ela outorga ao usuário a possibilidade de fazer a simulação de eventos ambientais que tem relação com os recursos hídricos subterrâneos e/ou superficiais fundamentados em MDS ou MDE, podendo estar associados a outros elementos como precipitação, tipos de solos, uso e cobertura do solo, dentre outros (INPE, 2020)

Segundo INPE (2020) as características dessa plataforma são as seguintes:

- Possibilita que se extraiam as redes de drenagem;

- Permite que haja a determinação de áreas de contribuição para locais isolados e parcelas de drenagem;
- Viabiliza o estabelecimento de drenagens com menores proporções, com base em drenagem que foi obtida a partir de dados oriundos de escalas maiores (esse processo se é chamado de *upscaling*);
- Proporciona delimitar os níveis de lençóis freáticos e regiões com suscetibilidade a inundar, utilizando um procedimento intitulado de HAND.

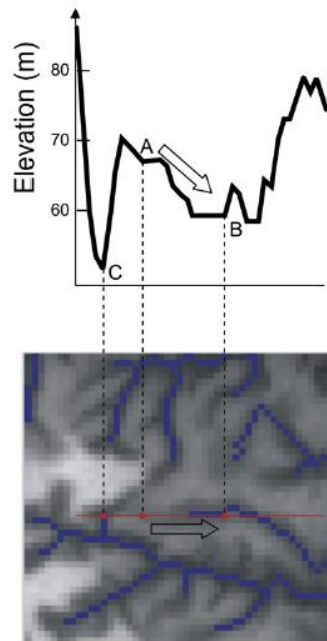
A fase seguinte foi o emprego do *plugin* TerraHidro onde os três passos para a execução da matriz HAND são comentados de maneira mais detalhada a seguir.

A primeira fase do procedimento foi a correção do MDT. Originalmente, os MDTs possuem algumas lacunas/falhas que necessitam ser corrigidas/preenchidas antes mesmo de serem dados os próximos passos no tocante ao seu processamento (RENNÓ *et al.*, 2008). Conhecidas como *sinks* na literatura, as falhas de depressão existem pela superestimação ou subestimação da elevação, sendo necessário que sejam cortadas ou preenchidas, respectivamente, e nota-se que em alguns casos, a existência de cobertura do solo por vegetação fechada, pode mascarar as feições originais da paisagem (LINDSAY; CREED, 2005).

Para Goerl *et al.* (2017) a exclusão dos *sinks* é de grande importância para haja a garantia de que o fluxo irá se propagar em todas células do MDE. Essa correção hidrológica é a chave para que haja sucesso no procedimento HAND, tendo em vista que as alturas do canal de drenagem são utilizadas para o cálculo dos níveis normalizados do terreno (NOBRE *et al.*, 2011).

De acordo com Rennó *et al.* (2008), a topografia é um elemento hidrológico, porque ela caracteriza a direção e a velocidade dos fluxos. No caso das direções de fluxo, ela define as conexões hidrológicas entre os distintos pontos existentes dentro de uma bacia hidrográfica, com continuidade topológica para o fluxo, que é imprescindível para que haja uma drenagem funcional. Entre dois pontos na superfície, o princípio das distâncias euclidianas não são os mesmos que os das conexões hidrológicas para a direção de fluxo. O ponto A está contíguo ao ponto C, mas está associado hidrológicamente ao ponto B pois o escoamento superficial irá fluir em direção a este último (Figura 8).

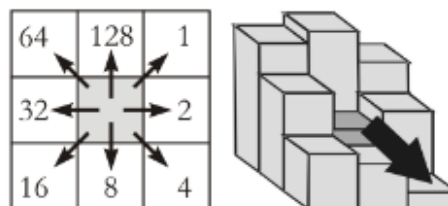
Figura 8 - Conexão hidrológica entre pontos numa superfície



Fonte: Rennó *et al.* (2008).

Diversos são os métodos utilizados para que se possa determinar a direção do fluxo de drenagem. Entretanto, a forma mais comum é o emprego do método D8 (oito direções de fluxo), proposto por O'Callaghan e Mark (1984). Esse método funciona da seguinte forma: o fluxo de cada pixel é direcionado a um de seus oito vizinhos, na direção topográfica menos elevada (Figura 8); tendo como resultado um *grid* chamado de *Local drain directions* (LDD) (Figura 9) cujas grandezas são representadas nitidamente pelo *link* em direção ao vizinho em declive Rennó *et al.* (2008).

Figura 9 - Representação do funcionamento do método D8

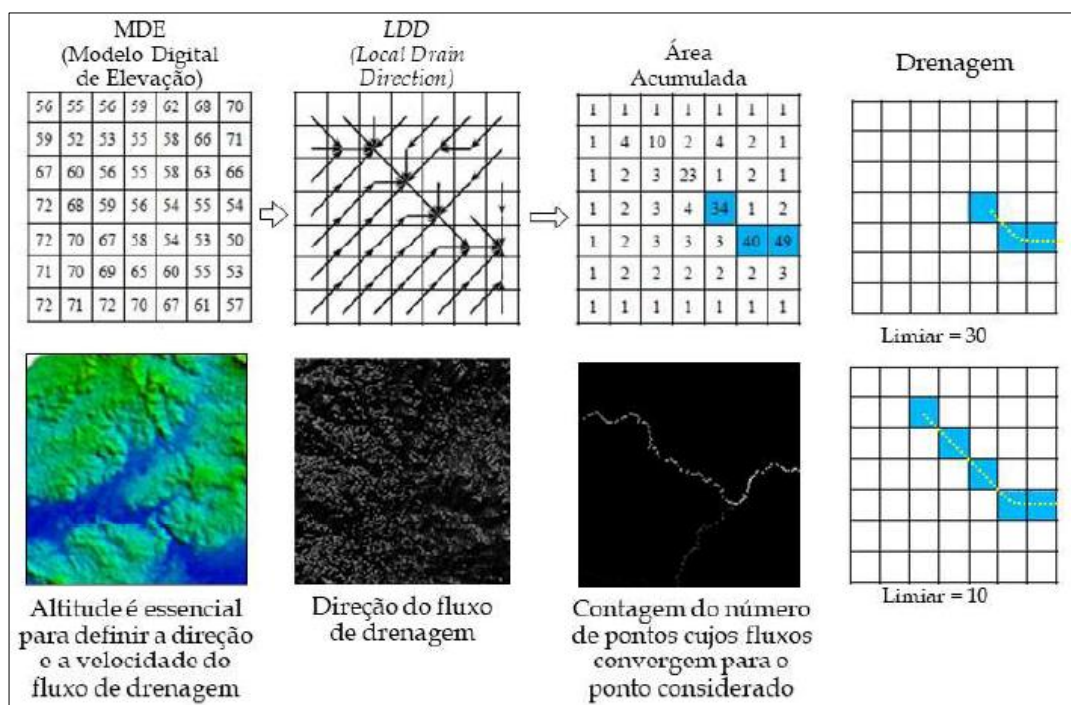


Fonte: Buarque *et al.* (2009).

Com um MDT coerente e sendo processado o LDD, a etapa seguinte consistiu no cálculo dos valores que foram acumulados dos fluxos recebidos em cada célula do *grid*, sabendo que aquelas células que apresentaram valores superiores são as que possuem maior convergência de fluxo acumulado (MOMO *et al.*, 2016).

Associado a área de contribuição, foi definido o limiar de drenagem mínimo para houvesse a identificação das células nas quais se iniciariam os cursos d'água (*headwater*), sendo a rede drenagem definida a partir das células que possuíam valores iguais ou superiores ao limiar de drenagem escolhido (Figura 10).

Figura 10 - Exemplo da definição da rede de drenagem



Fonte: Milanesi (2017) adaptado de Rennó *et al.* (2008).

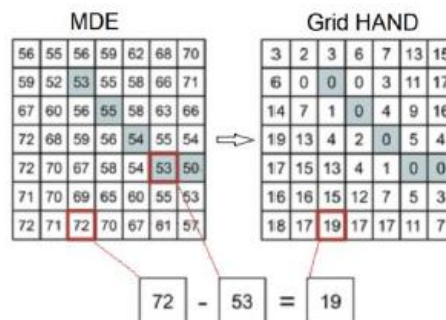
Momo *et al.* (2016) esclarecem que a busca por um limiar de drenagem deve ir na direção de que sejam detalhados os rios de ordens maiores, porque esses que contribuem para os eventos de inundação sendo influenciados pelos afluentes de ordem inferior. Ainda de acordo com os autores supracitados, a adoção de limiares de drenagem que detalhem demais a área de estudo, favorece a superestimação da área passível a inundar. É importante que se opte por limiares de drenagem mais próximos da realidade.

O limiar de drenagem para este estudo foi encontrado por tentativa e erro, sendo testados valores variados até ser identificado aquele que mais se assemelhava com o *shapefile* da rede

hidrográfica obtido no *site* da Secretaria de Planejamento de João Pessoa (2011). Para cada imagem (Embrapa, USGS e Lidar) obteve-se limiares de drenagem diferentes devido às suas diferentes resoluções espaciais. Para a imagem da Embrapa, o limiar de drenagem mais adequado foi o de 50 *pixels*; para a imagem USGS, 500 *pixels*; e a do Lidar, 20.000 *pixels*.

Com os passos anteriores já desenvolvidos, a matriz HAND foi gerada, agora com um MDT normalizado baseado na diferença altimétrica entre o terreno e a rede de drenagem mais próxima, sendo esta a nova referência topográfica dispondo de altitude igual à zero (Figura 11) (RENNÓ *et al.*, 2008; NOBRE *et al.*, 2011; MOMO *et al.*, 2016).

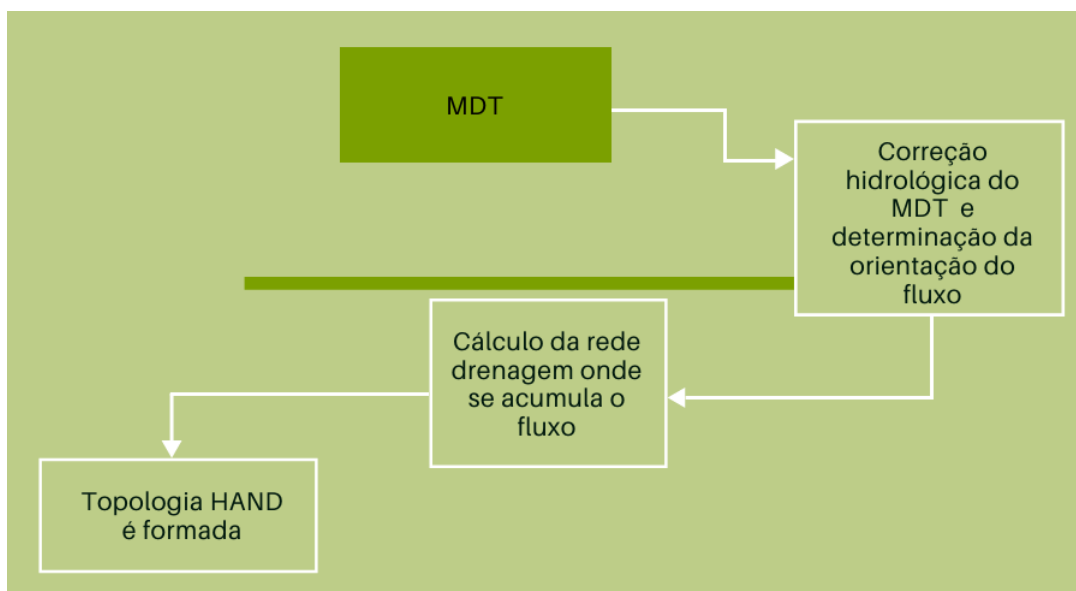
Figura 11 - Matriz HAND



Fonte: adaptado de Rennó *et al.* (2008).

De maneira resumida o processo foi o seguinte: a primeira fase foi a correção hidrológica do MDT e a determinação da orientação do fluxo; a segunda foi o cálculo da rede drenagem fundamentado no MDT corrigido e na região onde se acumula o fluxo; e na terceira parte, a topologia HAND foi obtida, reclassificando-se o MDT com as soluções da diferença entre a altura altimétrica e a altura do canal de drenagem mais próximo (CARON *et al.*, 2018) (Figura 12).

Figura 12 - Fluxograma que resume o processamento do modelo HAND



Fonte: autora (2020) adaptado de Caron *et al.* (2018).

Com a imagem HAND, executou-se uma reclassificação com o objetivo de evidenciar as zonas distintas que apresentam suscetibilidade ao risco de inundação (NOBRE *et al.*, 2016). Para que isso fosse executado, empregou-se o *software* QGIS, utilizando a ferramenta “Renderização da banda”, fazendo o zoneamento da imagem em cinco classes de suscetibilidade distribuídas da seguinte forma: muito alta, alta, média, baixa e muito baixa. As alturas correspondentes para cada classe ficaram divididas em:

- Suscetibilidade Muito Alta: 0 - 1 metro;
- Suscetibilidade Alta: 1 - 2 metros;
- Suscetibilidade Média: 2 - 3 metros;
- Suscetibilidade Baixa: 3 - 4 metros;
- Suscetibilidade Muito Baixa: 4 - 5 metros.

Para a validação do modelo HAND foi realizada uma junção de dados e informações das seguintes fontes: jornais (eventos históricos de inundação), quantidade de chuva (mm) e uma ida à campo (dia 23/06/2020), assessorada por um agente da Coordenadoria de Proteção e Defesa Civil de João Pessoa (COMPDEC – JP), para compreender como e onde os eventos de inundação ocorrem, seus impactos diretos e indiretos no em torno das áreas afetadas.

Também foi feita a captura de fotografias da área de estudo com o aparelho de celular, bem como ouviu-se relatos desse funcionário de eventos já ocorridos, inclusive de alturas

registradas de eventos de inundação. Algumas coordenadas de certos pontos da BHRC foram capturadas por meio do aplicativo de celular *Mobile Topographer*.

4.4 Análise Socioambiental

Nesse tópico, o escopo utilizado será o social sendo caracterizado por parâmetros que se referem a condições e variações demográficas, na educação, na economia e infraestrutura. A esfera de estudo pode ser entendida como sendo o tipo de elemento referente à aplicação do instrumento, podendo ser uma unidade espacial ou uma fronteira geográfica. O sistema utilizado será o nível local, sendo área a BHRC.

Os dados são divididos por duas peculiaridades importantes: a tipologia e o grau de agregação. Nessa primeira característica as informações utilizadas foram de natureza qualitativa e a agregação se refere a sua natureza secundária dos dados por serem retirados do censo do IBGE. A categoria participação se refere ao tipo de orientação que foi usada, nesse caso a empregado foi a abordagem *top-down*, caracterizada por ser orientada principalmente por especialistas da área.

Para a análise dessa vulnerabilidade se pode utilizar de algumas ferramentas, porém uma vem sendo bastante empregada e tem se mostrado eficaz, o uso de indicadores. No processo de gestão de atividades e do processo decisório há a necessidade de se mensurar, de verificar se existe desenvolvimento, sendo o emprego dos indicadores primordial para a essa mensuração (BELLEN, 2006).

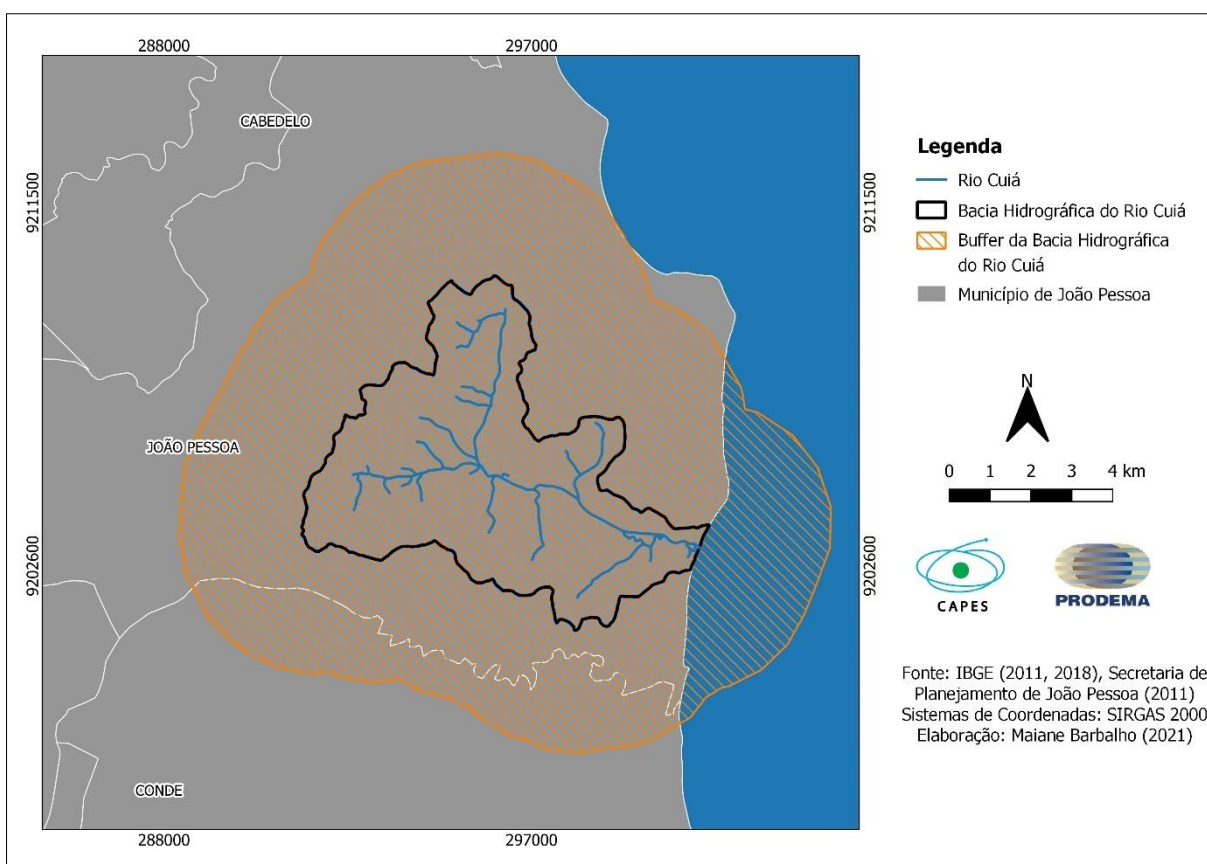
O emprego de indicadores de cunho social torna-se necessário, visto que se caracteriza em “um instrumento operacional para monitoramento da realidade social para fins de formulação e reformulação de políticas públicas” (JANNUZZI, 2004, p. 15).

A mensuração que é feita com o uso dos indicadores é imprescindível para que os governantes possam avaliar sua performance, e assim perceber se suas metas e objetivos foram alcançados e a que passo estão e com isso, fornecer subsídios no planejamento de suas ações buscando melhorias (BELLEN, 2006).

Para a melhor compreensão dos processos envolvendo os indicadores, a espacialização da área de estudo foi feita por setores censitários, como também se utilizou o conceito de bacia ambiental, abordado no trabalho de Reis (2016). Como a delimitação da área de estudo foi uma bacia hidrográfica, e os polígonos dos setores censitários não respeitam esse traçado, foi produzido um *buffer* de três quilômetros com base no *shapefile* da BHRC visando abarcar o entorno (Figura 13). A escala cartográfica utilizada nos mapas gerados foi de 1:55.000.

O emprego desse *buffer* permite a compreensão não apenas do que ocorre na bacia hidrográfica, mas os processos que sucedem em sua vizinhança e que tem influência direta e indireta nos sistemas da BHRC. O limite geográfico da bacia hidrográfica tem sua importância, principalmente no que tange aos processos hidrológicos, mas quando se utilizam indicadores sociais e econômicos, existe a necessidade de aumentar o raio de abrangência da área de estudo, uma vez que o limite traçado pela bacia hidrográfica não é capaz de representar adequadamente na sua totalidade as interações socioeconômicas.

Figura 13 - Representação do *buffer* aplicado na BHRC



Na segunda etapa do trabalho, o perfil socioeconômico foi traçado sendo empregadas informações dos setores censitários disponíveis nas publicações do IBGE. Os dados obtidos por meio do Censo 2010 foram espacializados para cada setor existente, com seus indicadores sociodemográficos pertinentes. Os indicadores escolhidos bem como suas variáveis estão apresentadas no Quadro 3. Seus conceitos e definições se encontram no Anexo 1.

Quadro 3 - Variáveis escolhidas para a caracterização da vulnerabilidade social

Código da Variável	Descrição
Arquivo Básico: Planilha Básico_PB	
V001	Domicílios particulares permanentes
Arquivo Domicílio, características gerais: Planilha Domicilio01_PB	
V012	Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral
V017	Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores, ou sanitário e esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial
V021	Domicílios particulares permanentes com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário e esgotamento sanitário via rio, lago ou mar
V036	Domicílios particulares permanentes com lixo coletado por serviço de limpeza
V044	Domicílios particulares permanentes com energia elétrica de companhia distribuidora
Arquivo Responsável pelo domicílio, total e homens: Planilha Responsável02_PB	
V001	Pessoas Responsáveis
V093	Pessoas Responsáveis alfabetizados
Arquivo Idade, total: Planilha Pessoa13_PB	
V022+V035+...+V045	Pessoas com menos de 1 ano de idade até 11 anos de idade
V094+...+ V134	Pessoas com 60 anos de idade ou mais
Arquivo Entorno 02: Planilha Entorno02_PB	
V254	Domicílios particulares permanentes com moradia inadequada – Existe esgoto a céu aberto
Arquivo Renda dos Domicílios: Planilha Domicílio Renda_PB	
V005+...+ V008	Domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de até 1 salário mínimo
V014	Domicílios particulares sem rendimento nominal mensal domiciliar per capita

Fonte: IBGE (2011).

Nessas etapas também foi utilizado o *software* livre QGIS para a edição de mapas. Buscou-se explicitar as características que expressam a vulnerabilidade. Com isso, os indicadores referentes a infraestrutura foram referentes às ausências desse serviço. Por exemplo,

para conhecer os setores que não possuem abastecimento de água pela rede geral, subtraiu-se a quantidade de domicílios particulares permanentes (V001) dos domicílios particulares permanentes com abastecimento de água da rede geral (V012). Os demais indicadores referentes a infraestrutura passaram por este mesmo processo, salvo os domicílios particulares permanentes com moradia inadequada – Existe esgoto a céu aberto (V254), onde utilizou-se o dado sem nenhuma modificação.

Em se tratando da educação, subtraiu-se as pessoas responsáveis das pessoas responsáveis alfabetizadas apenas, com o intuito de compreender a distribuição das pessoas responsáveis analfabetas na bacia hidrográfica. A compreensão da disposição desse grupo objetiva a manutenção das iniciativas governamentais no tocante à melhoria desse índice relacionado a educação nos espaços que forem mais urgentes.

Sobre os aspectos demográficos, empregaram-se os indicadores que se referem a quantidade de idosos e de crianças. De acordo com Lei nº 10.741, de 1º de outubro de 2003, em seu artigo primeiro, define-se idoso como “... pessoas com idade igual ou superior a 60 (sessenta) anos” (BRASIL, 2003), sendo este o conceito empregado na escolha das variáveis.

Em se tratando do público infantil, foram selecionadas as crianças de menos de um ano até onze anos de idade (o IBGE considera a idade completa, justificando a soma das variáveis até onze anos de idade) as quais, segundo a Lei nº 8.069, de 13 de julho de 1990 (dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências), podem ser caracterizadas como: “Considera-se criança, para os efeitos desta Lei, a pessoa até doze anos de idade incompletos...” (BRASIL, 1990).

Sobre os indicadores econômicos, a renda que os indivíduos dispõem possui informações preciosas e fundamentais no que se concerne a vulnerabilidade e resiliência destes. Um domicílio onde sua renda máxima é de até um salário mínimo não é considerada uma boa condição, tendo em vista a quantidade de recursos que se demanda para obter uma boa qualidade de vida. Todavia, o mapeamento do grau de vulnerabilidade dentro desse intervalo de renda (de nenhum rendimento a um salário mínimo), associado aos demais indicadores, permite o melhor entendimento das condições de seus ocupantes, podendo ser possível a sugestão de medidas específicas.

Para cada indicador escolhido confeccionou-se um mapa, onde estes foram divididos em cinco classes no modo de classificação “Intervalos Iguais”, pois este foi o que melhor expressou todos os indicadores escolhidos. Em alguns mapas nota-se a legenda “Setores censitários com ausência do fenômeno”. Isso se deve ao fato de que a representação nula

daquele indicador não representa uma informação que se busca, sendo desnecessário contar com este setor nos intervalos de classe.

Após a realização dessas etapas, todos os mapas tiveram seus intervalos de classe reclassificados. O primeiro intervalo (mais baixo) correspondeu ao número um, o segundo intervalo ao número dois e assim sucessivamente até o quinto intervalo. Vale salientar que aqueles setores que apresentaram o valor zero, os quais representam a ausência do fenômeno, foram reclassificados para o valor um, que representam o menor grau de vulnerabilidade.

Com o intuito de realizar uma álgebra de mapas simples, com a atribuição de pesos iguais aos indicadores, foi feita uma média para cada setor referente a soma de todos os valores reclassificados dos indicadores sendo divididos pela quantidade destes. Com base nessa média foi gerado o mapa da vulnerabilidade social. Entretanto os valores obtidos variaram de um a três, não apresentando as demais classes. Com isso, a vulnerabilidade social foi classificada em: “muito baixa”, “baixa” e “média”.

Para a compreensão e construção da vulnerabilidade socioambiental da BHRC, foram utilizados os procedimentos metodológicos de Alves (2006, 2007), Alves e Torres (2006) e Milanese *et al.* (2017), porém com algumas adaptações.

Na Paraíba estudos envolvendo a vulnerabilidade socioambiental já foram executados. Fernandes (2017) aplicou essa metodologia no município de Campina Grande, localizada no agreste paraibano, sendo considerada um dos maiores polos industriais do Nordeste. Foi constatado que dos 488 setores censitários que existem nesse município, cerca de 62 deles fazem parte das classificações mais desfavoráveis da categoria de vulnerabilidade socioambiental, correspondendo a aproximadamente 12,7% do total de setores encontrados.

Outra região paraibana também foi alvo de análise socioambiental, como é o caso do município de Patos. Localizado no sertão, o trabalho de Luz (2016) objetivou a compreensão dos processos que envolvem as condições sociais e econômicas, aliadas às ambientais, existentes na zona urbana também utilizando setores censitários. Foi verificado que os bairros Maternidade e Morada do Sol possuem uma vulnerabilidade social muito alta por demonstrar uma quantidade elevada de domicílios com lixo nos logradouros, esgoto à céu aberto e pouca iluminação pública.

O uso de ferramentas como essa possibilita uma visão mais holísticas aos gestores, podendo enxergar bem seu território, buscando a resolução dos problemas existentes nas regiões que já foram mapeadas e levantadas. A exatidão do diagnóstico, permite uma ação mais

direcionada, colaborando com métodos mais assertivos e a possibilidade do sucesso na aplicação deles, resultando no desenvolvimento regional.

Para o entendimento da vulnerabilidade socioambiental, se utilizou o mapa HAND gerado com a imagem do LIDAR associado ao mapa de vulnerabilidade social. Nessa etapa houve a sobreposição desses dois mapas com o objetivo de compreender a dinâmica dos possíveis eventos de inundação nas regiões mais vulneráveis socialmente.

Algumas dificuldades puderam ser encontradas na construção desse trabalho, originadas pelo cenário de crise sanitária, a pandemia pela Covid-19. Mais visitas técnicas eram previstas, visando a visita de mais pontos na BHRC, que poderiam colaborar com o conjunto de pontos para validação do *software*, bem como compreender melhor as dinâmicas existentes na área de estudo. As regiões eleitas como as mais suscetíveis ao risco socioambiental também deveriam ser melhores descritas e fotografadas, visando a comprovação do que foi levantado e mapeado no trabalho. Apesar disso, conseguiu-se concluir a pesquisa com dados e informações que puderam ser colhidos.

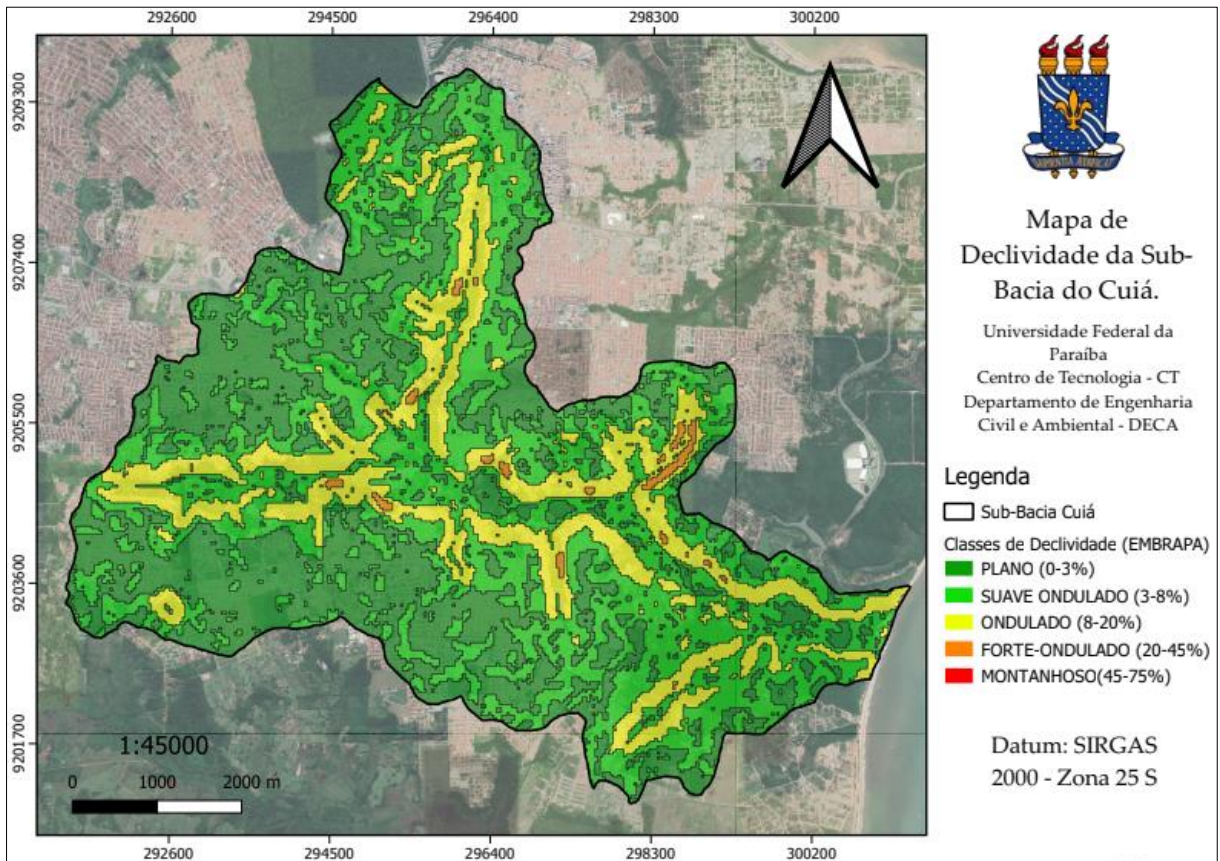
5 Resultados e Discussão

5.1 Mapeamento com o uso do modelo HAND e o cenário da BHRC

Em qualquer área do conhecimento não se deve estudar os acontecimentos de maneira isolada, sem levar em conta ao menos alguns fatores que compõe aquele sistema. Em se tratando do modelo HAND não é diferente. É importante que aliado a ele, se utilizem outras ferramentas visando a compreensão do todo.

Antes de processar o modelo HAND foi construído o mapa de declividade da BHRC (Figura 14) se utilizando da classificação da EMBRAPA (1979). A geração desse mapa também permitiu o entendimento do comportamento da topografia local, para a partir disso, tentar relacionar com possíveis eventos de inundação, alagamento ou movimento de massa. No caso deste trabalho, comenta-se sobre alagamento e inundação, no entanto o foco são os eventos de inundação.

Figura 14 - Mapa de declividade da BHRC



Fonte: desenvolvido por Carlos Adilson Rocha, 2020.

Nota-se que na BHRC não há muita variação no relevo, havendo a dominância de áreas com declividade variando de plano a suave ondulado, contudo, a predominância é de relevo plano. A existência desse tipo de relevo (inferior a 3%), também conhecido como planície fluvial, favorece episódios de alagamento (Alves, 2006 e 2007); e, sendo próximo ao Rio Cuiá, contribui para eventos de inundação. O relevo ondulado aparece como um conjunto de vertentes, moldando o entorno do Rio Cuiá. O forte ondulado aparece com pouca expressividade e o montanhoso não está presente na área de estudo.

Essas variações no relevo aliadas a outros elementos podem ajudar a compreender a existência de alguns eventos. É sabida a ocorrência de eventos chuvosos com grande frequência em alguns meses do ano no município, causando diversos prejuízos. Dos 25 pontos de alagamento mapeados pelo PMSB-JP (PARAÍBA, 2015), cerca de 80% estão no relevo plano e no suave ondulado, bem como o único ponto de inundação da BHRC assinalado nesse Plano. Se compreende que os fatores causadores desses eventos são diversos e estão listados em

Paraíba (2015), sendo que o relevo é um dos fatores que pode contribuir para o acúmulo de água em certos pontos da bacia hidrográfica.

Um mapa simples como o da Figura 13, associado a outras informações técnicas contribuem para o planejamento e gestão da BHRC, uma vez que ações direcionadas podem ser delegadas visando a manutenção dos equipamentos de drenagem de águas pluviais conhecendo a dinâmica do terreno e as ocorrências já registradas. Os pontos de relevo mais acentuados são também locais que demandam a atenção do poder público, tendo em vista que os danos decorrentes de movimentos de massa podem afetar os residentes de seu entorno.

Assim como o mapa de declividade, o modelo HAND também descreve o terreno. Porém, a altimetria de cada pixel passa a se relacionar com a rede de drenagem mais próxima, não mais com o mar, sendo o Rio Cuiá a rede de drenagem em questão neste trabalho. Os passos para a geração dos mapas são simples, claros e não houveram percalços nesse processo.

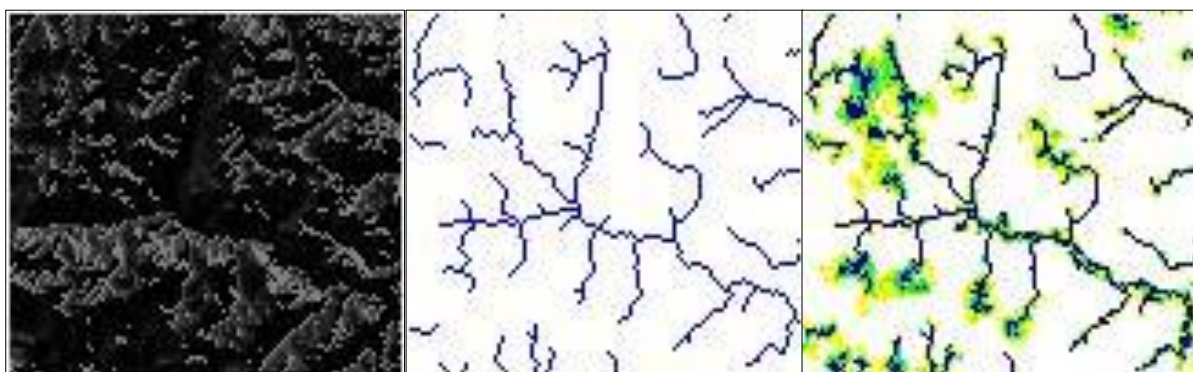
O que variou no processamento das três imagens foi tempo de extração do LDD, sendo o mais demorado com a imagem do Lidar devido à sua alta resolução espacial. Outro fator que facilitou esse processamento foi que apenas uma imagem de cada fonte (EMBRAPA, USGS, Lidar) foi suficiente no tocante a abranger toda a bacia hidrográfica, não havendo a necessidade de serem feitas composições de imagem para geração do produto final.

Os mapas HAND que foram gerados tem por objetivo a compreensão da dinâmica dos eventos de inundação que já ocorreram e sugerir ações que visem a minimização do risco de desastres para eventos futuros que podem ocorrer. Com isso, foram confeccionados três mapas de diferentes resoluções espaciais já citados nos procedimentos metodológicos e comentários serão tecidos para o entendimento de suas peculiaridades.

Inicialmente, para a escolha dos limiares de drenagem se comparou a imagem gerada com um *shapefile* da rede hidrográfica do Rio Cuiá (está inserido no mapa de localização), para que essa seleção pudesse representar com mais fidelidade a realidade. O primeiro mapa HAND gerado foi obtido pelo MDE disponível no site da EMBRAPA que possui uma resolução espacial de 90 m por 90 m.

Para a visualização das três etapas percorridas no processamento do MDE original, foi exemplificada com a imagem da EMBRAPA (Figura 15), tendo em vista que o seu *layout* se repete nas demais, se diferenciando apenas no limiar de drenagem escolhido e na resolução espacial, sendo refletida na abrangência das manchas de inundação.

Figura 15 - Etapas do processamento do HAND com imagem da Embrapa com resolução espacial de 90 m x 90 m e limiar de drenagem de 50 *pixels*: (a) Direções de fluxo, (b) A rede de drenagem e (c) Mapa HAND



Apesar da área de estudo ser pequena, o produto gerado pelo HAND conseguiu contemplar e representar de maneira satisfatória as áreas passíveis de inundação. Observa-se que as direções de fluxo, a rede de drenagem e mapa HAND foram bem desenvolvidos, bem como o limiar de drenagem escolhido conseguiu corresponder a rede de drenagem da bacia hidrográfica. A porcentagem de área propensa a risco de inundação foi de 47,05 %, ou seja, quase metade está em uma situação que merece atenção mais dedicada dos olhares do poder público.

A partir do mapa gerado, observa-se que as regiões Sul e Oeste concentram boa parte das áreas propensas a inundar. Essas áreas se distanciam mais do corpo hídrico principal, se configurando uma ameaça para moradores da região a qual é bem adensada. Nota-se também que grande parte das áreas mais próxima da rede drenagem, apresentam risco mais elevado, “muito alto” (cor azul), favorecendo a validação/confirmação do resultado obtido com o uso do HAND.

Sobre a validação dos resultados obtidos com o modelo HAND, Zanandrea *et al.* (2018) fizeram isso baseados em pontos que foram reconhecidos em campo pela equipe da Secretaria de Proteção e Defesa Civil do município de Tubarão - SC, durante os anos de 2014 e 2015, por meio de entrevistas com moradores que residiam nesse município em 1974. A forma de validação deste trabalho foi descrita mais detalhadamente na metodologia, que teve o auxílio da COMPDEC-JP na visita de campo.

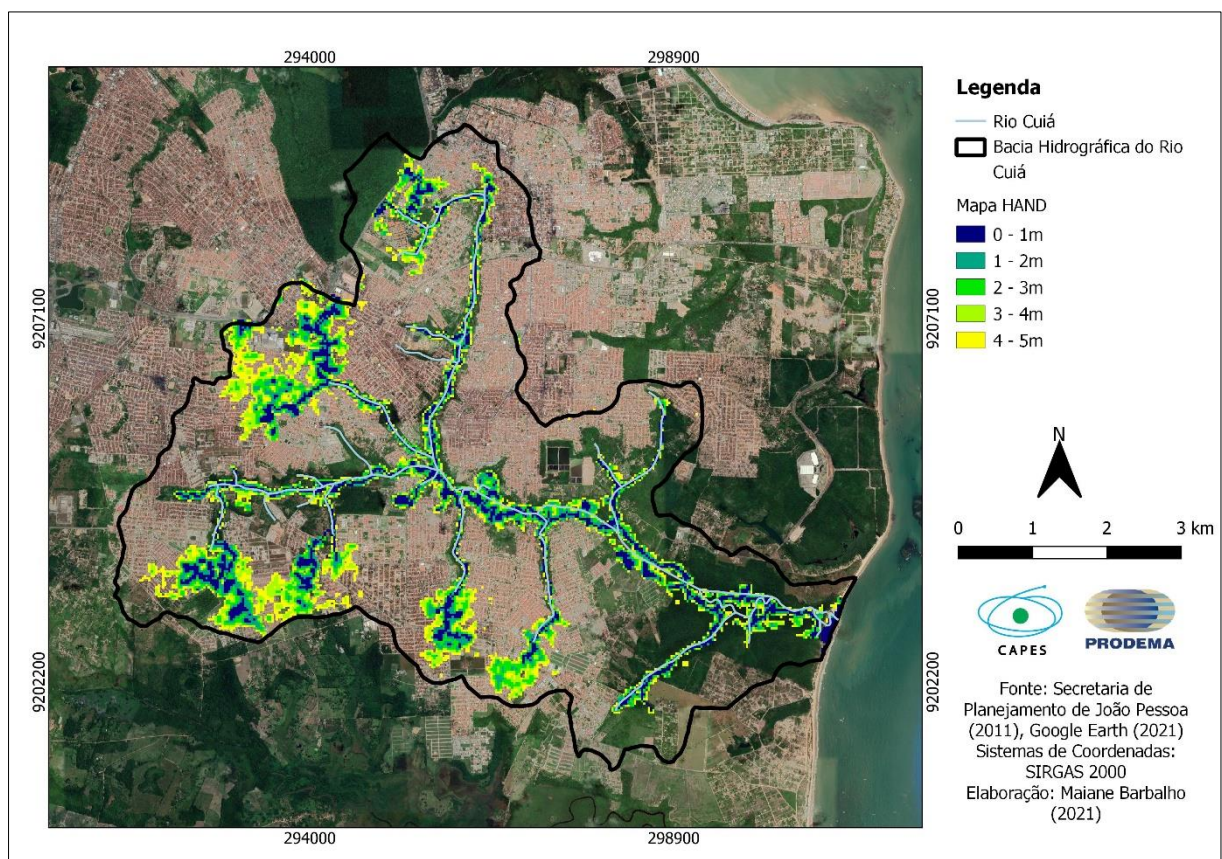
Pela baixa resolução espacial da imagem (Figura 14), é notório que está *pixelizada*, sendo necessária a utilização de uma imagem com resolução espacial superior, tendo em vista que se trata de uma bacia hidrográfica pequena, onde seu detalhamento é imprescindível para o direcionamento de ações na região. Caso não se tenha à disposição imagens com melhores

resoluções espaciais, também podem ser empregadas imagens como essa. Ela cumpre também seu papel apresentar o panorama da bacia hidrográfica.

A disposição de forma pública de imagens de satélites, se configura com um avanço, subsidiando estudos diversos de maneira gratuita, não deixando respaldo para justificativas como falta de dados por parte do poder público. Reduz custos com idas *in loco*, podendo dar celeridade aos estudos ambientais como este da BHRC.

Conhecendo o fato de que, quanto melhor se conseguir detalhar uma área de estudo, mais excelente será o resultado obtido, fez-se uso de uma imagem do USGS, com resolução espacial de 30 m x 30 m, para compreender como se comportaria o mapa HAND desta (Figura 16). Associado a isso, essa imagem foi sobreposta ao do “Google Satélite” com o intuito de saber a localização das manchas de inundação.

Figura 16 - Mapa HAND com imagem do USGS, com resolução espacial de 30 m x 30 m e limiar de drenagem de 500 pixels



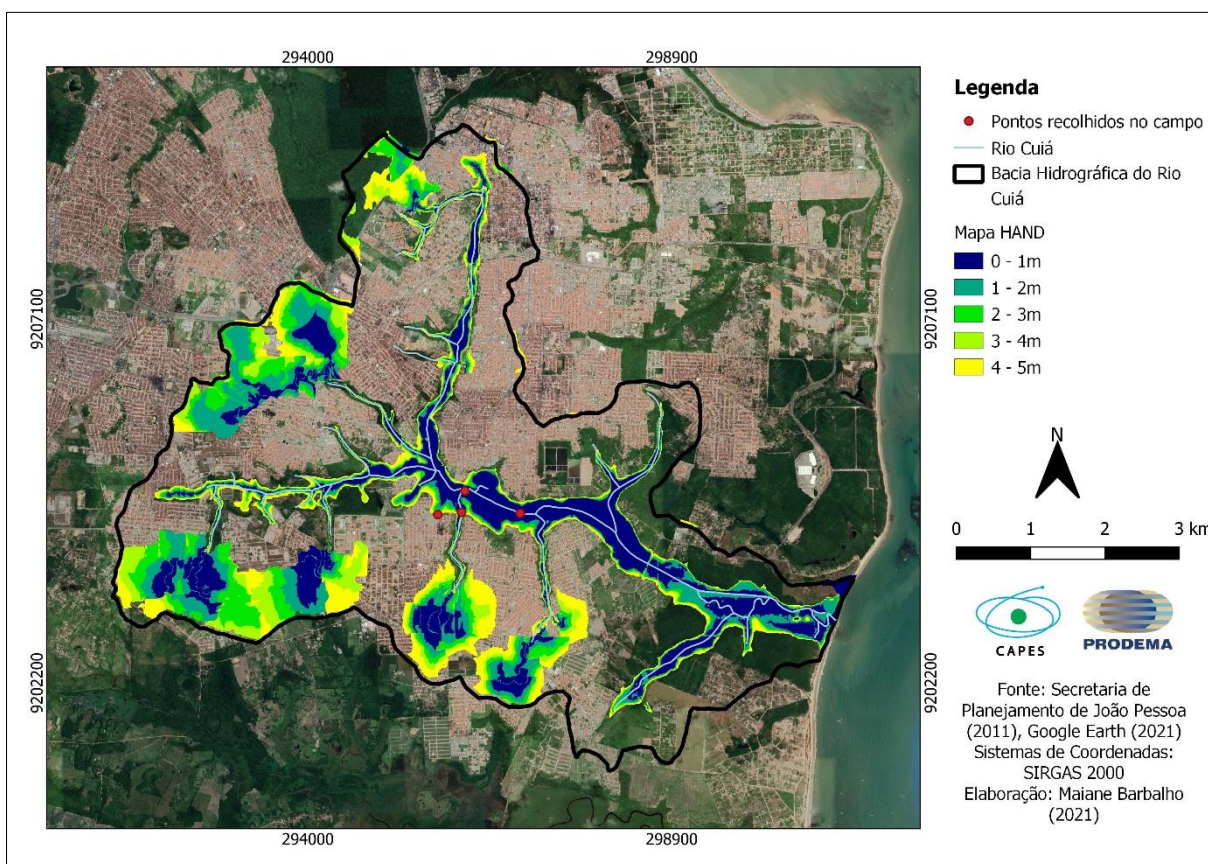
Assim como a imagem da EMBRAPA, se observa que as manchas de inundação predominam nas zonas Sul e Oeste da BHRC, sendo expressas nas suas cinco classes de vulnerabilidade. A área ocupada pelas manchas de inundação foram cerca de 46,68% da área

total da bacia hidrográfica se assemelhando a porcentagem obtida com imagem da EMBRAPA.

Como o valor de cada *pixel* é menor, em comparação com a primeira imagem, verifica-se maior harmonia e continuidade entre um e outro, sendo menos *pixelizada*, visualmente melhor de se trabalhar. Em detrimento da primeira imagem, essa segunda apresenta menos áreas com risco muito alto. Nota-se também que há o melhor preenchimento da imagem devido a sua resolução espacial mais apurada.

Para finalizar a apresentação das imagens processadas pelo HAND, tem-se a última, do LIDAR que possui resolução espacial de 5 m x 5m (Figura 17). Esse último mapa possui grande diferença dos demais em se tratando de resolução espacial, sendo ideal para ser manuseado em uma bacia hidrográfica pequena com esta, de aproximadamente 40 km².

Figura 17 - Mapa HAND com imagem do Lidar, com resolução espacial de 5 m x 5 m e limiar de drenagem de 20.000 *pixels*



Observa-se na Figura 17 uma melhor nitidez do mapa HAND, não é *pixelizada*, a transição de classes é suave e apresenta continuidade, expondo de maneira bem clara de todas as classes. As áreas ocupadas pelas manchas de inundação foram de 46,49%, também sendo marcantes nas porções Sul e Oeste da BHRC. Há a presença mais acentuada de regiões com a

classificação “muito alto” (em azul escuro), em detrimento das duas imagens anteriores. Contudo, uma parcela dessa área também faz parte da planície de inundação do Rio Cuiá, justificando sua abrangência.

Os bairros que foram abarcados pelas manchas de inundação foram: Água Fria, José Américo, Anatolia, Mangabeira (I, II, III, IV e V), Cidade Verde, Jacarapé, Muçumagro, Paratibe, Planalto Boa Esperança, Valentina de Figueiredo, Novo Milênio, Gramane, Colinas do Sul, Grotão, Cuiá e Ernesto Geisel. Desses bairros, os que apresentaram mais manchas de inundação, bem como mais áreas classificadas em nos riscos “alto” e “muito alto” foram: Ernesto Geisel, Colinas do Sul, Gramame, Novo Milênio, Valentina de Figueiredo e Muçumagro; ou seja, os da porção Sul da bacia hidrográfica.

Com relação às porcentagens das classes em relação ao tamanho da BHRC, as que se sobressaíram frente as demais foram as de “muito alto” e “alto”, que somaram 11, 18% e 6,67% respectivamente, ou seja, quase um quinto da área total da BHRC encontra-se nas classificações de propensão a inundação mais preocupantes.

Aproximadamente, 30% da bacia hidrográfica está exposta aos diversos graus de risco, devendo ser monitoradas e acompanhadas as regiões que apresentam maior nível de risco. Se os intervalos que oferecem maior risco estão presentes nas áreas que possuem habitação, deve-se buscar meios de salvaguardar a população que está exposta a esse risco, com medidas eficientes, à base de diálogo, evitando conflitos.

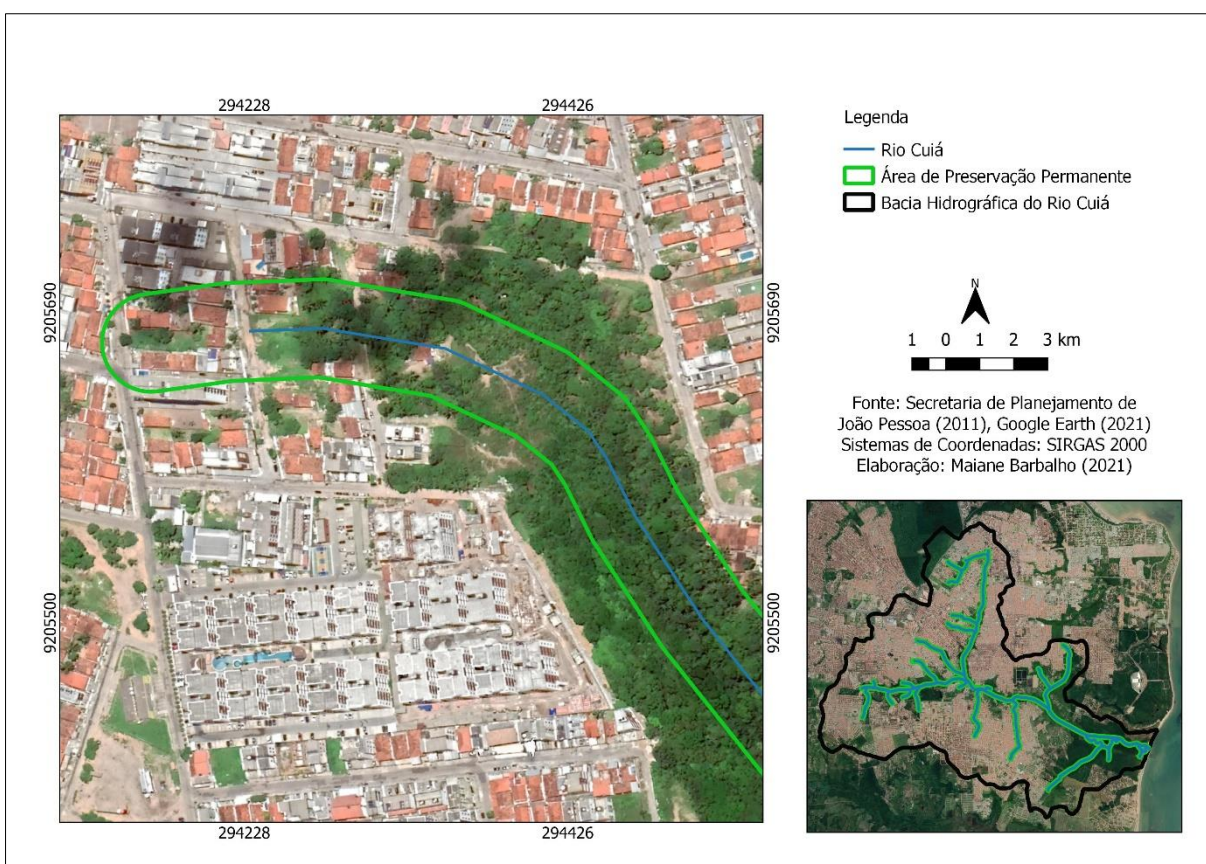
Entre as três imagens, notou-se que a diferença de ocupação das manchas de inundação foi inferior a 1% demonstrando que, apesar da grande diferença de resolução espacial, a BHRC foi retratada com certa similaridade entre elas. Com isso, se percebe que essas imagens podem ser utilizadas nas pesquisas, sendo possível de serem abordadas de diversas formas. Claro que cada caso deve ser avaliado separadamente, pois essa aplicação foi possível na BHRC, o não significa dizer que seja igualmente reproduzida em qualquer outra situação.

Um trabalho semelhante de comparação de MDEs com o modelo HAND foi realizado por Goerl *et al.* (2017) que testou resoluções espaciais de 2,5 m x 2,5 m, 5 m x 5 m, 10 m x 10 m, 25 m x 25 m e 50 m x 50 m; no município de Igrejinha – RS, em uma área de 136 km². O resultado dessa pesquisa foi que o HAND se apresentou pouco sensível à mudança da resolução espacial do MDE. Porém, ocorreu uma variação significativa com a resolução espacial de 50 m x 50 m no delineado das áreas passíveis de inundação. Isso expressa aquilo que já foi citado de que as melhores resoluções espaciais têm o potencial de retratar melhor áreas menores.

As manchas de inundação na BHRC vão além da planície de inundação, trazendo

diversos prejuízos aos moradores e transeuntes. Nota-se também que a APP (Figura 18) não é respeitada em alguns pontos, havendo ainda mais impacto e degradação ao ecossistema presente. Normalmente, o parâmetro utilizado para a ocupação ou não de certas áreas é se esse local é uma APP, no entanto, esse não deveria ser um dos poucos fatores a ser levado em conta. Isso é reflexo da má gestão e planejamento territorial, que nitidamente, não conseguiram acompanhar esse crescimento e desenvolvimento do município, que se expressa com mais força na área urbana.

Figura 18 - Porção Leste da BRHC que faz parte da APP



Outra diferença entre os outros mapas da EMBRAPA e do USGS foi que no do Lidar houve a inserção de alguns pontos (Figura 17) da BHRC que foram visitados no dia 23/06/2020. A escolha dos pontos se deu pela disponibilidade do agente da Defesa Civil e de tempo que se dispunha para a visita. Os pontos que foram computados pelo GPS foram quatro (Tabela 3), porém visitados foram mais.

Tabela 3 - Pontos mapeados da BHRC mapeados por GPS

PONTO	Coordenadas UTM	
	X	Y
P1 Comunidade Nossa Senhora das Neves	295750.00 m E	9204467.00 m S
P2 Afluente do Rio Cuiá	296070.00 m E	9204496.00 m S
P3 Rua do Cueca	296115.00 m E	9204786.00 m S
P4 Ponte do rio Cuiá	296860.00 m E	9204483.00 m S

No primeiro ponto visitado (Figura 19), de acordo com o agente da COMPDEC-JP, já ocorreram episódios de inundação antes da dragagem do leito do rio feita em 2018. De acordo com o mapa HAND gerado com o Lidar, ele se enquadra numa propensão de risco “muito baixo”, no do USGS ele não entra em nenhuma das classes (não é considerado de risco) e no da EMBRAPA, ele está entre os riscos “alto” e “médio”, ou seja, entre dois *pixels* distintos.

Figura 19 - Córrego próximo ao ponto um, na comunidade Nossa Senhora das Neves



Imagem: Amanda Alves Queiroga, 2020.

Foi observado que em um ponto bem próximo ao marcado no GPS (o ponto original é este da imagem, porém o GPS não captou com acurácia) passava um córrego (Figura 19). Esse córrego também recebia despejos de esgotos domésticos, água servida e resíduos sólidos, e passava bem próximo das edificações, apresentando características de um ambiente insalubre. Nota-se também a presença significativa de bananeiras, espécies conhecidas por absorver

grandes quantidades de água (muito utilizadas em fossas ecológicas).

Não se sabe exatamente a origem desse córrego, se é drenagem de águas pluviais ou outra fonte, contudo nos arredores desse ponto já houveram registros de subida considerável do nível de água (chegando a uma altura aproximada de 90 cm), mesmo estando distante do leito principal do Rio Cuiá. Fazendo parte do conjunto das possíveis causas desses eventos, o fator relevo, dessa localidade, que variou entre plano e suave ondulado, pode favorecer o acúmulo de água.

O segundo ponto visitado (Figura 20), conhecido como “Rio Buraquinho” que nasce nos arredores da Fundação Bradesco, possui risco considerado “muito baixo” de acordo com o USGS e risco “muito alto” nos mapas da EMBRAPA e do Lidar. Também foi relatado que a situação dessa localidade já foi pior, porém com o alargamento do leito principal do rio, a situação melhorou.

Figura 20 - Ponto dois, “Rio Buraquinho”

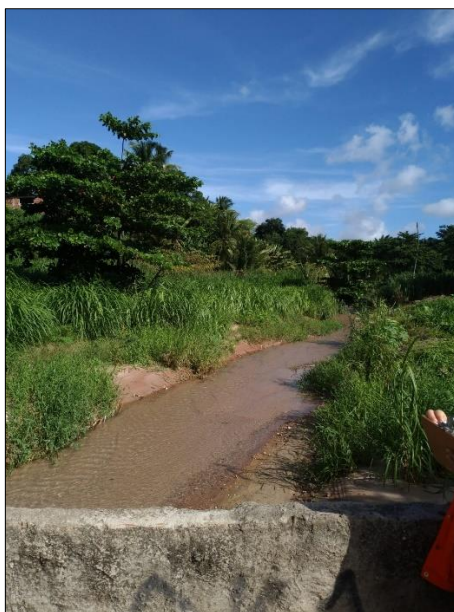


Imagem: Amanda Alves Queiroga, 2020.

O ponto três é conhecido como “Rua do Cueca”, sendo o “Cueca” um senhor que reside bem próximo ao Rio Cuiá, já tendo sofrido algumas consequências da elevação do rio em determinados períodos do ano. Nesse ponto, os mapas HAND com imagens do USGS e do Lidar indicaram uma propensão a risco “muito alto” e no da EMBRAPA, risco “alto”.

No último ponto mapeado, foi o já conhecido e bastante comentado trecho da rua Brasilino Alves da Nóbrega, na ponte sobre o Rio Cuiá, entre os bairros Valentina de Figueiredo

e Mangabeira, com registro de altura da lâmina de água de 0,48 m em uma casa próxima a ponte. De acordo com os mapas HAND com imagens da EMBRAPA e do USGS, esse ponto de caracteriza como risco “alto” e no Lidar estabeleceu que é risco “muito alto”.

O ponto um foi o mais emblemático, devido que nenhuma das imagens apresentarem classes de vulnerabilidade em comum. Pelo o que se pôde observar, com o auxílio da ferramenta “Elevação” no “Google Earth”, o mapa HAND com o uso da imagem da EMBRAPA foi o que se distanciou mais dos demais, sendo a classificação mais adequada a variação entre “muito baixo” e de nenhum risco, obtidas pelos mapas HAND com imagens do Lidar e do USGS, respectivamente.

Com isso, percebeu-se que os pontos visitados que estão mais próximos do Rio Cuiá (pontos 3 e 4), se enquadram em classificações vizinhas, sendo de risco “alto” e “muito alto”, demonstrando uma convergência das três imagens, retratando com mais fidelidade a área de estudo. No caso do ponto dois, as imagens que mais se aproximaram da realidade foram as da EMBRAPA e do LIDAR. O resultado obtido pelo mapa HAND com imagem do USGS não fidedigno à realidade local.

Ainda discorrendo sobre o ponto quatro, esse trecho merece destaque porque, quando em períodos chuvosos, o nível do Rio Cuiá sobe, às vezes invadindo a rua, impedindo o trânsito de veículos (Figura 21). Infelizmente têm-se verificado que no passado as essas medidas da prefeitura no local eram de cunho paliativo, repetindo-se ciclicamente e sem intervenções de natureza preventiva.

Figura 21 - Notícia da inundação do dia 31/08/2013 na rua Brasilino Alves da Nóbrega, ladeira entre os bairros Valentina de Figueiredo e Mangabeira, ponte sobre o rio Cuiá



Fonte: Correio da Paraíba (2013)

De acordo com a COMPDEC - JP (2018), uma obra de dragagem foi executada no Rio Cuiá no ano de 2018, com estudos prévios em todo o percurso do rio. Teve o intuito de beneficiar algumas comunidades que sofrem nos períodos chuvosos como é o caso das comunidades Doce Mãe de Deus e Frei Damião. Outro objetivo dessa ação de dragagem foi evitar percalços que ocorriam com certa recorrência no trecho crítico em questão já comentado, entre os bairros Valentina de Figueiredo e Mangabeira.

Alves (2019) fez uma simulação com o modelo HAND logo após essa dragagem, utilizando de imagens de ART. Depois da dragagem a autora observou que nível da água no Rio Cuiá, próximo da ponte que liga os bairros Valentina de Figueiredo e Mangabeira, baixou aproximadamente em um metro.

Essa obra obteve resultados positivos, tanto que, até o início do ano de 2020, não se ouviu falar sobre problemas de inundação nesse trecho, mesmo sendo um ano com chuvas acima da média. Na visita de campo realizada, se pôde observar o alargamento de alguns trechos do Rio Cuiá (em alguns trechos, o nível baixou cerca de cinco metros), sendo notório que houve melhoras.

Mesmo com um bom resultado da dragagem, em se tratando de ações que visam reduzir o risco de desastres, ainda é pouco. As ações que contribuem para o desenvolvimento de uma região devem ser articuladas entre todos os atores existentes, se utilizando da diversidade de

ferramentas que se dispõe, procurando ao máximo envolver a população nesse processo para que haja um bom retorno das atividades implantadas.

Para que haja a RRD os papéis de cada envolvido devem ser bem claros e executáveis. Todos os fatores envolvidos para a ocorrência de eventos de inundação devem ser estudados e investigados, para que seja possível a solução dos entraves que surgem com recorrência no período chuvoso.

Existem algumas medidas adotadas que não surtem o efeito ideal nos cenários de eventos extremos ocasionados por fenômenos naturais. No mês de maio do ano de 2020, também houve um episódio de chuvas intensas. Com destaque para o dia 23/05/2020 onde foram registrados 146,6 mm (estação DFAARA), tendo como consequência a elevação do nível do Rio Cuiá voltando a trazer percalços para pedestres e motoristas (Figura 22).

Figura 22 - Trecho da rua Brasilino Alves da Nóbrega inundado no dia 23/05/2020 em João Pessoa, PB



Imagem: autora, 2020.

Em sintonia com esse evento, no dia 22/05/2020 o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN) emitiu um alerta moderado para risco hidrológico no município. Foi renovado no dia 23/05/2020, passando de moderado para alto. Com isso, objetiva-se ressaltar a importância de uma rede articulada de órgãos que monitoram e emitem alertas, como o caso do CEMADEM.

Em 2015, o PMSB-JP (PARAÍBA, 2015) mapeou pontos de inundação e alagamento existentes no município. Classificou suas causas em quatorze e oito tipos, respectivamente, sendo a mais recorrente, o acúmulo de vegetação no leito principal ou secundário do rio (inundação) e a falta ou deficiência de manutenção nas estruturas do Sistema de Microdrenagem (SMiD) (sarjeta obstruída com vegetação ou lixo, boca de lobo obstruída com lixo ou vegetação, galeria entupida com lixo ou assoreada, estrutura de descarga no rio obstruída com lixo ou vegetação, outros problemas de manutenção), nessa ordem.

Foram levantados noventa e oito pontos de alagamento no município, sendo vinte e cinco na BHRC, representando 25,51%, com predominância de pontos na porção Norte dessa. Dos quinze pontos levantados no município de áreas detectadas com inundação, a maior parte deles são influenciados pelo Rio Jaguaribe. Entretanto, se notou que um deles fazia parte da BHRC, correspondendo a 6,6 % do total, o da rua Brasilino Alves da Nóbrega, na ponte sobre o Rio Cuiá (o ponto quatro da visita de campo deste trabalho). Os problemas que circundam os episódios de inundação na zona urbana de João Pessoa de acordo com Paraíba (2015) são:

- “1 - Bueiro ou ponte do rio com vão ou altura insuficientes;
- 2 - Aterro clandestino ou muros no leito principal ou secundário do Sistema de Macrodrenagem (SMaD);
- 3 - Edificações ou moradias precárias no leito principal ou secundário do rio;
- 4 - Estrangulamento do leito principal do rio;
- 5 - Acúmulo de vegetação no leito principal ou secundário do rio;
- 6 - Acúmulo de resíduos sólidos ou restos de materiais de construção no leito principal ou secundário do rio;
- 7 - Defeitos na galeria ou na estrutura de descarga do SMaD;
- 8 - Presença de animais no leito principal ou secundário do rio;
- 9 - Despejo de esgotos domésticos ou de indústrias no rio;
- 10 - Mau cheiro das águas do rio;
- 11 - Presença de espuma nas águas do rio”.

Estando ciente dos elementos que contribuem para as inundações no município, os órgãos públicos e a sociedade civil devem desenvolver ações e aplicar metodologias para que se comece a reduzir a recorrência dos eventos de inundação. Algumas causas não deveriam nem existir, por estarem relacionadas com a falta de educação ambiental e de bom senso da

coletividade, como são os casos da deposição de resíduos sólidos ou restos de materiais de construção e o despejo de esgotos domésticos.

As iniciativas para reverter essa situação podem ser simples como a sensibilização da população, para que não sejam lançados resíduos sólidos no rio. Como também mais complexas como o monitoramento e fiscalização, por parte dos órgãos responsáveis, de áreas que não devem ser utilizadas para habitação, despejo de esgotos domésticos e usos semelhantes.

O super ou subdimensionamento nas estruturas de micro e macrodrenagens também é um problema bastante recorrente em todo o município e se deve a alguns fatores, dentre eles: o fato da existência de projetos mal elaborados, que não levam em consideração todos os fatores que são relevantes para a composição dessas estruturas; a não execução de manutenção preventiva nas estruturas, por haver o desgaste e a deterioração com o passar do tempo (pelas propriedades do material ou pelo acréscimo de moradores na região); e pelo mau uso por parte dos moradores, não zelando pelo equipamento.

Diversas são as questões que rodeiam esses eventos que às vezes não são notadas ou é dada pouca ênfase. Nas imagens obtidas, nota-se que motoristas e pedestres tentam passar nos trechos inundados. Alguns motoristas podem danificar seus veículos (Figura 22), trazendo um custo adicional ao seu orçamento, se configurando um prejuízo econômico significativo. Outra questão é quantidade de sedimentos e lama carregados pela água e depositados na rua dificultando o trânsito e, como a água do rio recebe despejo de efluentes domésticos, se configura também o risco para a saúde da população que entra em contato com essa água.

A subida do nível da água também pode interferir na integridade das habitações e dos pertences dos moradores. A pintura das casas é danificada, as paredes ficam molhadas (Figura 23), deixando um ambiente propício para o aparecimento de fungos e outros organismos e produtos eletrônicos são danificados, bem como as instalações elétricas. Muitas vezes as pessoas atingidas estão em situação de vulnerabilidade, todavia algumas delas não recebem auxílio para se reerguer após eventos extremos, sendo um fator que reduz sua resiliência.

Figura 23 - Marca em parede de um evento de inundação na comunidade Nossa Senhora das Neves



Imagem: Amanda Alves Queiroga, 2020.

Eventos como as inundações expõem as vulnerabilidades institucionais. Mesmo possuindo a comunicação e troca de informação entre elas, ainda estão aquém do que se deseja de uma instituição com tamanha responsabilidade. O que se tem observado é que as atividades que já têm sido desenvolvidas por órgãos de infraestrutura, por exemplo, não são suficientes para atingir a demanda existente no município, com consequências que podem ser desastrosas.

Os fatores que culminam nos déficits de atividades são diversos, desde investimentos financeiros direcionados para a secretaria, bem como o quantitativo de funcionários em detrimento às necessidades do município. Os investimentos no âmbito de defesa civil são imprescindíveis, tendo em vista que é uma instituição que preza pela saúde, segurança e bem-estar dos indivíduos, devendo ser assessora e equipada adequadamente.

Outro assunto correlato, de grande relevância e que gera bastante discussão na comunidade acadêmica, é a prestação dos serviços essenciais em localidades atingidas por desastres relacionados com fenômenos naturais. Uma das faces dessa discussão é que, para aquelas áreas que devem ser acima de tudo conservadas (por exemplo, as próximas aos leitos dos rios e que deveriam ter matas ciliares), não deve haver o “incentivo” a ocupação. Porém, se notou que havia tanto o abastecimento de água como recolhimento de esgotos domésticos (Figura 24), inclusive existe uma elevatória próxima a um efluente do Rio Cuiá. Todavia, não

funciona, ou seja, é um serviço que é prestado, mas pelo funcionamento incorreto, contribui para a intensificação da poluição que já existe no Rio Cuiá.

Figura 24 - Poço de visita de esgoto em um ponto da BHRC



Imagem: Amanda Alves Queiroga, 2020.

A outra particularidade dessa questão é o fato de que, como a população já está instalada, por não haver fiscalização do órgão competente e por outros fatores, como o socioeconômico, o que ocorre é a instalação de infraestrutura com objetivos políticos de caráter eleitoral. Outro objetivo da instalação dessa infraestrutura é a redução da situação de vulnerabilidade da população e a redução dos impactos ambientais provenientes do lançamento de esgotos, de águas servidas e a deposição de resíduos sólidos em locais inapropriados.

De acordo com um relato do agente da COMPDEC-JP que participou da visita de campo, a sensibilidade e a conscientização de algumas pessoas no tocante a esses locais que sofrem com inundações recorrentes é bem baixa. Há poucos anos, um início de construção foi interditado exatamente às margens do Rio Cuiá, próxima da ponte na rua Brasilino Alves da Nóbrega. Acredita-se que o indivíduo que estava a construir sabia dos percalços recorrentes sofridos por quem mora ali. Contudo, por alguns fatores o levaram a agir dessa forma, desrespeitando normativas ambientais e colocando a sua vida e a de seus familiares em perigo.

A acentuação desses problemas sucede por não haver uma cultura prevencionista existente na população menos favorecida de educação e recursos econômicos. Sendo essa a

mais afetada, deveria ser protagonista na RRD, se portando de maneira a conservar os recursos ambientais, assim como procurar manter a salubridade entorno de suas moradias e dos locais que venha a transitar. Dispor da percepção de risco adequada posiciona os indivíduos de maneira que possam discernir os perigos que os cercam, principalmente aqueles que moram em áreas propensas a risco alto e muito alto de desastres relacionados com fenômenos naturais.

Essa baixa sensibilidade pôde ser notada na visita feita na área de estudo deste trabalho. Existem algumas casas na comunidade Nossa Senhora das Neves que estão em situações bem complexas. Existe uma barreira atrás dessas edificações que está a ruir, e com as chuvas que incidiram no local, água com detritos adentraram em algumas residências. Essa água também aflora na frente das casas, deixando o terreno úmido, dificultando o trânsito a pé (Figura 25). Notou-se que as pessoas sabiam do risco que estavam expostas, porém pela carência de recursos, não podem se ausentar dali, aguardando receber alguma moradia do governo por meio de programas habitacionais, o que se arrasta há alguns anos.

Figura 25 - Problemas de infraestrutura na comunidade Nossa Senhora das Neves: (a) afloramento de água em frente a uma residência e (b) solo encharcado pelo acúmulo de água que aflora em frente às casas

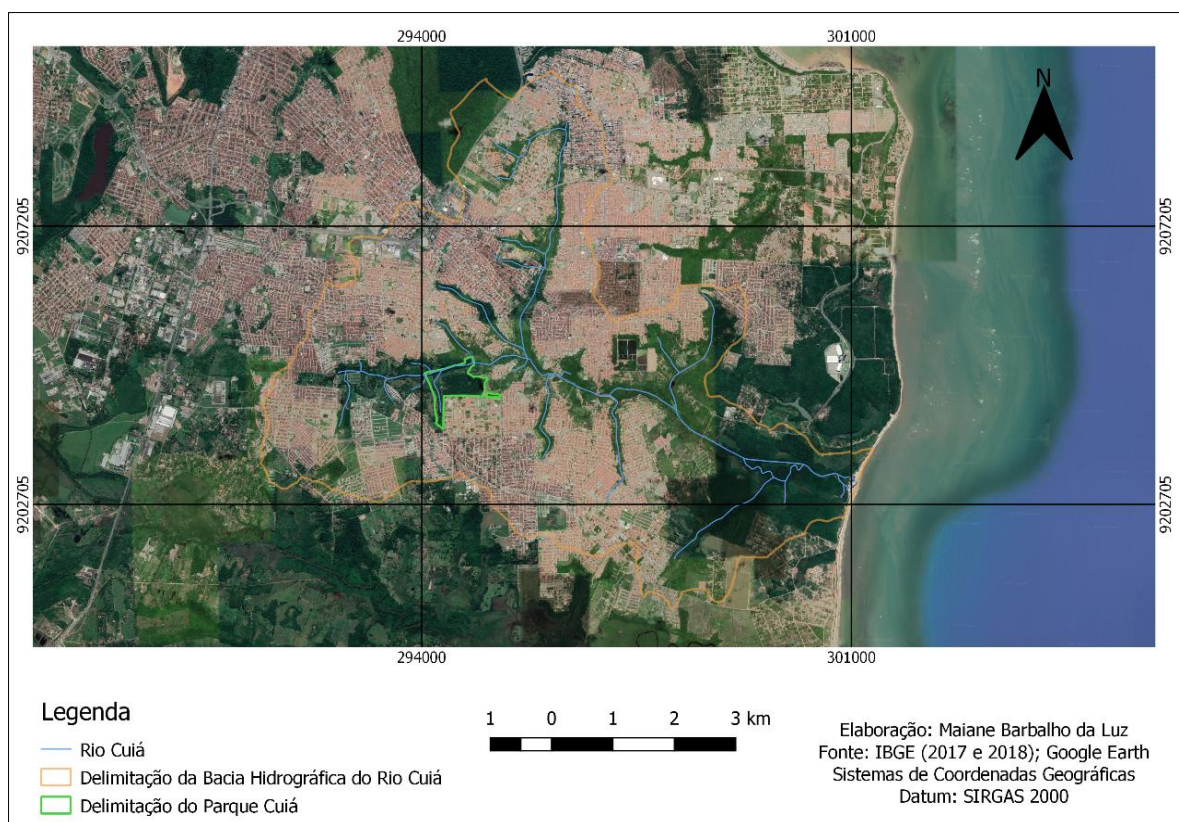


Imagem: Amanda Alves Queiroga, 2020.

Como já foi citado, o levantamento feito pelo PMSB - JP (PARAÍBA, 2015) apontou diversos pontos na cidade que merecem atenção pelo seu grau de risco, e pelos problemas atrelados a ele, necessitando de intervenções que de fato sejam efetivas e que resolvam de uma vez por todas os problemas já descritos. Se reconhece que não são problemas fáceis de serem resolvidos, não depende só do poder público, mas sim da articulação entre todos os atores envolvidos, demandando o empenho e o interesse de todos.

Notando as pressões antrópicas exercidas sobre a BHRC, a Prefeitura Municipal de João Pessoa criou o Parque Natural Municipal do Cuiá, (“Parque Cuiá”). Está localizado no bairro Valentina de Figueiredo (Figura 26), possuindo aproximadamente 42 hectares com remanescente de Mata Atlântica (ARAÚJO *et al.*, 2018). O Parque foi estabelecido pelo Decreto nº 7.517, de 17 de abril de 2012, se estabelecendo como uma tentativa do poder público em conservar parte da ZPA e da APP.

Figura 26 - Delimitação da área do Parque Cuiá



De acordo com o decreto supracitado, considera-se que a BHRC é qualificada como Zona Especial de Conservação pelo Código Municipal de Meio Ambiente de João Pessoa (art. 26, X, Lei Complementar 029/2002). De acordo com a Lei Federal nº 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Também se enquadra como área a que faz referência o atual Decreto na qualidade de Parque Natural Municipal, assim a necessidade de implantar o Sistema Municipal de Áreas Protegidas (SMAP) e o Plano Municipal de Recuperação e Conservação da Mata Atlântica (PARAÍBA, 2012).

Silva e Braga (2017) fizeram um pequeno diagnóstico ambiental sobre o estado ambiental do Parque Cuiá visando contribuir para o plano de manejo com subsídios geográficos,

por meio da caracterização ambiental e o mapeamento das áreas relevantes utilizando ferramentas de geoprocessamento e de observações feitas com visitas *il loco*. Observou-se que 64,67% da área total do Parque é composto pelo remanescente florestal, além de trilhas, lagoas e áreas degradadas, sendo urgente sua preservação, visando a manutenção dos ecossistemas existentes.

Infelizmente para o Parque Natural Municipal do Cuiá ainda não foi preparado um Plano de Manejo, sabendo que, de acordo com o SNUC, quando há a criação de uma Unidade de Conservação, essa deve ser construída em até cinco anos depois da criação do parque. De acordo com Braga (2014) a existência desse documento serve para determinar as regras e a forma que deve ser gerida e administrada a Unidade de Conservação, com o intuito de que as atividades desenvolvidas ofereçam o mínimo de impacto negativo para o meio ambiente e que os processos ecológicos existentes possam ser mantidos.

A iniciativa da criação do Parque é bastante válida, no entanto, sem o plano de manejo é inviável a sua correta administração. Os equipamentos e projetos planejados para a implantação no local também não saíram do papel, fazendo com que a situação permaneça praticamente a mesma, sem a correta gestão desse espaço.

É importante salientar que com o crescimento demográfico a vegetação tem sido suprimida com a passar dos anos, inclusive a que faz parte do Parque Cuiá, requerendo que cuidados sejam dispensados, principalmente na região que compreende a mata ciliar. Esse ecossistema tem o poder equilibrar o meio ambiente no sentido de proteção do solo a erosões, no fortalecimento das margens dos rios, na regulação do regime hídrico, etc.

Com isso, nota-se que cuidados necessários não são dispensados à BHRC, bem como a Unidade de Conservação existente nela. Verifica-se que há o desinteresse e a falta de empenho dos órgãos gestores que deveriam ter como uma de suas prioridades a conservação dos recursos naturais e sua manutenção.

5.2 Vulnerabilidade socioambiental e sua relação com os ODS

Com parte da situação ambiental da BHRC exposta, é importante correlacionar as informações com outros fatores que podem contribuir para a compreensão mais detalhada da complexidade de se trabalhar com questões socioambientais. Em se tratando da vulnerabilidade social, a condição que os indivíduos estão expostos são de suma importância para a caracterização destes, bem como a possibilidade de tomar decisões mais assertivas sobre o recorte geográfico estudado.

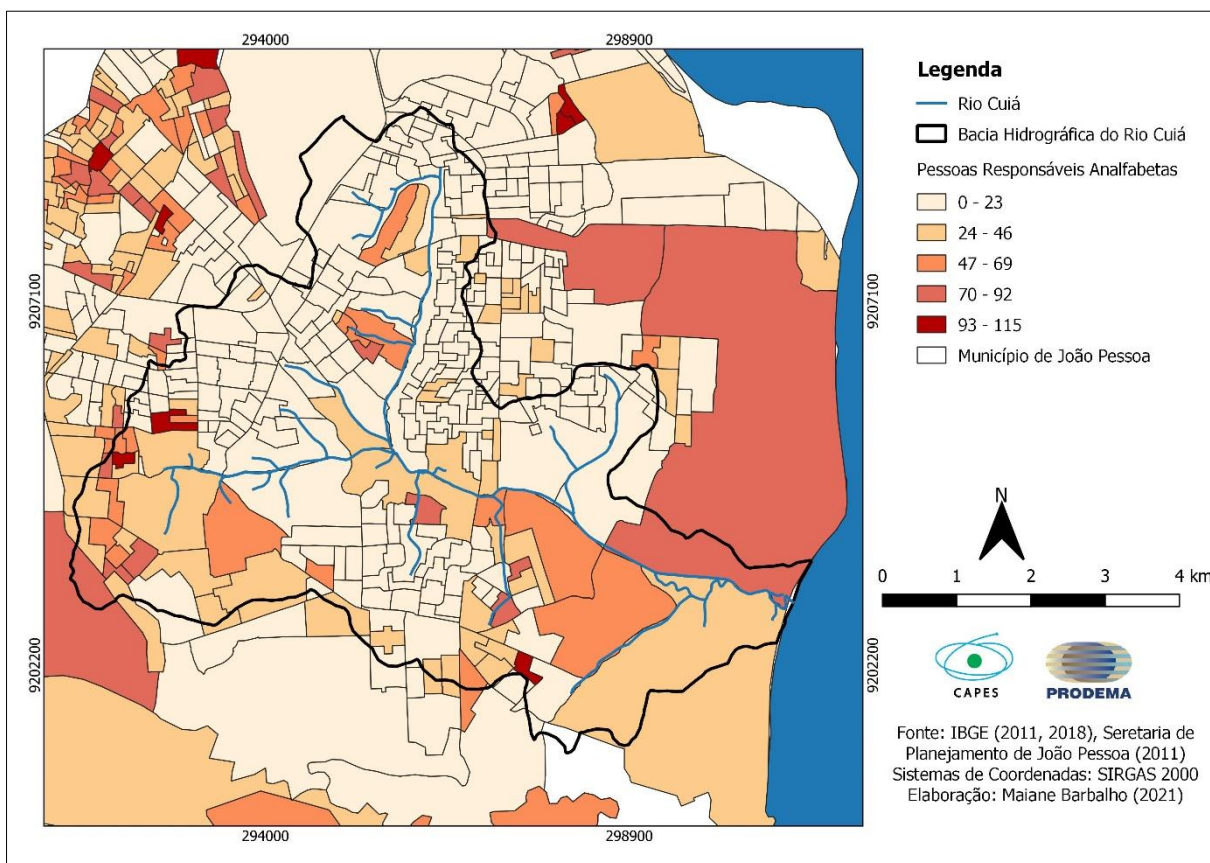
O reflexo da tomada de decisões, muitas vezes, está ligado a criação de leis. O sucesso na determinação, aplicação e monitoramento de normativas ou ações por parte do poder público se dá pelo reconhecimento mais apurado possível daquela área em questão. Os indicadores escolhidos para compreender os processos envolvidos devem procurar descrever uma região, abarcando suas peculiaridades, indicando quais áreas são passíveis a intervenção ou não, sendo um estudo complexo onde a correta aplicação destes, consegue expressar de maneira mais aproximada o cenário real.

No contexto da vulnerabilidade social, a procura por indicadores que representem a conjuntura vigente refletirá na direção que se deve ir com o intuito de reverter/melhorar o estado dos indivíduos que residem ali. É de comum acordo na sociedade que a educação pode transformar a vida das pessoas, com a obtenção do conhecimento que não tem um fim em si mesmo, mas que pode e deve de ser transmitido para as pessoas que os circundam, podendo retirá-las da situação vulnerabilidade social, proporcionando qualidade de vida e conforto não só para ela, como também para os seus.

O contrário disto (a falta de investimento governamental ou no nível familiar em educação) se expressa com frequência em grupos vulneráveis, com a capacidade de intensificar os entraves vividos por esses indivíduos. Os responsáveis por domicílios que são analfabetos (Figura 27), podem dizer muito sobre as condições que estão patentes, tendo em vista que o mercado de trabalho está cada vez mais exigente e seletivo quanto ao desempenho das atividades laborais, escolhendo os melhores e mais habilitados para integrar suas corporações.

Observou-se que a aglutinação desses indivíduos responsáveis que não são alfabetizados nas piores classificações, se concentra na porção Leste e Sudoeste da BHRC. Apesar da existência de todas as classes manifestas na bacia hidrográfica, a que apresentou maior quantidade de indivíduos nessa situação foi a primeira, não apresentando uma preocupação excessiva com esse indicador, de maneira geral. Sabe-se que a condição ideal é que todos os indivíduos sejam/estejam alfabetizados, contudo essa não é a realidade local, nem em grande parte do país.

Figura 27 - Mapa da distribuição de pessoas responsáveis analfabetas na BHRC



Apesar da predominância da primeira classe, alguns setores são importantes de serem notados, bem como comentados, tendo em vista a necessidade de construir uma transformação futura nesses. Grotão, Muçumagro, Gramame, Colinas do Sul, Valentina de Figueiredo, Novo Milênio, Nova Mangabeira, Paratibe e Jacarapé são bairros que merecem mais atenção pelo fato de que uma fração destes pertencem aos três últimos intervalos de classe, sendo imprescindível que mais incentivos na área educacional sejam efetuados nessas regiões, visando a melhoria desse cenário.

Como a BHRC se localiza na região Nordeste do Brasil, a preocupação com o analfabetismo ainda é significativa, tendo em vista que é a região que possui os maiores índices desse indicador. Visando a redução dessas taxas e o avanço da educação no país, foi instituído o Plano Nacional de Educação - PNE, a Lei nº 13.005, de 25/06/2014, onde estabeleceu, na Meta 9, a diminuição da taxa de analfabetismo dos indivíduos que possuem 15 anos de idade ou mais para 6,5%, no ano de 2015, bem como a erradicação do analfabetismo ao fim da vigência do PNE, em 2024 (IBGE, 2020).

Apesar da importante iniciativa, as regiões Norte e Nordeste não conseguiram alcançar nem a meta para o ano de 2015. Esse é um exemplo de que, por mais relevante que uma

normativa possa ser, é preciso fazer mais do que as instituir. São necessários esforços conjuntos entre estados, prefeituras e instituições privadas, fornecendo acesso aos programas sociais, investindo na qualidade do ensino, na infraestrutura das escolas e com incentivos para abertura de postos de trabalho que consigam abarcar os moradores das respectivas regiões.

Outra iniciativa, só que no âmbito internacional, são os ODS. Seu objetivo número quatro que é a educação de qualidade, diz que cabem às nações desenvolver atividades que busquem alcançar as metas propostas, por meio dos estados e municípios. De acordo com a Plataforma Agenda 2030 (2015) esse objetivo que tem o intuito de “Assegurar a educação inclusiva e equitativa de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos”

Observa-se que o analfabetismo é um problema em todo o mundo que se reflete em vários departamentos da vida de um indivíduo, sendo necessário que seja combatido e incorporado nas agendas estaduais e municipais. A inclusão de crianças, jovens, adultos e idosos no ambiente escolar colabora com a redução dessas taxas e contribui para o desenvolvimento sustentável, que deve ser um dos pilares do planejamento e gestão territorial.

Como as crianças e adolescentes de hoje são os adultos de amanhã, pensando no planejamento e na gestão para melhores resultados futuros, é imprescindível a criação de postos de trabalho. Isso não só é importante para o desenvolvimento econômico da região, mas quando os jovens e adultos estão inseridos no mercado, as crianças tem a maior possibilidade de ser manter em escolas. Estas, também são locais de amparo, para que crianças e adolescentes tenham onde ficar enquanto os pais e responsáveis trabalham, principalmente as de ensino integral, sistema implantado a poucos anos em algumas instituições.

Quando adultos responsáveis estão trabalhando e têm condições de sustentar as necessidades do lar, evita-se que crianças e adolescentes tenham que trabalhar para complementar a renda. Quando existe a necessidade de que essas trabalhem, há forte probabilidade que abandonem os estudos e que permaneçam assim, pelos seus anos seguintes, com essa lacuna na educação, perpetuando a situação de vulnerabilidade.

A inserção e permanência das crianças e adolescentes nas escolas é um desafio que deve ser enfrentado pelos familiares e pelas instituições de ensino, com iniciativas que mostrem a importância e as consequências de se estudar, com métodos que cativem os alunos, estimulando-os a concluir seus estudos. Também é muito válida a inserção das universidades nesse contexto, com assistência e atividades que colaborem com o crescimento dos alunos, difundindo o conhecimento e incentivando-os a buscar o crescimento na área profissional.

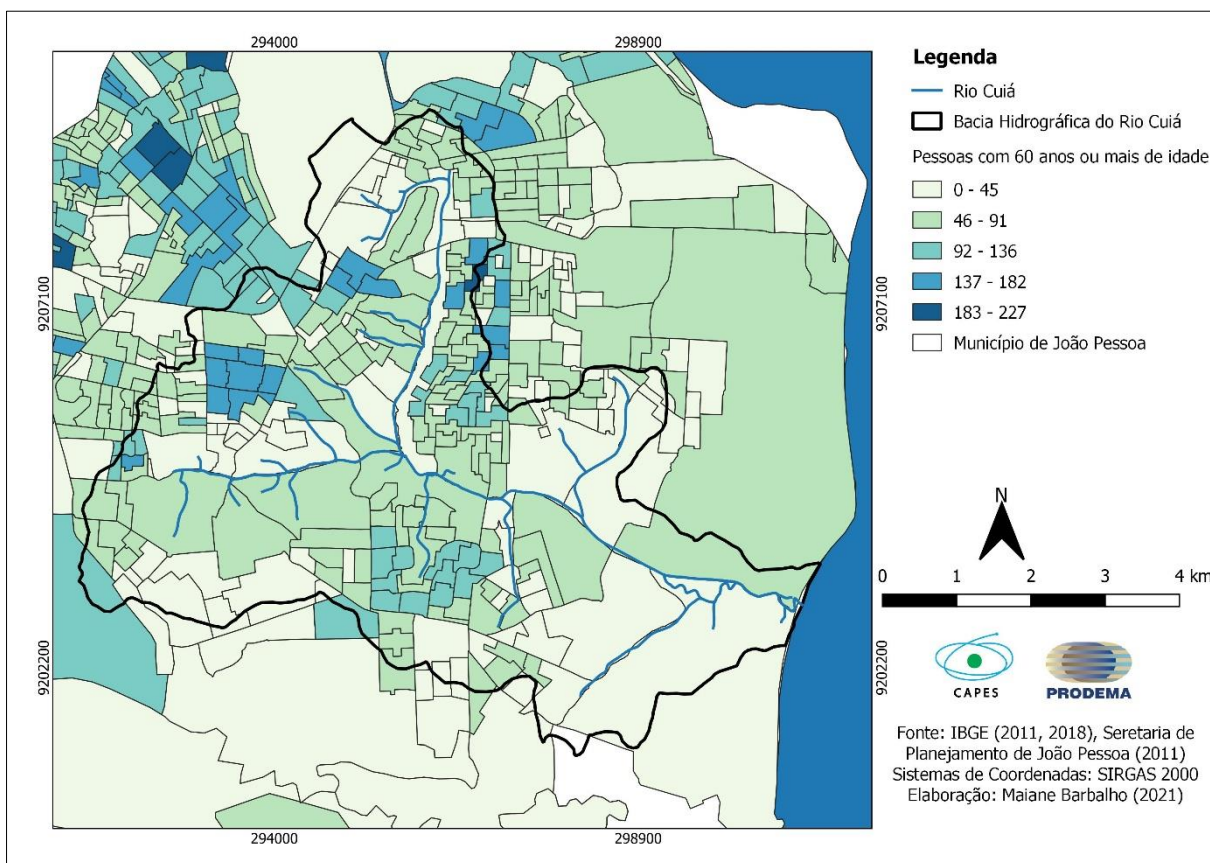
Mesmo se conhecendo as benesses da educação, as taxas de analfabetismo estão presentes em todas as idades. É bastante significativa para o grupo de idosos. De acordo com o IBGE (2020), a quantidade de analfabetos tem relação direta com a idade, ou seja, quanto mais idade possui um determinado o grupo populacional, maior é a dimensão de analfabetos. Contudo, se notou que a realidade na BHRC é diferente. Os setores em que existem mais idosos são os setores com as menores classificações de analfabetismo.

Pesquisas realizadas em todo o Brasil por instituições reconhecidas e aclamadas são imprescindíveis. Não obstante, é interessante que quando se estude uma região de menores proporções territoriais é interessante que não se generalize, que se observe o comportamento dos indicadores com mais atenção, como é o caso da BHRC, onde uma realidade existente em muitos lugares não se aplica.

Ainda discorrendo sobre os idosos, são um grupo que merece atenção tendo em vista sua vulnerabilidade subsidiada pela sua faixa etária. Notou-se que todas as classes estão manifestas na BHRC, sendo mais frequentes as classes um e dois (Figura 28). A quantidade de idosos presentes em determinada região e a situação em que vivem, são informações que devem ser analisadas pelas instituições de pesquisa e metas devem ser tratadas visando a segurança, saúde e bem estar desses grupos.

Dos bairros que possuem as maiores classificações (da terceira a quinta), os que se destacaram foram os seguintes: Mangabeira I, II e III, José Américo, Ernesto Geisel, Cuiá Grotão e Valentina de Figueiredo. Ou seja, as porções Norte, Sul e Oeste da bacia hidrográfica. Sabendo da localização desse grupo, se pode investir na melhoria da qualidade de desses, tendo em vista implicações positivas disto.

Figura 28 - Mapa de distribuição de pessoas com mais de 60 anos de idade na BHRC



Normalmente idosos requerem cuidados especiais, pois a sua saúde tende a ser mais fragilizada, boa parte deles necessitam de auxílio para a execução de tarefas diárias, comuns e corriqueiras. Com isso, é essencial que exista infra estrutura suficiente para assistir esses grupos como hospitais, Unidades de Pronto Atendimento (UPAs), postos de saúde, feiras livres, pista de caminhada, uma boa estrutura familiar, dentre outros. Também se caracterizam por ser um alvo fácil de golpes e assaltos, podendo ludibriados e como consequência disso, padecem com a subtração de seus bens.

A preocupação com o grupo de idosos além de ser constante, deve crescer. De acordo com Cunico (2013), a velocidade do crescimento populacional no Brasil vem sofrendo transformações, havendo uma notável redução na quantidade de jovens e crianças e no acréscimo de adultos e idosos, fruto do processo da alteração demográfica. Fenômeno já observado nos centros urbanos, associado a diminuição das taxas de fecundidade e de mortalidade.

Outro fator importante é a expectativa de vida da população, que de acordo como levantamentos do IBGE também deve aumentar em todo Brasil. Observa-se que na Paraíba, em

um intervalo de 20 anos, aumentou-se, em média 8,13 anos de vida a um indivíduo, onde a média geral pode chegar até quase 70 anos (Tabela 4).

Tabela 4 - Expectativa de vida da população brasileira, de acordo com a Unidade da Federação

Unidade da Federação	Ano		
	1991	2000	2010
Paraíba	61,67	66,35	69,80

Fonte: IBGE, Censos Demográficos 1991, 2000 e 2010

À vista disso, atividades e incentivos governamentais devem ser direcionados aos idosos, reconhecendo que são vulneráveis, que necessitam de uma melhor qualidade de vida, de dignidade, de poder exercer a cidadania, levando em consideração que viver mais, não implica necessariamente em viver melhor.

A Agenda 2030 contempla esse grupo em seu objetivo dez intitulado de “redução das desigualdades”. A cooperação entre gerações é alvo desse objetivo, uma vez que é imprescindível a participação de todos os atores sociais visando reduzir as disparidades existentes entre as diferentes faixas etárias, incluindo a social, econômica e política.

De acordo com o IBGE (2018), até 2060, o percentual de pessoas idosas acima de 65 anos será de 25,5% da população, ou seja, para cada quatro brasileiros, um é idoso. Compreendendo a necessidade em atender a esse público, existem iniciativas em nível nacional que visam englobar este grupo. Uma das iniciativas chama-se “Programa Viver: envelhecimento ativo e saudável”, onde seu objetivo é a inclusão digital e social da pessoa idosa com campos de ação são: a inclusão tecnológica, a educação, a saúde (disseminar informações e conhecimento) e mobilidade física.

Equipamentos devem ser doados (computador, projetor de imagens, etc.) pela Secretaria Nacional de Promoção e Defesa dos Direitos da Pessoa Idosa (SNDPI), do Ministério da Mulher, da Família e dos Direitos Humanos (MMFDH) e uma matriz curricular deve ser seguida, com disciplinas de noções de internet, hardware e software, de acordo com a disponibilidade e estrutura do município (BRASIL, 2019).

A Prefeitura Municipal de João Pessoa tem buscado alguns mecanismos que contribuam para esse fim. Projetos que visam desenvolver a parte física e psicossocial do idoso já foram implantados em alguns bairros, dentre eles Ernesto Geisel e Valentina de Figueiredo (Figura 29), onde esses fazem parte da BHRC e integram os maiores intervalos de classe no quesito quantidade de idosos.

Figura 29 - Incentivos à saúde oferecidos pela Prefeitura Municipal de João Pessoa: (a) Academia da saúde, situada no bairro do Ernesto Geisel e (b) Academia de ginástica para a terceira idade, localizada no bairro Valentina de Figueiredo



Fonte: João Pessoa (2015) e MaisPB (2019).

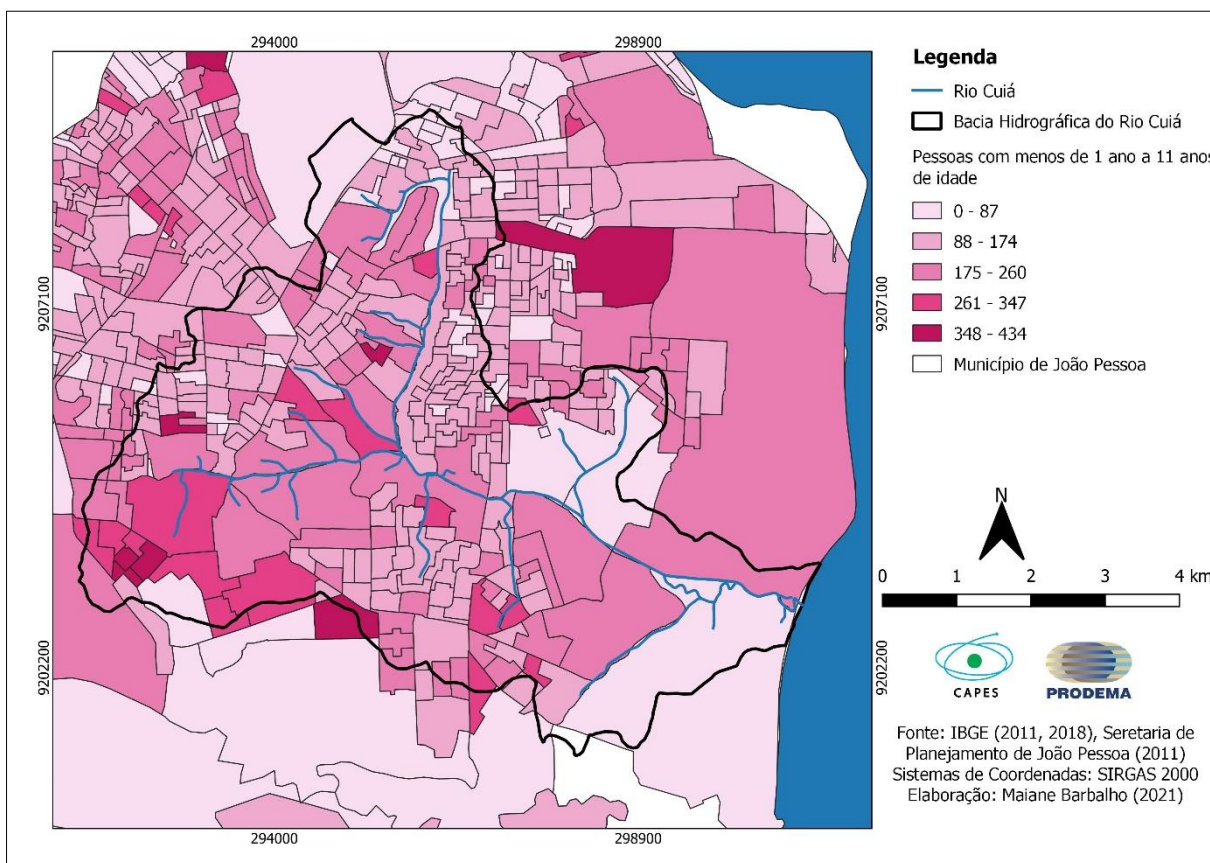
Como exemplo disso, a academia da saúde e a academia de ginástica para a terceira idade são atividades já implantadas que servem para a promoção da saúde tanto de idosos, quanto para os demais públicos. A academia de saúde é um local onde profissionais habilitados dão aulas de educação física e dança em dias e horários pré determinados. Já a academia de ginástica para a terceira idade são equipamentos, normalmente instalados em praças, onde se tem a liberdade de utilizá-los a qualquer horário.

Essas atividades aumentam a sociabilidade, reduzem a solidão, melhoram a saúde, tornando-se uma maneira de se ocupar no tempo livre que estes possuem. Criar, melhorar e administrar corretamente essas atividades, faz com que os idosos consigam usufruir dos direitos que eles mesmos adquiriram com os anos dedicados ao trabalho e ao empenho na construção de seu lar.

Assim como a quantidade e distribuição de idosos, há outro indicador muito importante: as crianças com menos de 1 ano até 11 anos de idade. Esse grupo também se configura como vulnerável, e ainda mais do que o supracitado, são pessoas que dependem totalmente de outrem para o seu sustento: na alimentação, na moradia, na mobilidade para qualquer lugar, na educação, no lazer e na promoção da sua saúde.

Na disposição desse grupo na BHRC estão presentes todos os intervalos de classe, sendo mais frequentes o segundo e o terceiro, distribuídos em toda a extensão da bacia hidrográfica (Figura 30). Nas classificações que obtiveram valores mais acentuados (quarta e quinta), os bairros fazem parte destas são: Novo Milênio, Grotão, Gramame, José Américo, Cuiá, Colinas do Sul, Valentina de Figueiredo, Muçumagro, Paratibe e Mangabeira II.

Figura 30 - Mapa da distribuição de crianças na BHRC



Para se obter um panorama mais detalhado sobre esses dois grupos vulneráveis (idosos e crianças), é importante a sobreposição desses. Observou-se que a terceira classe da quantidade de idosos coincidiu com a quarta e a quinta classe de quantidade de crianças em dois setores censitários nos bairros Cuiá e Novo Milênio, respectivamente. Com isso, nota-se que alguns locais onde existem idosos, a proporção de crianças em relação a esse é maior, fator capaz de reduzir a resiliência da região.

Como se trata de um indicador muito delicado, por abarcar um grupo vulnerável, é importante que as crianças consigam se desenvolver e chegar na idade adulta. De acordo com o censo de 2010 (IBGE, 2012), a taxa de mortalidade infantil de crianças com até um ano de idade no Brasil, manteve-se em 16,1 para cada mil nascidos vivos. Já a taxa de mortalidade na infância, fazendo parte os infantes de até cinco anos de idade, atingiu 18,7 por mil nascidos vivos.

No caso de João Pessoa, segundo IBGE (2012), a taxa de mortalidade infantil alcançou 12,43 por mil, sendo inferior à média nacional. Esse decréscimo na taxa de mortalidade infantil também repercutiu em outro avanço: o Brasil alcançou a meta que foi estabelecida para o quarto Objetivo de Desenvolvimento do Milênio (ODM), que seria de atingir até 2015 a quantidade

máxima de 19,9 por mil, sendo alcançada no último censo, com o valor de 19,4 por mil (IBGE, 2012).

Apesar de notícias boas como essa, é necessário que o poder público, os parentes e responsáveis cumpram seu papel no tocante ao desenvolvimento da criança, dando assistência naquilo que é necessário e pertinente. O estímulo para pessoas nessa faixa etária é muito importante, dentre eles, à educação. A inserção das crianças nas creches e escolas desde cedo, propiciam a esses o desenvolvimento nas áreas: psicomotora, concentração, sociabilidade, autonomia, dentre outros.

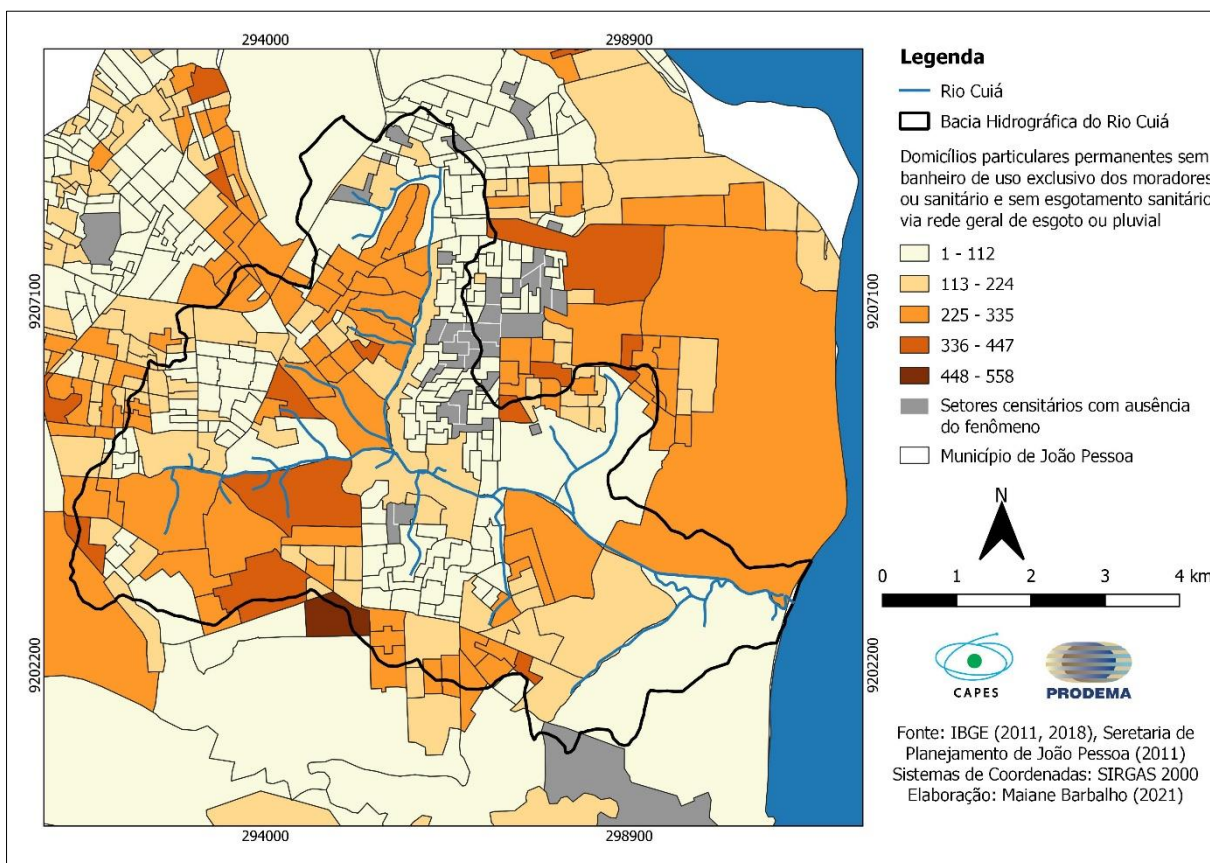
Crianças são moldadas conforme as suas idades avançam, incorporando o conhecimento adquirido com base nas suas vivências. Compreendendo isto, esforços conjuntos devem ser executados com vistas ao fornecimento de subsídios para se obter o progresso desse grupo. O empenho em nível internacional pode ser contemplado na Agenda 2030, onde na meta quatro, estabelece que os infantes alcancem um desenvolvimento de excelência desde a primeira infância até a educação pré-escolar, deixando-os preparados para adentrar no ensino primário.

À vista disso, é imprescindível que estados e municípios conheçam seu território com o propósito de saber a distribuição geográfica das crianças para poder instalar creches, escolas e ambientes com atividades variadas, como praças e centros comunitários, com o fim na completude do desenvolvimento dessas.

Existem outros tantos fatores que contribuem para o cumprimento desse objetivo, como possuir família que disponha de uma renda que consiga dar o mínimo suporte, com pessoas dispostas a encaminhar essas crianças para a escola e fornecimento de saneamento básico pelas concessionárias responsáveis. Prover questões assim são importantes tendo em vista que das 10 mais frequentes causas de óbitos de crianças de até cinco anos, duas delas são a desnutrição e a diarreia, ambas ligadas aos fatores relatados (FRANÇA *et al.*, 2017).

Isto posto, adentra-se na discussão de indicadores relacionados à infraestrutura, concernente ao saneamento básico e que tem ligação direta com doenças transmitidas por veiculação hídrica. O saneamento básico de uma região é imprescindível quanto se trata do fornecimento de condições adequadas no tocante a saúde e a qualidade de vida da população. O primeiro indicador a ser abordado é o de ausência de esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial (Figura 31)

Figura 31 - Mapa de domicílios sem esgotamento sanitário



Percebe-se na Figura 31 que há a distribuição das cinco classificações na BHRC e que existe a predominância das classes um, dois e três, repartidas em toda a sua extensão, sendo presentes em todos os bairros. É importante destacar que o último intervalo de classe esteve presente apenas em parte de um setor censitário na bacia hidrográfica, localizada no bairro Novo Milênio. Já a quarta classe esteve presente nos bairros: Novo Milênio, Colinas do Sul, Cuiá, Novo Geisel, José Américo, Mangabeira IV, Cidade Verde e Cidade Verde II e Muçumagro.

Visando o recolhimento de efluentes e seu tratamento, existem em João Pessoa duas Estações de Tratamento de Esgoto (ETEs), uma situada do bairro Mangabeira IV e outra no Roger. De acordo com Paraíba (2015) existem 64 Estações Elevatórias de Esgoto (EEEs), 56 que encaminham os efluentes para a ETE do Roger e oito (três localizadas no Valentina de Figueiredo, três em Mangabeira, um em José Américo e uma no Geisel, todas em operação) para a ETE de Mangabeira IV.

Para atender a demanda do município elas não são suficientes, tendo em vista seu crescimento com a passar dos anos, etapas processo em si tratamento e o tempo em cada uma delas (Figura 32). Isso demonstra que a concessionária responsável não cumpre com os padrões

adequados nesse quesito em todas as ETEs e EEEs, cabendo ao Estado e a sociedade civil cobrar a realização dos procedimentos adequados, uma vez que se paga por esse serviço.

Figura 32 - Problemas na ETE de Mangabeira IV (a) presença de resíduos sólidos na lagoa anaeróbica e (b) proliferação de espécies primárias de plantas na superfície da lagoa facultativa



Imagem: autora, 2018.

Um fato que chama a atenção é que na porção do bairro Mangabeira IV que integra a classe quatro faz “fronteira” com a ETE do próprio bairro. Verifica-se, que cuidados não são dispensados ao encaminhamento apropriado dos efluentes gerados pela população, mesmo que essa ETE seja responsável por tratar, aproximadamente, 30% dos efluentes do município.

Outro fator que contribui para a deterioração das condições sociais e ambientais da BHRC é que esse efluente (Figura 33) é despejado no Rio Cuiá. Mesmo sendo aparentemente tratado, ele não sai com a purificação adequada, prejudicando não só a qualidade da água físico-química, como também aos seres que habitam e dependem daquele ecossistema.

Em um estudo feito por Sousa *et al.* (2019), foram monitorados quatro pontos do Rio Cuiá e vinte e quatro amostras foram colhidas visando compreender a qualidade da água do Rio nas proximidades da ETE de Mangabeira IV. Foi constatado que o lançamento do efluente tratado pela ETE era responsável pela alteração físico-química da água, debilitando aquele ecossistema, comprovando ser um sistema ineficaz existente nesta, além de trechos após o lançamento em processo de eutrofização devido a quantidade exacerbada de nutrientes.

Figura 33 - Forma que o efluente que sai da lagoa facultativa e vai para o Rio Cuiá, com coloração esverdeada, devido a presença de algas da lagoa facultativa



Imagem: autora, 2018.

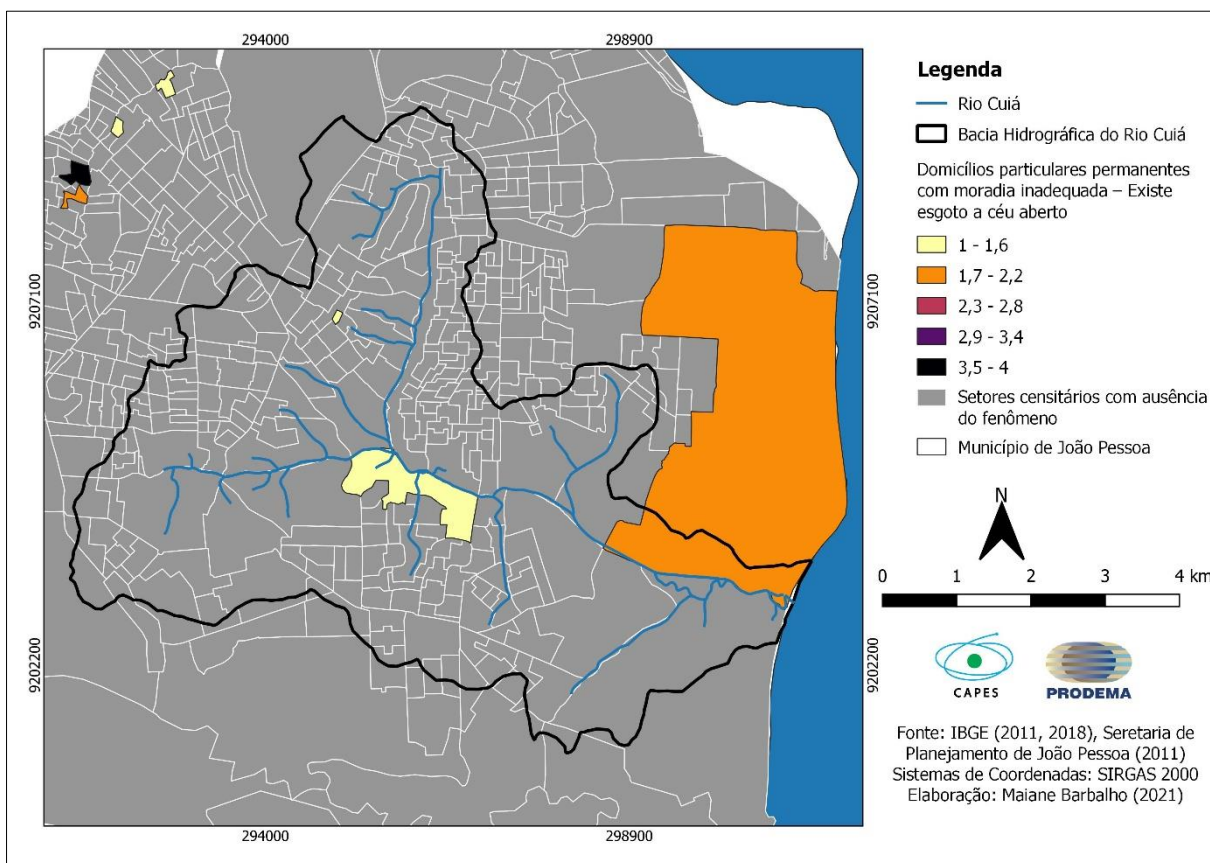
Filho (2014) também analisou as condições ambientais do Rio Cuiá e constatou que havia esgotos clandestinos sendo lançados no rio, desmatamento da mata ciliar, aterros de alguns trechos no curso da água do rio, além de vacarias e pocilgas próximos ao leito do rio provenientes de áreas menos urbanizadas.

Compreende-se que é indispensável que os efluentes sejam recolhidos via rede geral, bem como tratados de maneira satisfatória e que este serviço seja ampliado, contemplando a todos os domicílios. Todavia, uma parcela significativa da população não é atendida por esse serviço, expondo-as a condições de vulnerabilidade, colocando em risco a sua saúde e dos seus, contribuindo para o aumento desse índice.

Vale ressaltar que a população deve fazer sua parte no tocante ao cuidado com as estruturas como emissários e EEEs, tendo em vista que algumas (12 estações) dessas últimas não estão em funcionamento devido ao vandalismo e furtos de bombas e tubulações. Outra iniciativa importante é que a sociedade civil venha requerer um planejamento e gestão eficientes da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) e que esta delegue aos seus terceirizados a manutenção e instalação da rede de esgoto nas regiões que estão deficitárias.

Um dos destinos para o esgoto que não é recolhido é ser lançado a céu aberto (Figura 34). Os impactos que essa prática pode gerar são diversos, dentre eles: poluição do corpo hídrico mais próximo, contaminação do lençol freático (dependendo da altura e o tipo de solo) e prejuízos na saúde dos moradores e transeuntes. São problemas que tem o poder de trazer muitos males ao meio ambiente e a vida do ser humano, até mesmo de ceifar a vida de infantes.

Figura 34 - Mapa de domicílios com esgoto a céu aberto



De acordo com o mapa listado, foram poucas regiões onde essa prática pôde ser registrada. Em três pontos, expressam apenas as classes um e dois em toda a BHRC, não sendo um cenário tão difícil de administrar. Esses pontos de lançamento se concentraram nos seguintes bairros: José Américo, Novo Milênio, Valentina de Figueiredo e Jacarapé.

É preocupante perceber que todos esses pontos são próximos ao Rio Cuiá, aumentando a possibilidade de que os resíduos se encaminhem para o leito trazendo os danos já discutidos. Observou-se também que nos locais onde há esgoto a céu aberto as moradias são inadequadas e há uma quantidade substancial de crianças, expostas às condições insalubres, bem como as demais faixas etárias.

Segundo Mesquita *et al.* (2016), os indivíduos condicionados a viver em contato contínuo com resíduos sólidos não coletados e esgoto a céu aberto estão propensas a contagiar-se, dentre outras moléstias, a leptospirose, pela existência de uma intensa exposição a roedores e animais domésticos nessas localidades.

Ademais, os autores ainda comentam sobre os hábitos que as pessoas adquirem pelo tempo que estiveram sob essas condições, mesmo que consigam melhores moradias e acesso

aos serviços de saneamento básico, carregam-nos consigo, continuando a atrair para si vetores. Como consequência disso, seguem contraindo as mesmas doenças.

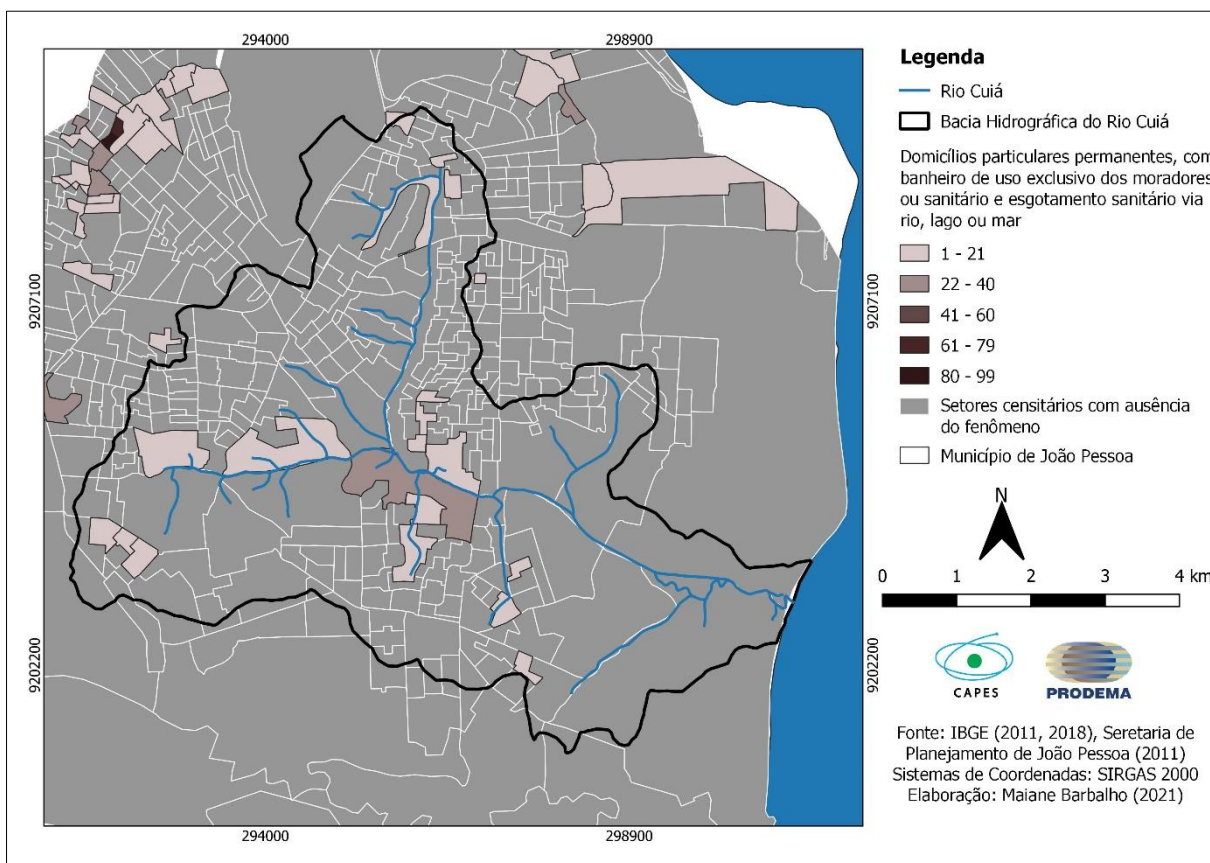
Magalhães *et al.* (2013), Mendes e Barcellos (2018) comentam sobre a existência de opções individuais, menos prejudiciais, de despejo de efluentes, bem como a utilização de fossas sépticas. Nesta perspectiva, o emprego de fossas sépticas como alternativa para a destinação de efluentes é reputado como sendo mais salubre se feita uma comparação com outros modos que podem promover sérios impactos ambientais e interferir negativamente na saúde e bem estar da população de determinado local (MOREIRA, 2015).

Compreende-se que esses entraves podem ser facilmente combatidos com a instalação e manutenção da rede de esgoto nas vacâncias apontadas no mapa (Figura 34). Além disso, é indispensável que a população seja sensibilizada e conscientizada quanto às consequências do despejo dos efluentes não tratados a céu aberto, exercendo seu papel como participantes e responsáveis pela manutenção do meio ambiente e da sua qualidade de vida.

Ainda sobre o lançamento inadequado de efluentes, existem os indicadores mais específicos quanto ao seu destino, como por exemplo, o despejo desses via rio, lago ou mar (Figura 35). A aplicação neste trabalho se dá via Rio Cuiá. Diferente do lançamento a céu aberto, a quantidade de domicílios registrados que lançam seus efluentes no Rio Cuiá é superior, indicando que mais esforços devem ser dispensados para que se melhore este indicador.

Nota-se que houve apenas a presença dos intervalos um e dois na bacia hidrográfica, dispostos em sua maioria nas porções Sul e Sudoeste. Os bairros registrados onde seus domicílios lançam os esgotos no rio são: Muçumagro, Paratibe, Valentina de Figueiredo, Colinas do Sul, Grotão, Gramame, Cuiá, Mangabeira II, IV e V.

Figura 35 - Mapa de domicílios que lançam esgoto via rio, lago ou mar



No momento em que os indivíduos lançam os esgotos no rio e não deixam a céu aberto, pode-se supor que têm “certa consciência” de que estando expostos aos resíduos podem sofrer alguns problemas de saúde. Assim, buscam uma saída mais fácil, rápida e menos dispendiosa que é despejar no rio. Contudo, falta percepção ambiental desses, de maneira que consigam enxergar os entraves que estão causando.

A Agenda 2030 em seu objetivo número seis notou a importância de tratar a água potável, mas também o saneamento. Para países em desenvolvimento como o Brasil, esforços internacionais também podem ser empregados para a melhoria e ampliação do tratamento de efluentes, acesso ao saneamento básico, acabar com os casos de defecação à céu aberto, com um olhar mais apurado para as necessidades das meninas e das mulheres.

Outro grande problema é o consumo da água do rio a jusante dos lançamentos de esgotos, como também do efluente tratado pela ETE. Os diversos patógenos que podem existir nesse resíduo, há o risco de que quem consumir a água sem o tratamento que a torne potável possa ser contaminado. Sousa *et al.* (2019) encontraram outros fatores que interferem na qualidade da água do rio: cavalaria, acúmulo de resíduos sólidos e pocilga próximo ao leito do

rio. Alguns desses também foram encontrados na visita de campo, como o acúmulo de resíduos sólidos (Figura 36).

Figura 36 - Presença de resíduos sólidos no Rio Cuiá



Imagem: Amanda Alves Queiroga, 2020.

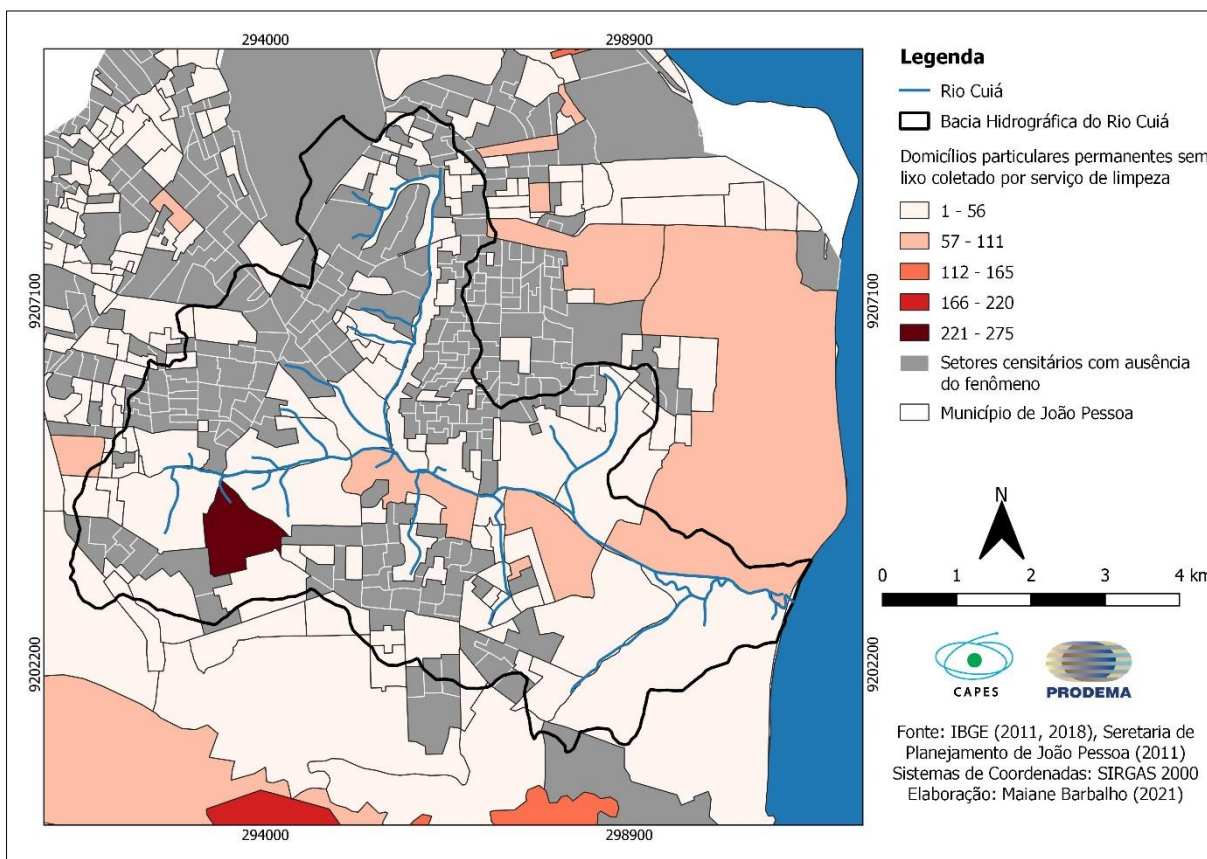
Existem algumas possíveis causas da ausência de saneamento e por consequência o despejo dos efluentes no rio. Uma delas é o fato de que muitos domicílios se encontram em APP, local não reservado para esse fim, podendo não ser alvo das intervenções da companhia de saneamento do município. Além disso, existem muitos domicílios que não se encontram na faixa de preservação, não sendo justificada essa ausência em nenhuma das duas ocasiões. É lamentável que esses serviços sejam dispensados, uma vez que o lançamento de esgotos no rio deteriora a sua qualidade, inviabilizando seu uso para outros fins.

Outro procedimento possível, porém, mais oneroso, é a relocação das pessoas para outra região, já saneada. Isso evita a geração de resíduos sólidos e líquidos nessa localidade, sendo indispensável o monitoramento para que a mesma não volte a ser ocupada. Conhecer a fonte de poluição e fazer com que ela cesse é a única forma de acabar com a poluição e contaminação do rio, fazendo com que seja possível sua melhor autodepuração, visando a melhoria da sua qualidade e a possibilidade de seu uso para, por exemplo, recreação.

Ainda se tratando do lançamento de esgotos nos rios, existe um agravante que são as ligações clandestinas. Pessoas fazem a ligação dos seus esgotos na rede drenagem, onde apenas a água da chuva deveria adentrar, sendo encaminhados para o corpo hídrico mais próximo e intensificando a degradação pré existente naquele corpo hídrico. Várias denúncias já foram feitas, além de multas aplicadas à concessionária responsável. Porém, ainda se observam os despejos inadequados nos rios e em algumas praias de João Pessoa e Cabedelo.

Agravando a vulnerabilidade das pessoas e de seus grupos existe outro indicador que é ausência de coleta de lixo pelo serviço de limpeza (Figura 37). No município de João Pessoa, o responsável por esse serviço é a Autarquia Municipal Especial de Limpeza Urbana (Emlur).

Figura 37 - Mapa de domicílios sem a coleta de lixo pela Emlur



A disposição de lixo não coletado pelo serviço de limpeza se distribui em vários pontos da BHRC, sendo expressos os intervalos de classe um, dois e cinco. É importante notar que as imediações do bairro chamado “Novo Geisel” fazem parte da classe cinco, sendo o único setor do recorte que se enquadra nesta. É importante destacar que esse bairro, como o próprio nome diz, é novo, está em uma grande expansão imobiliária, justificando em parte essa deficiência no atendimento desse serviço.

Na classe dois os bairros Grotão, Jacarapé, Paratibe e Valentina de Figueiredo integram-na, localizados nas porções Sul, Leste e Oeste da bacia hidrográfica. Apesar de boa parte dos setores fazerem parte das classes mais baixas, não implica dizer que não seja uma situação preocupante. Se não tratada, podem regredir para classes mais altas, tornando mais difícil a gestão desse problema.

A prestação de maneira adequada desse serviço é ampara pela Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010) que, de acordo com um de seus objetivos, presente no artigo 7º e inciso X, institui a “regularidade, continuidade, funcionalidade e universalização da prestação dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos” (BRASIL, 2010).

À vista disso, é indispensável que a autarquia responsável execute o serviço de limpeza de maneira que busque o desenvolvimento sustentável, evitando que se acumule lixo em qualquer ponto do município. O acúmulo pode trazer diversos males para a saúde e bem estar da população, atraindo vetores que são responsáveis pela transmissão de doenças e a presença de mau cheiro, decorrente do processo de decomposição dos resíduos sólidos dispostos.

A aglutinação de lixo em algumas regiões se dá pela impossibilidade de acesso dos caminhões de lixo, normalmente em comunidades carentes, onde há a presença de vielas. Com isso, a população muitas vezes queima os resíduos para evitar que ele permaneça próximo às residências por muito tempo. Outro destino são os corpos hídricos ou terrenos baldios, apesar das implicações negativas disso. Na BHRC observou-se uma área onde havia uma caçamba que servia de depósito de lixo, evitando que esse seja disperso em outros espaços (Figura 38).

Figura 38 - Caçamba de lixo na BHRC



Imagem: Amanda Alves Queiroga, 2020.

Apesar da iniciativa de colocar as caçambas visando o recolhimento do lixo nos locais que o caminhão não consegue chegar, a quantidade delas ou a frequência da coleta não é suficiente para abarcar as demandas da região, deixando a desejar nesse serviço. Sabendo disso é importante que a população cobre o correto atendimento do serviço de limpeza.

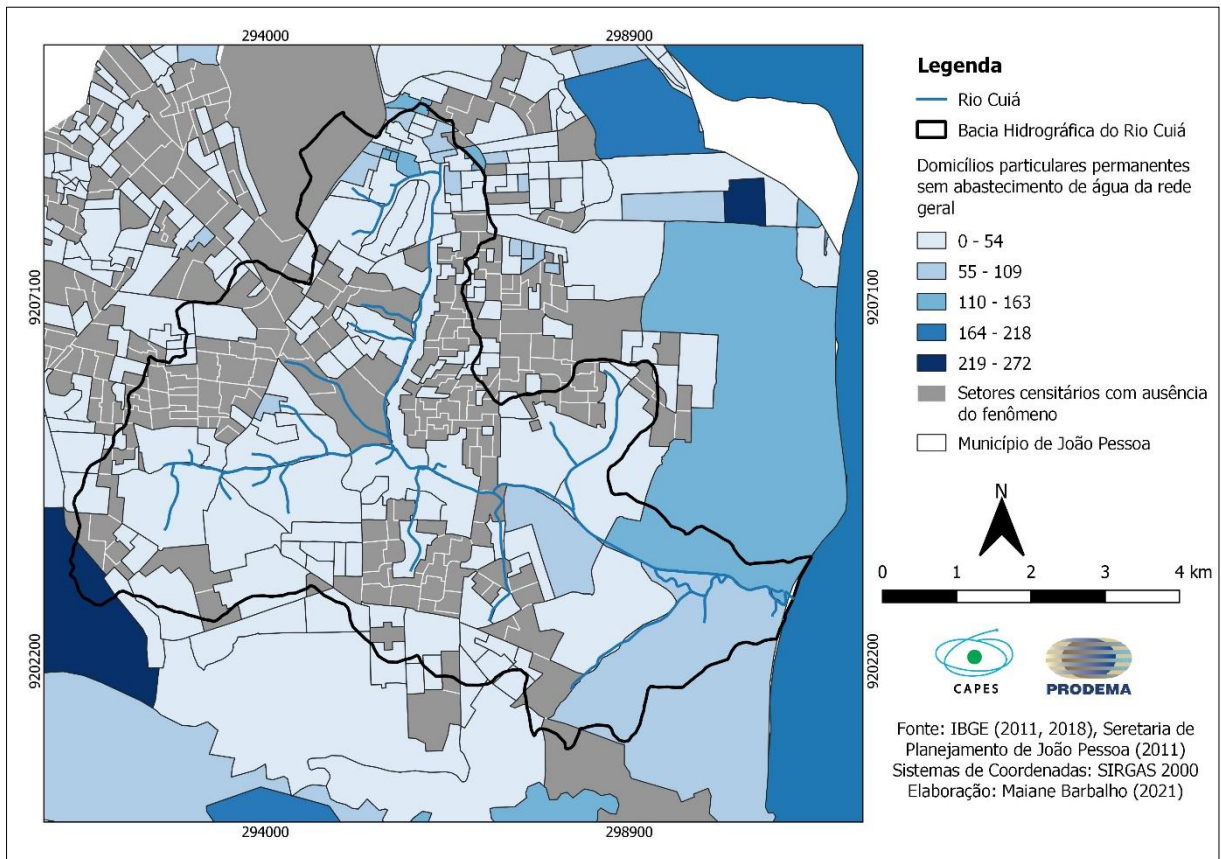
Buscando aprimorar o atendimento aos domicílios, a Prefeitura Municipal de João Pessoa (PMJP) dispõe de um serviço chamado de “Cata Treco”. Esse serviço contribui com a redução de pontos de lixo irregulares no município. Para acioná-lo é apenas necessário que se ligue, informe os tipos de resíduos que necessitam ser recolhidos que os funcionários informam um prazo para a execução da atividade. Mesmo com iniciativas dessa natureza ainda existe uma demanda substancial de regiões não atendidas, sendo imprescindível que sejam integradas nos trajetos percorridos pelo caminhão de lixo.

Iniciativas internacionais como as contempladas na Agenda 2030 também abordam essa temática. Ações como reduzir, reciclar e reutilizar os resíduos são de grande importância tendo em vista a quantidade de produtos que são produzidos e seu impacto direto nos ecossistemas quando descartados de maneira inadequada. Os resíduos orgânicos também têm sua importância, a quantidade de alimento que é desperdiçada ainda é muito grande devido às diversas falhas no processo produtivo, transporte, distribuição e manejo dentro das residências. São imprescindíveis esforços contínuos não só dos governantes, mas da população, visando um consumo sustentável e responsável, pensando no desenvolvimento sustentável dos municípios.

Ainda mais básico e essencial que o provimento do serviço de coleta de lixo, é o de abastecimento de água. São deverasmente conhecidos os benefícios de se ter acesso a água potável nas residências, sendo essencial para a continuidade e manutenção da vida. Com isso, é imprescindível que todos obtenham-na, sabendo que, a ausência desse serviço (Figura 39) possibilita o aumento da vulnerabilidade da população.

De acordo com a Figura 39, as residências que não possuem abastecimento de água se distribuem pela BHRC, mais presentes nas porções Leste, Sudoeste e Norte, sendo mais frequente a classe um. Das cinco classes existentes, apenas a quatro não foi expressa, sendo as demais, uma quantidade substancial de domicílios. Nota-se que a classe três esteve presente em poucos bairros, sendo eles: Jacarapé, Água Fria e Bancários. Já a classe cinco só foi apresentada no bairro de Gramame.

Figura 39 - Mapa de domicílios sem abastecimento de água via rede geral



Uma das possíveis explicações para a ausência do abastecimento pela concessionária é pela existência de outras formas de se obter esse recurso, dentre elas por poços, nascentes na propriedade e a retirada do próprio Rio Cuiá. Sabe-se que, nos primórdios, essas eram as formas de obtenção desse recurso, podendo ser permeado entre as gerações, a depender das condições socioeconômicas e culturais dos indivíduos.

Todavia, João Pessoa é um município onde quase 100% de sua área é urbanizada. Encontrando-se em um estado grande expansão urbana, seus espaços vêm sendo transformados, sendo necessária a investigação dos locais que não foram registrados o abastecimento de água, visando o aperfeiçoamento das condições de infraestrutura.

A Grande João Pessoa é abastecida pela água proveniente de três locais: as Estações de Tratamento de Água (ETAs) do sistema de Marés e do sistema de Gramame e o terceiro sistema de Buraquinho-Marés-Gramame que é a junção da água proveniente das duas ETAs anteriores e de um de poço amazônico existente na Mata do Buraquinho. Os domicílios que fazem parte da BHRC são abastecidos pelo sistema de Gramame, no qual é responsável por prover água tratada para cerca de 70% da Grande João Pessoa.

É urgente que se disponha de um sistema de abastecimento de água capaz de chegar a todas as residências, suprimindo as necessidades básicas dos indivíduos. Não basta apenas a distribuição de água, mas um recurso que seja de qualidade, pois tem a capacidade de impactar diretamente na saúde dos que a consomem. Possuir ou não água no domicílio exprime as condições a que os habitantes estão expostos, porque se esses não têm água, que dirá de outro serviço também essencial? É uma sequência de desventuras que culminam em pessoas vulneráveis e com baixa resiliência, sendo um entrave para o desenvolvimento sustentável.

Nesta pauta sobre desenvolvimento sustentável, a Agenda 2030 não deixou de inserir o assunto de abastecimento de água, contemplado em seu objetivo número seis que é: “Assegurar a disponibilidade e a gestão sustentável da água e saneamento para todos” (Plataforma Agenda 2030, 2015). É uma temática calamitosa que está presente em diversas regiões do mundo, indo além de problemas relacionados ao desenvolvimento regional, mas também envolve a preservação da vida.

Soares *et al.* (2002), indicam que tanto o abastecimento de água como o esgotamento sanitário cooperam para que ocorra o desenvolvimento econômico e, como consequência, aumenta-se a produção, em virtude de algumas atividades que estão associadas com a interferência do nível social dos indivíduos.

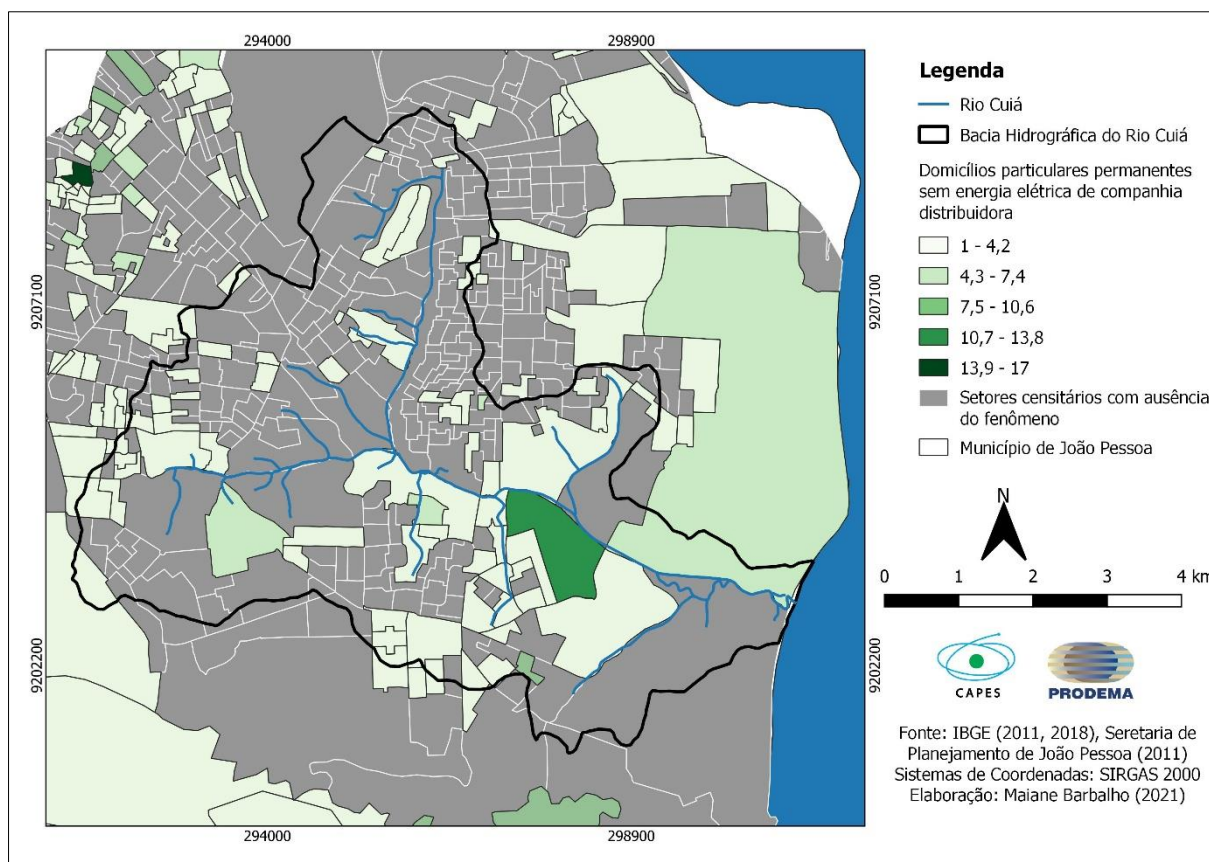
Existem alguns obstáculos no tocante ao registro e a distribuição adequados do abastecimento de água tratada. Muitos indivíduos se utilizam de meios inapropriados para obter esse serviço, sendo conhecido de “gato”, que nada mais é do que roubar água da concessionária. Pode também haver um acordo entre vizinhos onde ambos realizam o pagamento dividido, porém apenas para uma ligação predial.

Para que ainda se disponha de água para o abastecimento é de suma importância que todos estejam empenhados na conservação dos rios. Eles são as principais fontes desse recurso e precisam estar em uma situação que ainda seja possível a sua captação para fins de abastecimento. Quanto mais processos a água bruta precisa passar para o seu tratamento e quanto mais produtos químicos precisa receber, maior é o custo do produto final. Com isso, é essencial que se busque a conservação dos corpos hídricos não apenas com vistas ao abastecimento, mas também para a manutenção da vida dos seres vivos em geral que dependem desse recurso.

Além do abastecimento da água, o fornecimento de energia elétrica é outro indicador capaz de fornecer o cenário de uma determinada região. A ausência desse serviço (Figura 40)

tem implicações diretas na qualidade de vida das pessoas, ainda mais numa região como o Nordeste que escurece mais cedo do que em outras regiões do Brasil.

Figura 40 - Mapa de ausência de distribuição de energia elétrica



Verifica-se na Figura 40 que estão presentes os intervalos de classe: um, dois, três e quatro, distribuídos mais a Leste da bacia hidrográfica, sendo representada com mais frequência a classe um. Nota-se também que o máximo de valor alcançado nos intervalos dentro da BHRC é de 17 domicílios, representando uma quantidade relativamente baixa de locais que não têm acesso a esse serviço.

Merecem destaque os bairros: Nova Mangabeira, Paratibe e Muçumagro; por parte de seus territórios ocuparem as duas maiores classificações, sendo locais que devem ser considerados como prioritários no tocante ao provimento do serviço de energia elétrica. Compreende-se que existem meios de se adquirir esse serviço por meios próprios e mais sustentáveis, como é o caso da energia eólica e da energia solar. No entanto, apesar da sua relevância no contexto ambiental, social e econômico, ainda é uma realidade um tanto distante, devido ao investimento inicial que é necessário, não sendo acessível a boa parte da população.

É notável que o número de pessoas que não tem acesso via concessionária a energia é menor do que as que não possuem abastecimento de água. Ou seja, há o maior empenho em recobrir a área pelos serviços ofertados pela concessionária de energia elétrica do município, a Energisa, do que pela CAGEPA. Outro fator é que existem outros meios de abastecimento de água que não sejam pela CAGEPA, esses são mais comuns e difundidos (poços, nascentes e cisternas) em detrimento de outros métodos de se obter energia elétrica, que não são tão acessíveis assim.

Esse indicador também está listado na Agenda 2030, em seu objetivo número sete que pretende “Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos” (Plataforma Agenda 2030, 2015). É objetivo extremamente necessário, principalmente num cenário de alterações climáticas, onde a busca por energias de fonte limpa colabora com o desenvolvimento sustentável.

Apesar da importância e urgência dessa temática, compreende-se que em nível mundial, esse objetivo tem a forte probabilidade de não se concretizar, se muitos ainda não podem usufruir do abastecimento de energia de maneira convencional. A mudança nesse modelo de produção ainda pretende levar um tempo considerável, que vai além de 2030. Não ter acesso a esse serviço se reflete em diversas áreas como educação, alimentação, comunicação, qualidade de vida no geral, dificultando a melhoria nas condições sociais dos indivíduos.

Assim como no abastecimento de água, a aquisição o serviço de energia elétrica também pode ser fraudado com a utilização de “gatos” cabendo à concessionária responsável a fiscalização e o monitoramento de suas redes, visando a integridade e equidade na prestação desse serviço. É importante se investigue os motivos de ausência de energia elétrica nos locais mapeados, tendo em vista que não são muitos, podendo ser supridos num intervalo de tempo curto.

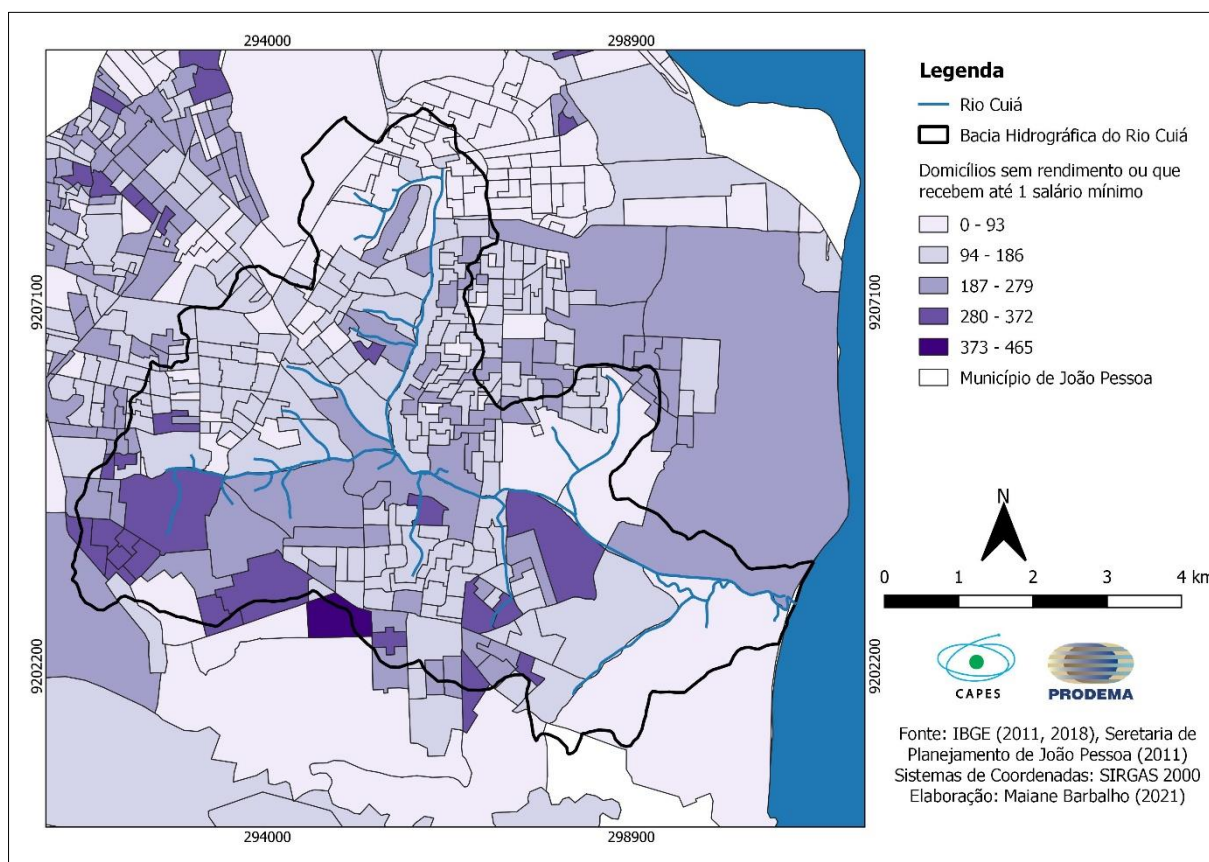
A Energisa dispõe de um programa chamado de Tarifa Social de Energia Elétrica (TSEE), decretado pelo governo estadual em 2019. O TSEE busca a inclusão das famílias de baixa renda, de forma que consigam usufruir da energia elétrica pagando um valor menor. Esse programa isenta os usuários de pagar o Imposto sobre Operações relativas à Circulação de Mercadorias e Prestação de Serviços (ICMS) presente na conta de energia, fornecendo mais acessibilidade a este serviço.

A possibilidade de pagar contas menos onerosas possibilita que a população, principalmente as de baixa renda, consiga suprir melhor suas necessidades com a renda que ela dispõe. A renda de um domicílio é um indicador extremamente essencial, visto que é com ela

que se consegue usufruir de quase todos os serviços distribuídos por setores na sociedade. Com isso, é indispensável que se comente sobre a renda dos moradores, visto que ela consegue corresponder com a situação econômica dos indivíduos e de seus grupos.

No tocante a renda per capita dos domicílios (Figura 41) que compõe a BHRC todas as classes puderam ser expressas. Porém, a classe dois foi a representada com maior frequência. Merecem destaques os intervalos quatro e cinco que estão em maior evidência nas porções Sul e Sudoeste da bacia hidrográfica, abrangendo os bairros de: Novo Milênio, Nova Mangabeira, Paratibe, Muçumagro, Valentina de Figueiredo, Colinas do Sul, Gramame, Grotão e José Américo. Vale ressaltar que no ano de 2010, o salário mínimo era de R\$ 510,00 reais, ou seja, era o máximo que alguém nesse período poderia receber de acordo com a Figura 40.

Figura 41 - Mapa de domicílios com renda per capita de até um salário mínimo



É importante destacar que em todos os setores se pôde notar a condição de indivíduos que recebem menos de um salário mínimo per capita. Mesmo que em proporções diferentes, explicitando que é uma característica presente em todos os bairros que compõe a BHRC. O único setor censitário que apresentou o valor de zero no intervalo é onde existe a Penitenciária de Segurança Máxima Criminalista Geraldo Beltrão, no bairro Mangabeira VI.

Esse parâmetro caracteriza os indivíduos que estão sob os diversos padrões de definição e tem a serventia de funcionar como critério de desempate para prováveis localidades com características vulneráveis. Visto que, se os habitantes que dispõem de uma renda razoável, esses têm a capacidade de regressar celeremente ao seu estado primeiro caso venham a padecer por eventos desastrosos (LUZ *et al.*, 2016).

Percebendo as condições que a população está exposta é essencial que tenha acesso a programas sociais de transferência de renda como Bolsa Família e Bolsa Universitária. São programas como esses que “salvam” o orçamento daqueles núcleos familiares que desfrutam de renda reduzida, principalmente em tempos de crise, dando suporte e amparo às suas necessidades básicas.

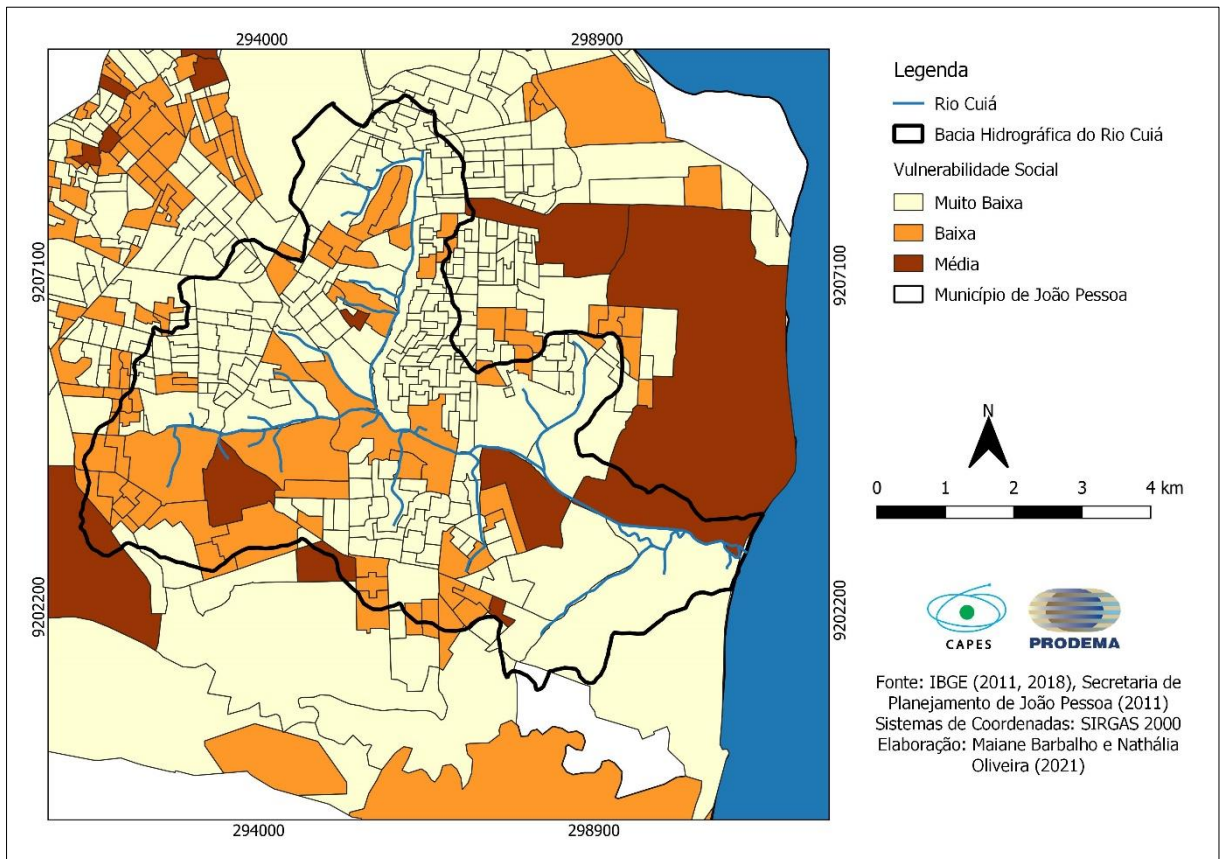
A geração de renda está intrínseca a criação de postos de trabalho, sendo uma onda contrária à globalização, que prevê a mecanização dos processos, reduzindo a necessidade de contratar e manter os funcionários. Atrelado a essa modernização, são necessários profissionais qualificados para operar e fazer a manutenção dos maquinários, deixando as vagas de emprego mais seletivas e específicas.

Com diversas contas a ser pagas, como o desemprego em alta e dispondo de uma renda reduzida, muitos têm buscado subterfúgios, ingressando no mercado informal para conseguir obter recursos para seu sustento. Todavia, as duras penas, sem nenhum amparo legal, estando sujeitos a todo tipo de doenças do trabalho e doenças profissionais. Com isso, é notável que o fator renda pode ser propulsor para os demais tipos de vulnerabilidade, tendo em vista o quanto e de que forma se está disposto conseguir esse recurso.

A Agenda 2030 também se preocupa com essa temática. O seu objetivo número oito é “Trabalho Decente e Crescimento Econômico” com o intuito de “Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, o emprego pleno e produtivo e o trabalho decente para todos” (Plataforma Agenda 2030, 2015). O desafio já foi lançado, cabe ao poder público e as empresas privadas buscarem o cumprimento do objetivo, com vistas ao provimento de dignidade e qualidade de vida a população.

Nota-se que a investigação desses indicadores é muito importante, é impossível dissociá-los. Uma análise adequada busca a integração desses, sabendo que um colabora com o outro. Com isso, construiu-se um mapa de vulnerabilidade social (Figura 42) que aglutinou estes indicadores já comentados, visando compreender a dinâmica do território de maneira geral, quais áreas estão mais debilitadas, necessitando de prioridade na intervenção dos setores públicos e privados.

Figura 42 - Mapa de vulnerabilidade social da BHRC



Observa-se na Figura 42 que diferente dos demais mapas, apenas três classes foram obtidas sendo estas: “muito baixa”, “baixa” e “média”. A não ocorrência das classes “alta” e “muito alta” representa certo “alívio” quanto a situação da bacia hidrográfica. Não obstante, não é motivo para “lavar as mãos”, tendo em vista a possibilidade de que um setor mude de classificação caso haja a negligência em monitorar e agir do poder público nas áreas que possuem mais proximidade com as classes de maior vulnerabilidade

A classe “muito baixa” se sobressai frente as demais na quantidade de setores que ela está presente, se distribuindo em toda a BHRC, menos notável na porção Sudoeste. A classe “baixa” se expressa com mais destaque na porção Sudoeste, Sul e Norte, abrangendo os bairros Nova Mangabeira, Muçumagro, Paratibe, Colinas do Sul, Gramame, Cuiá, Ernesto Geisel, Grotão, José Américo, Mangabeira I, II e V e Valentina de Figueiredo.

Já a classe “média”, a mais elevada, esteve presente em poucos bairros: Novo Milênio, Novo Geisel, Gramame, José Américo, Nova Mangabeira, Muçumagro e Jacarapé. Os bairros listados possuem alguns problemas, dentre eles o de Jacarapé. Silva (2015) que encontrou em sua pesquisa diversos fatores de degradação antrópica presente em nesse bairro, como a destruição da Mata Atlântica, disposição inadequada de resíduos sólidos, além da invasão de

moradias em locais de preservação, se utilizando de água e energia elétrica sem o pagamento desses serviços.

É importante destacar que uma parcela desses bairros (Novo Geisel, Nova Mangabeira, Colinas do Sul e Novo Milênio) como o próprio nome sugere, são relativamente novos se comparados aos demais bairros do município de João Pessoa, com isso, é possível que o crescimento destes não esteve em harmonia com a gestão e o planejamento municipal, se desenvolvendo desacompanhado dos equipamentos de infraestrutura.

A inclusão de mais pessoas nesses bairros é uma informação importante. De acordo com censo de 2010 (IBGE 2012), o bairro Mangabeira foi considerado como o mais populoso do município. Já o que mais cresceu em comparação com o censo de 2000 foi o bairro Gramame. Um dos motivos desse ocorrido foram a implantação de conjuntos habitacionais como o Conjunto Gervásio Maia e o Conjunto Irmã Dulce.

Nota-se que o acréscimo populacional em conjunto com os resultados obtidos no mapa de vulnerabilidade social coaduna com o aumento da necessidade de implantação e manutenção dos serviços básicos, dentre eles os relacionados à saúde. O sentido da expansão urbana de João Pessoa comunica aos gestores as áreas prioritárias de intervenção, devendo sempre se antecipar para evitar conflitos e desigualdades.

Quando não se tem acesso equitativo aos serviços básicos, aumenta-se a desigualdade social dos indivíduos e de seus grupos. Combater essa desigualdade é um desafio urgente que perdura há muitos anos no Brasil. Se intensificam quando se depara com gestores que não colocam essa pauta como prioridade de ação nos estados e municípios, sendo o reflexo disso o subdesenvolvimento regional. São atitudes como essa que explicitam as vulnerabilidades institucionais, onde um dos principais interessados em melhorar as condições da população não se empenham em fazê-lo.

Esforços internacionais existem por reconhecer esse grande entrave no mundo todo. De acordo com a Plataforma Agenda 2030 (2015), em seu décimo objetivo, prevê a “redução das desigualdades dentro dos países e entre eles”. À vista disso, deve-se buscar incorporar medidas que melhorem as condições financeiras dos domicílios, bem como o fornecimento de condições mínimas para a sobrevivência das pessoas.

Para tanto, a Lei nº 11.445/2007 determina a universalização do acesso aos serviços de saneamento básico, que não inclui somente o esgotamento sanitário, assim como a coleta e tratamento dos resíduos, drenagem e manejo das águas pluviais e o abastecimento de água

potável, abarcando as infraestruturas físicas, estruturais, educacionais, institucionais e legais (Brasil, 2007)

Segundo Teixeira *et al.* (2014) existe uma ligação direta entre o dinheiro que é gasto com saúde pública e as políticas deficitárias na área de saneamento. De modo que quando os serviços ofertados não são eficientes, as consequências disso são refletidas em um cenário crítico de doenças relacionadas ao saneamento básico. Isso produz uma despesa superior se comparada ao que se dependeria para adquirir um saneamento apropriado.

Além de um saneamento adequado é importante que os indivíduos disponham de recursos para prover suas necessidades, bem como alternativas para obter esses recursos. No ano de 2015 foi inaugurado o “Banco Comunitário Muçubank”, na comunidade de Muçumagro, como também houve o lançamento da moeda social “Muçu Real”, sendo uma forma de movimentar a economia dessa região que necessita desse incentivo.

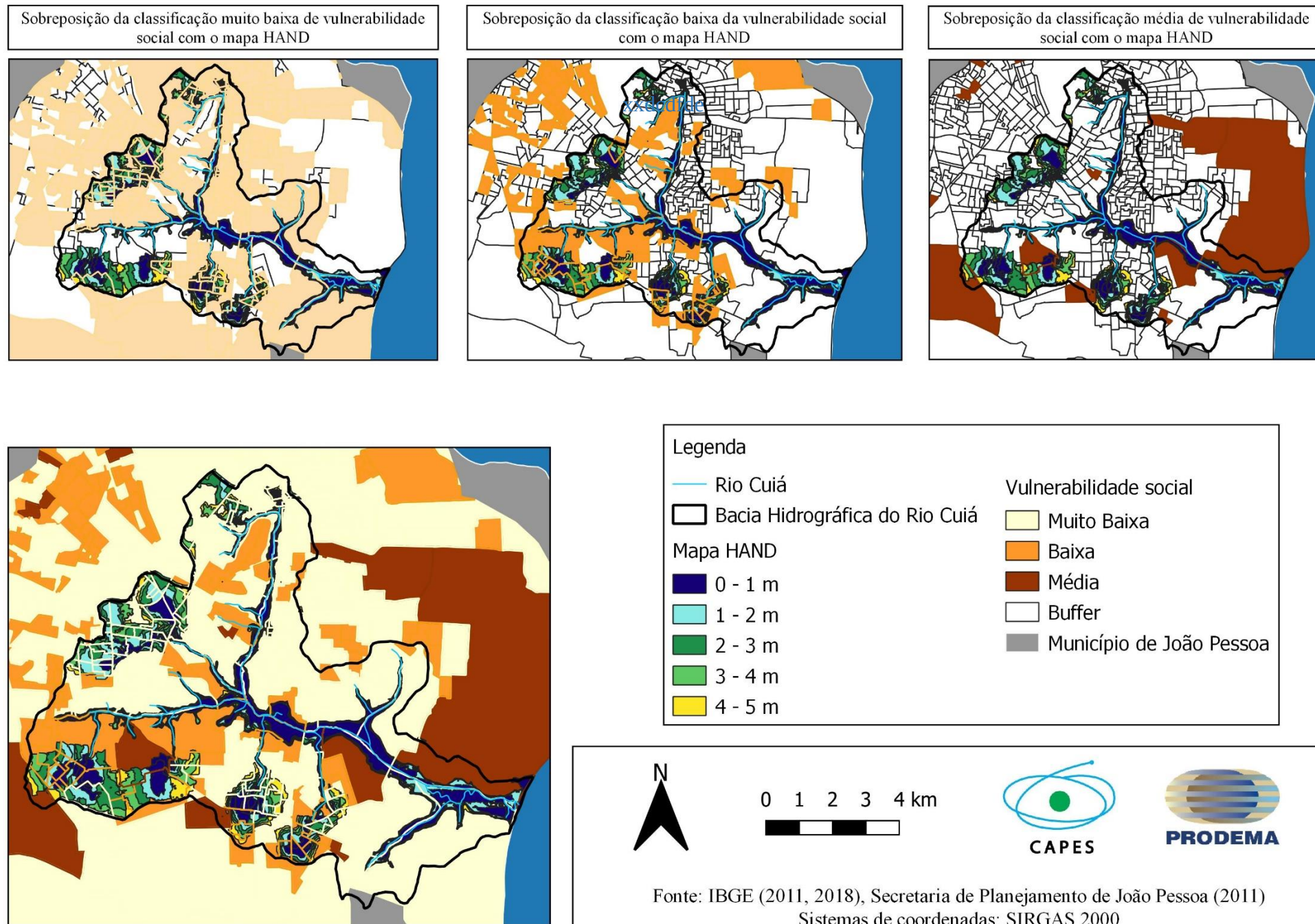
Uma iniciativa em vigor que também é importante são os programas sociais. Esses devem ser mantidos e aliado a abertura de postos de trabalho, abertura facilitada para a obtenção de empréstimos para microempreendedores, subsídios como para a conquista da casa própria como o “Minha Casa, Minha Vida” e incentivo a educação visando a retirada da população menos favorecida da situação de vulnerabilidade social, favorecendo a conquista de uma melhor qualidade de vida.

Criado no ano de 2011 pelo Ministério da Educação (MEC), o Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (Pronatec) é mais um instrumento que oferece cursos de educação profissional dirigido aos estudantes como também aos trabalhadores que tem o objetivo alcançar oportunidades na vida profissional, democratizando o acesso e seu público alvo são os grupos de baixa renda.

A população que reside nas áreas que necessitam de intervenção em algum indicador deve se mobilizar, buscando dar visibilidade aos entraves por meio do contato com os órgãos responsáveis, como também com aqueles eleitos para essa função, atender às necessidades do povo. Existem outros meios de serem vistos como, por exemplo, programas de televisão que já têm feito esse serviço de apresentar os problemas vivenciados pelos indivíduos.

Portanto, associando o mapa de vulnerabilidade social com o mapa HAND obteve-se o mapa socioambiental (Figura 43). Assim, pode-se verificar o grau de exposição da população a eventos de inundação, podendo sugerir medidas mais direcionadas quantos a localização e a situação desses grupos mais vulneráveis.

Figura 43 - Combinação das classes de vulnerabilidade social com áreas passíveis a inundação na BHRC



A combinação do mapa de vulnerabilidade social, isolando cada classe, com o mapa HAND permite analisar o cenário de maneira mais detalhada, visando abranger todos os bairros que apresentarem condições de vulnerabilidade socioambiental. Sobre a classe “muito baixa” de vulnerabilidade social houve a presença das manchas de inundação em todos os seus intervalos de classe, sendo os bairros que apresentaram os maiores riscos de inundação (primeira e segunda classe do HAND): Novo milênio, Gramame, Ernesto Geisel, Água Fria, Anatólia, Muçumagro, Paratibe e Valentina de Figueiredo.

Em se tratando da classe “baixa”, as manchas das duas primeiras classes do HAND se concentraram nos seguintes bairros: Valentina de Figueiredo, Colinas do Sul, Gramame, Muçumagro, Paratibe, Grotão, Ernesto Geisel e Mangabeira IV. Na maior classe encontrada no mapa de vulnerabilidade social, a “média”, os bairros em que as manchas do mapa HAND representam as áreas mais passíveis a inundação foram: Nova Mangabeira (uma pequena parcela próxima ao Rio Cuiá), Novo Milênio e Novo Geisel.

As áreas que possuem os maiores graus de vulnerabilidade social e estão relacionadas com as regiões de mais alta propensão à ocorrência de eventos de inundação atestam com as declarações de Olimpio e Zanella (2017), que apontaram que só existe vulnerabilidade fundamentada no potencial de prejuízos às populações humanas. Deschamps (2004) também afirma que a localização espacial dos estratos sociais que são mais vulneráveis, apresenta uma interligação com regiões de maior gradiente de riscos ambientais.

Sabendo disto, é imprescindível que todos tenham acesso a todos os serviços básicos e residam em áreas adequadas para esse fim. A Constituição Federal do Brasil (1988) apresenta como direitos fundamentais de quaisquer cidadãos a saúde, a educação, o lazer e o pleno gozo de um ambiente ecologicamente equilibrado (Brasil, 1988). Um ambiente ecologicamente equilibrado é um cenário cada vez mais difícil de se encontrar, tendo em vista a degradação desenfreada e a expansão urbana que não respeita as áreas de preservação.

As áreas de preservação, muitas vezes, cumprem o papel de amortecer os efeitos de inundação dos rios, principalmente na área urbana, onde está concentrada maior densidade populacional. Essa massa avança para áreas inadequadas para a moradia, colhendo posteriormente os frutos dessa atitude. A associação das temáticas sociais e ambientais também foi do trabalho de Malta *et al.* (2017) onde os resultados obtidos comprovaram que a vulnerabilidade socioambiental no estado do Rio de Janeiro é intensificada por condições de risco e degradação ambiental. Esses elementos são avultados pela existência de adensamento

das comunidades carentes, onde as camadas mais vulneráveis assistem, inseridos em um processo de exclusão ambiental e urbana.

Para que os grupos em situação de vulnerabilidade consigam emergir de classe são necessários interesses em comum (sociedade civil e poder público), planejados e bem administrados, tendo em vista que já se sabe o tipo de carência que eles possuem. Reduzir a vulnerabilidade implica diretamente no aumento da resiliência, fazendo com que desfrutem de uma boa qualidade de vida.

O aumento da resiliência é um dos objetivos da RRD, sabendo que o fortalecimento dos atores sociais, provendo condições adequadas de vida reflete em sua capacidade de retornar ao estado anterior caso ocorra algum evento desastroso. As consequências da implantação de ações que visem a RRD podem ser sentidas em todas as esferas: sociais, ambientais e econômicas; favorecendo não só o desenvolvimento regional, como também o nacional.

Quando existe uma balança equilibrada, não existe espaço para injustiça ambiental, tema bastante comentado por Acserald (2002), demonstrando que a população mais vulnerável socialmente está sujeita a sofrer maiores consequências de poluição ambiental e outros ônus referentes a essa temática.

É com grande esforço e dedicação que se deve trabalhar para fornecer vidas dignas aos seres humanos. Se deve buscar para que todos possuam e desfrutem da igualdade de direitos, combatendo a desigualdade social, visando o desenvolvimento sustentável, que requer a participação ativa de todos os atores sociais nessa missão que é construir um mundo melhor para as atuais e futuras gerações.

6 Considerações finais

O entendimento dos elementos que compõe um sistema é de grande relevância para a compreensão do ambiente que nos circunda. Observou-se que o emprego de imagens de satélite são ótimas ferramentas para a gestão de áreas propensas a inundar. Normalmente estão disponíveis gratuitamente e em fontes variadas, podendo ser utilizadas pela gestão pública objetivando um direcionamento aperfeiçoado das iniciativas, visando um retorno positivo, tanto para moradores, quanto para o poder público.

As áreas com maior susceptibilidade ao risco de inundação foram classificadas em: “muito alto”, “alto”, “médio”, “baixo” e “muito baixo”, com valores que variaram de um a cinco metros de elevação do nível da água no leito do Rio Cuiá, respectivamente. Dos bairros presentes na BHRC, os que apresentaram mais manchas de inundação, bem como mais áreas

classificadas nos riscos “alto” e “muito alto” foram: Ernesto Geisel, Colinas do Sul, Gramame, Novo Milênio, Valentina de Figueiredo e Muçumagro; ou seja, os da porção Sul da bacia hidrográfica.

Observou-se que o mapeamento HAND com as imagens da EMBRAPA, USGS e Lidar mostrou-se bastante satisfatório, apresentando uma porcentagem de ocupação das manchas de inundação semelhantes entre elas. A predominância dessas manchas se deu nas porções Sul e Oeste da bacia hidrográfica, sendo regiões que merecem destaques nos cuidados a serem dispensados. Como se possuía de imagem de alta resolução espacial (LIDAR), é interessante se utilizar desta para melhor detalhamento da área de estudo, possibilitando conclusões mais detalhadas a respeito da BHRC.

O perfil socioeconômico foi caracterizado, tendo como consequência um mapa de vulnerabilidade social onde esteve presente apenas três classes sendo estas: “muito baixa”, “baixa” e “média”. Não foram encontradas as classes “alta” e “muito alta”. Um possível motivo dessa não ocorrência é o fato de não se trabalhar com a normatização dos dados, não sendo muito clara a variável que contribui mais significativamente para o aumento ou a redução da vulnerabilidade social, sendo feita uma álgebra de mapas simples se utilizando da média aritmética entre as variáveis reclassificadas, com pesos iguais para todas, homogeneizando as informações.

A associação do mapa de vulnerabilidade social com as áreas de maior suscetibilidade à inundação explicitou os bairros que necessitam de mais atenção e, caso necessário, intervenção. São estes: Valentina de Figueiredo, Colinas do Sul, Gramame, Muçumagro, Paratibe, Nova Mangabeira, Novo Milênio, Novo Geisel, Grotão, Ernesto Geisel e Mangabeira IV; sendo estes integrantes das classes “baixa” e “média” de vulnerabilidade social associada as duas primeiras classes do mapa HAND.

Vale ressaltar que as informações utilizadas foram do censo de 2010, havendo uma certa defasagem. A realidade da localidade estudada pode ser diferente, todavia, é uma fonte oficial e amplamente utilizada nas pesquisas, tornando-a válida para a aplicação nesse estudo. É interessante que à medida que informações mais recentes fossem divulgadas, essa pesquisa passe por nova análise, observando as mudanças positivas ou negativas que ocorreram neste recorte geográfico.

A hipótese proposta foi corroborada, uma vez que as áreas que apresentaram maiores graus de suscetibilidade à inundação, bem como as regiões de maior vulnerabilidade social foram aquelas situadas na porção Sul da BHRC, salvo o bairro de Nova Mangabeira, onde uma

pequena parte do setor censitário esteve exposta a esse grau de risco, sendo localizado mais ao centro da BHRC, bem próximo ao Rio Cuiá.

Como recomendações para a adoção de políticas públicas, algumas ações podem ser sugeridas visando a manutenção e o desenvolvimento sustentável desses bairros que apresentaram maiores graus de vulnerabilidade. A instalação e instrução de como manusear sistemas de alerta são atividades que podem salvar vidas, por isso, é importante que em áreas onde são recorrentes a subida de nível do Rio Cuiá, chegando ao ponto de invadir as residências, sejam instalados equipamentos onde a própria população consiga discernir a mensagem da ferramenta, tomar medidas cabíveis de acordo com a realidade e consiga agir a tempo, alertando ao máximo de pessoas que puderem e se evadir do local, caso seja necessário.

Existem algumas áreas, como é caso da Comunidade Nossa Senhora das Neves, onde algumas casas, que ficam ao pé de uma barreira, recebem água e sedimentos dentro de suas residências nos períodos chuvosos. É urgente que essas pessoas sejam relocadas, tendo em vista o perigo a que estão expostas e as consequências incalculáveis que podem ocorrer caso haja um evento extremo que cause, por exemplo, a destruição dessas casas. Grande parte dessas pessoas não têm condições financeiras que se mudarem dali, sabendo disso, é importante a construção e doação de habitações populares pelo poder público em áreas adequadas para a moradia, visando a saúde e qualidade de vida dos indivíduos expostos ao grau elevado de risco.

Para que haja a percepção de risco dos moradores ao ponto de discernirem sobre o risco a que estão latentes, é interessante que haja a ação da Defesa Civil, órgãos correlatos, e se possível, as instituições que ensino, no sentido de apresentar a essas pessoas a importância de compreender os processos que ocorrem ao seu redor e como isso pode afetar a saúde e integridade deles e dos seus. Atividades como palestras e oficinas podem contribuir com a conscientização e sensibilização dos moradores, sendo apresentadas formas de se comportar caso haja algum evento extremo e como isso pode salvar a vida deles.

Ainda é importante que as pessoas que residem em áreas passíveis a inundar conheçam as escolas que funcionam como abrigo temporário (caso existam, se não existem, devem ser escolhidas), sendo essa informação difundida. O papel das associações de moradores é necessário em se tratando de todas as atividades que envolvem a redução do risco de desastres, sendo incentivadores das atividades desenvolvidas pela defesa civil e ativamente participantes, uma vez que a presença dessa organização nessas atividades possibilita o maior engajamento da população, resultando no sucesso das ações que se pretende implantar.

Estudos como este buscam a sustentabilidade em suas três dimensões, compreendendo

o papel do pesquisador na sociedade, objetivando contribuir com o desenvolvimento regional, conhecendo que os desafios são grandes quando se trata de pesquisa. Porém recompensadores, sabendo que todo o esforço empregado e conhecimento ofertado não são em vão.

7 Referências

ACSELRAD, H. Justiça ambiental e construção social do risco. **Desenvolvimento e meio ambiente**. n.5, p.49-60, Curitiba, 2002.

AESA – Agência Executiva de Gestão das Águas. **Precipitação máxima dos municípios/postos no ano 2019**. Meteorologia – Chuvas. 2019. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/?formdate=2020-05-26&produto=municipio&periodo=anual>> Acesso em: maio de 2020.

ALBANO, M. P. **A importância do planejamento urbano ambiental – a habitação social e a expansão urbana em Presidente Prudente-SP**. Dissertação de mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional. Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente. 2013.

ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. **Revista Brasileira de Estudos da População**. v. 23, n.1, p. 43-59, São Paulo, 2006.

ALVES, H. P. F. Desigualdade ambiental no município de São Paulo: análise da exposição diferenciada de grupos sociais a situações de risco ambiental através do uso de metodologias de geoprocessamento. **Revista Brasileira de Estudos da População**. v. 24, n.2, p. 301-316, São Paulo, 2007.

ALVES, H. P. F. Análise da vulnerabilidade socioambiental em Cubatão-SP por meio da integração de dados sociodemográficos e ambientais em escala intraurbana. **Revista brasileira Est. Pop.** Rio de Janeiro, v. 30, n. 2, p. 349-366, 2013.

ALVES, H. P. F.; TORRES, H. G. Vulnerabilidade socioambiental na cidade de São Paulo: uma análise de famílias e domicílios em situação de pobreza e risco ambiental. In: **São Paulo em Perspectiva**. v. 20, n. 1. São Paulo: Fundação Seade, 2006.

ALVES, M. L. P. R. **Aplicação do modelo Height Above the Nearest Drainage (HAND) para análise de inundação da bacia hidrográfica do Rio Cuiá, João Pessoa, Paraíba, Brasil**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2019.

ARAÚJO, D. M.; SANTOS, K. E. G.; DUARTE, M. D. D. C. **Avaliação e monitoramento do Rio Cuiá em João Pessoa – PB: uma análise socioambiental em relação a população ribeirinha**. 1º Congresso Sul-Americano de resíduos sólidos e sustentabilidade. Gramado, Rio Grande do Sul, 2018.

BELLEN, H. M. V. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro, Editora FGV, 2006. 256p.

BRAGA, R. B. **Parque Cuiá: o ponto de vista de um geógrafo para a construção de um plano de manejo**. Monografia do Curso de bacharelado em Geografia. Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, Paraíba. 2014.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm>. Acesso em: 04 abr. 2018.

_____. **Lei Nº 8.069, de 13 de julho de 1990**. Dispõe sobre o Estatuto da Criança e do Adolescente e dá outras providências.

_____. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

_____. **Lei Nº 10.741, de 1º de outubro de 2003**. Dispõe sobre o Estatuto do Idoso e dá outras providências.

_____. **Lei Nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978.

_____. **Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.

_____. **Lei Nº 12.608, de 10 de abril de 2012**. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências.

_____. Ministério das Cidades. **Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. In: CARVALHO, C. S., MACEDO, E. S., OGURA, A. T. (Orgs.). Brasília: Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.

_____. **Programa Viver: envelhecimento ativo e saudável**. Org. Ministério da Mulher, da família e dos direitos humanos e Secretaria Nacional de Promoção e Defesa da Pessoa Idosa. 2019. Disponível em: < <https://www.gov.br/mdh/pt-br/assuntos/noticias/2019/marco/ProgramaViver.pdf>> Acesso: fevereiro de 2021.

CARDONA, O. D. **Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo**. In: MASKREY, A. (Org.). Los Desastres no son Naturales. LaRED - Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, 1993.

CARDONA, O. D. A. **La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo**. In: INTERNATIONAL WORK-CONFERENCE ON VULNERA

BILITY IN DISASTER THEORY AND PRACTICE. Annals. Wageningen (Holanda): Wageningen University and Research Centre, 2001.

CARON, B.; KOBAYAMA, M.; GOERL, R. F. Determination of the hazard index from the mapping of susceptible areas to flood with the HAND model. **Anais do I Encontro Nacional de Desastres**. UFSC, 2018.

CARVALHO, A. C. P. **Integração de atributos morfométricos e geotécnicos para definição de zonas sujeitas à inundação na Bacia do Ribeirão Bocaína (MG)**. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2017.

CRUZ, C. B. M. *et al.* **Avaliação da exatidão planialtimétrica dos modelos digitais de superfície (MDS) e do terreno (MDT) obtidos através do LIDAR**. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Curitiba: INPE, v. 2011, p. 5463. 2011.

CUNICO, C. **Do risco à adaptação: a identificação da vulnerabilidade socioambiental de Curitiba – PR**. 2013. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal do Paraná.

DANTAS, D. D. F. **Os vazios urbanos na cidade de João Pessoa: transformações e permanências**. Trabalho de conclusão de curso do curso de Geografia. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba. 2018.

DEFESA CIVIL DE JOÃO PESSOA - PB. **Dragagem do Rio Cuiá vai evitar alagamentos e melhorar o tráfego entre Mangabeira e Valentina**. Notícias. Disponível em: <<http://www.joaopessoa.pb.gov.br/dragagem-do-rio-cuia-vai-evitar-alagamentos-e-melhorar-o-trafego-entre-mangabeira-e-valentina/>> Acesso em: maio de 2020.

DEFESA CIVIL DE SÃO BERNARDO DO CAMPO-SP. **Enchente, inundação, alagamento ou enxurrada?** 2011. Disponível em: <<http://dcsbcsp.blogspot.com.br/2011/06/enchente-inundacao-ou-alagamento.html>>. Acesso em: abril de 2018.

DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade socioambiental na região metropolitana de Curitiba/PR**. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) - Universidade Federal do Paraná. 2004.

EIRD. Estratégia Internacional para a redução de desastres. **Marco de Ação de Hyogo 2005-2015: Aumento da resiliência das nações e das comunidades frente aos desastres**. 2005.

ENOMOTO, C. F. Método para elaboração de mapas de inundação: estudo de caso na bacia do rio Palmital, Paraná. Dissertação de mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

FERNANDES, C. M. **Vulnerabilidade socioambiental do município de Campina Grande – PB**. Trabalho de conclusão de curso do curso de Geografia. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Paraíba. 2017.

FRANÇA, E. B., *et al.* Principais causas da mortalidade na infância no Brasil, em 1990 e 2015: estimativas do estudo de Carga Global de Doença. **Revista brasileira epidemiologia**. N°20. p.46-60. 2017. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbepid/v20s1/1980-5497-rbepid-20-s1-00046.pdf>> Acesso em: janeiro de 2021.

FREITAS, C. M. *et al.* Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva**, vol. 19(9), p. 3645-3656, 2014.

FURTADO, B. A. **Índice de vulnerabilidade das famílias: atualização (2003-2009) e recortes geográficos**. Brasília: IPEA; 2012 (Texto para Discussão, n. 1699).

GALL, M.; BORUFF, B. J.; CUTTER, S. L. Assessing flood hazard zones in the absence of digital floodplain maps: comparison of alternative approaches. **Natural Hazards Review**, v. 8, n. 1, p. 1 – 12. 2007.

GIDDENS, A. **As consequências da modernidade**. São Paulo: UNESP, 1991.

GOERL, R. F.; MICHEL, G. P.; KOBİYAMA, M. Mapeamento de áreas susceptíveis a inundação com o modelo HAND e análise do seu desempenho em diferentes resoluções espaciais. **Revista Brasileira de Cartografia**, Nº 69/1, p. 61-69. 2017.

GONÇALVES, M.; BARROS, M. V. F. Risco de alagamentos no Estado do Paraná: análise da periculosidade e da vulnerabilidade. **Confins [online]**, nº 27. 2016. Disponível em: <<http://journals.openedition.org/confins/10974>>. Acesso em: maio de 2018.

HAMDANI, N; BAALI, A. Height Above Nearest Drainage (HAND) model coupled with lineament mapping for delineating groundwater potential areas (GPA). **Groundwater for Sustainable Development**, vol. 9, p. 1-13. 2019.

HONDA, S. C. A. L.; *et al.* Planejamento ambiental e ocupação do solo urbano em Presidente Prudente (SP). **Revista Brasileira de Gestão Urbana**. Vol. 7(1), p. 62-73, 2015.

IBGE. **Projeção da População 2018: número de habitantes do país deve parar de crescer em 2047**. Notícias. 2018. Disponível em: < [_____. **Em 2011, esperança de vida ao nascer era de 74,08 anos**. Notícias. 2012. Disponível em: < \[_____. **Informativo PNAD 2019 – Educação**. 2019. Disponível em: < \\[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101736_informativo.pdf\\]\\(https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101736_informativo.pdf\\)> Acesso em: fevereiro de 2021.\]\(https://censo2010.ibge.gov.br/noticias-censo.html?view=noticia&id=1&idnoticia=2271&busca=1&t=2011-esperanca-vida-nascer-era-74-08-anos#:~:text=A%20taxa%20de%20mortalidade%20na%20inf%C3%A2ncia%20para%20o%20Brasil%20em,19%2C9%20por%20mil\).> Acesso em: fevereiro de 2021.</p></div><div data-bbox=\)](https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/21837-projecao-da-populacao-2018-numero-de-habitantes-do-pais-deve-parar-de-crescer-em-2047#:~:text=Em%202060%2C%20o%20percentual%20da,(19%2C%20milh%C3%B5es).> Acesso em: fevereiro de 2021.</p></div><div data-bbox=)

INMET. **Normais Climatológicas**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: maio de 2020.

INPE. **TerraHidro**. 2020. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/projetos/terrahidro>> Acesso em: maio de 2020.

_____. **Software desenvolvido pelo INPE simula a trajetória da lama no colapso da Barragem em Brumadinho/MG**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/noticias/software-desenvolvido-pelo-inpe-simula-a-trajetoria-da-lama-no-colapso-da-barragem-em-brumadinho-mg>> Acesso: dezembro de 2019.

JACOBI, P. R. Moradores e meio ambiente na cidade de São Paulo. **Cadernos CEDEC**, São Paulo, n. 43, 1995.

JANNUZZI, P. M. **Indicadores Sociais no Brasil: conceitos, fontes de dados e aplicações**. 3 ed. Campinas: Editora Alínea, 2004.

JHA, A. K., *et al.* **Cidades e inundações**: Um guia para a Gestão Integrada do Risco de Inundação Urbana para o século XXI, 2012. Washington DC. Banco Mundial. Disponível em: <http://mi.gov.br/pt/c/document_library/get_file?uuid=3c3b9a72-9358-415f-9efe89fad4cbb381&groupId=10157> Acesso em: novembro de 2017.

JOÃO PESSOA. **Academia da Saúde completa um mês levando qualidade de vida à população**. Notícias. 2015. Disponível em: < <http://antigo.joaopessoa.pb.gov.br/academia-da-saude-completa-um-mes-levando-qualidade-de-vida-a-populacao/>> Acesso: fevereiro de 2021.

_____. **Relatório de avaliação ambiental – RAA (João Pessoa, PB)**. Relatório técnico. Programa de desenvolvimento urbano integrado e sustentável do município de João Pessoa. São Paulo, 2017. Disponível em: < http://www.joaopessoa.pb.gov.br/portal/wp-content/uploads/2016/06/RAA_JP_FINAL_23_Junho.pdf > Acesso em: maio de 2020.

KELMAN, I. **Natural Disasters Do Not Exist (Natural Hazards Do Not Exist Either)**. 2010. Disponível em: <<http://www.ilankelman.org/miscellany/NaturalDisasters.rtf>> Acesso em: abril de 2020.

KIHL, L. **Les catastrophes climatiques ont affecté près de 98 millions de personnes**. Le Soir. Mardi 14, Janvier 2020.

KOBIYAMA, M. *et al.* **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Florianópolis: Ed. Organic Trading, 2006.

KOBIYAMA, M.; REGINATTO, G. M. P.; MICHEL, G. P. **Contribuição da engenharia de sedimentos ao planejamento territorial com ênfase em redução de desastres hidrológicos**. IX Encontro nacional de Engenharia de Sedimentos. Brasília, Distrito Federal. 2010

LINDSAY, J. B.; CREED, I. F. Removal of artifact depressions from digital elevation models: towards a minimum impact approach. **Hydrological Process**. 2005.

LUZ, M. B.; MOURA, L. S.; CUNICO, C. Vulnerabilidade social do município de Patos – sertão paraibano: subsídios para a compreensão das condições socioambientais. **Anais do Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental e Sustentabilidade** - Vol. 4, p. 2079 - 2092. 2016

LUZ, M. B. **Sistemas de alerta de risco a desastres: aplicabilidade para o município de João Pessoa/PB**. Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2018.

LUZ, M. B.; QUEIROGA, A. A.; FILGEIRA, H. J. A. **Análise do reflexo do Marco de Ação De Hyogo (2005-2015) no Brasil**. Anais do I Congresso Internacional de Meio Ambiente e sociedade e III Congresso Internacional de Diversidade e Seminário. Campina Grande, Paraíba. 2019.

MaisPB. **PMJP entrega praça no Valentina de Figueiredo II**. Notícias. 2019. Disponível em: < <https://www.maispb.com.br/360894/pmjp-entrega-praca-no-valentina-figueiredo.html> > Acesso em: fevereiro de 2021.

MALTA, F. S.; COSTA, E. M.; MAGRINI, A. Índice de vulnerabilidade socioambiental: uma proposta metodológica utilizando o caso do Rio de Janeiro, Brasil. **Ciênc. saúde coletiva**. vol.22, Nº 12, p. 3933 – 3944. 2017

MARIA, Y. R. **Resíduos sólidos urbanos e políticas públicas de educação ambiental: o caso do Pontal do Paranapanema-SP**. Dissertação de mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional. Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente. 2013.

MENDONÇA, F. A. Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba. In: **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 10, Curitiba: Editora da UFPR, 2004.

MENGUE, V. *et al.* Análise da expansão urbana em áreas suscetíveis à inundação utilizando o modelo HAND: o caso da Região Metropolitana de Porto Alegre, Brasil. **GOT**, Porto, n.12, p.231-253, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.17127/got/2017.12.010>>. Acesso em: junho de 2020.

MILANESI, J.; QUADROS, E. L. L.; LAHM, R. A. Utilização do modelo HAND no reconhecimento dos terrenos sujeitos a inundação – Porto Alegre/RS. **Revista Brasileira de Cartografia**, Nº 69/4. PUCRS, 2017.

MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevo**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>>. Acesso em: junho de 2020.

MOMO, M. R. *et al.* Desempenho do modelo HAND no mapeamento de áreas suscetíveis à inundação usando dados de alta resolução espacial. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos** (Versão On-line). vol. 21, nº.1, p. 200 – 208. Porto Alegre. 2016.

MOORE, I. D., *et al.* Soil attribute prediction using terrain analysis. **Soil Science Society of America Journal**, v.57, p. 443–452, 1993.

NOBRE, A. D. *et al.* Height above the Nearest Drainage, a hydrologically relevant new terrain model. **Journal Hydrology**. v. 404, n. 1-2, p.13–29, 2011.

NOBRE, A. D., *et al.* HAND contour: a new proxy predictor of inundation extent. **Hydrology Processes**, v. 30, p. 320 – 333. 2016.

O'CALLAGHAN, J. F; MARK, D. M. The extraction of drainage networks from digital elevation data. **Computer Vision, Graphics and Image Processing**, v. 28, p. 323–344, 1984.

OLIMPIO, J. L.; ZANELLA, M. E. Riscos naturais: componentes e relações entre natureza e sociedade. **Ra'EGa O espaço geográfico em análise**, v.40, p. 94-109, 2017.

OLIVEIRA, J. L. A. Uma contribuição aos estudos sobre a relação transporte e crescimento urbano: O caso de João Pessoa. 2006. **Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana – CT/UFPB. João Pessoa.**

OLIVEIRA, M. H. S. G. **Novas dinâmicas na expansão urbana de João Pessoa-PB: Eixos de valorização do solo urbano na zona Sul de João Pessoa-PB.** Anais do XIII ENANPEGE - A geografia brasileira na ciência-mundo: produção, circulação e apropriação do conhecimento. São Paulo, 2019.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Ocha: Brasil entre países com maior número de pessoas expostas a inundações BR.** ONU News. 2020. Disponível em: < <https://news.un.org/pt/story/2020/01/1699571>> Acesso em: abril de 2020.

_____. **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável - Objetivo 13. Tomar medidas para combater a mudança climática e seus impactos.** 2015. Disponível em: < <https://nacoesunidas.org/pos2015/ods13/> > Acesso: setembro de 2020.

_____. Escritório das Nações Unidas para a redução de riscos de desastres. **Como construir cidades mais resilientes: um guia para gestores públicos locais.** Genebra, 2012.

PARAÍBA. Decreto nº 7.517, de 17 de abril de 2012. Cria o Parque Natural Municipal do Cuiá – “Parque Cuiá” - Unidade de conservação municipal. **Semanário Oficial.** Nº 1318. João Pessoa, 2012.

_____. Plano Municipal de Saneamento básico de João Pessoa – PMSB-JP. **Semanário Oficial.** Nº 1509 (Especial). João Pessoa, 2015.

Plataforma Agenda 2030. **Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.** 2015. Disponível em: <<http://www.agenda2030.org.br/ods/4/>> Acesso em: janeiro de 2021.

PORTO, M. F. A., PORTO, R. L. Gestão de bacias hidrográficas. **Estudos avançados**, vol. 22, n.63, São Paulo, 2008. On-line version. Disponível em: < https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142008000200004> Acesso em: julho de 2020.

REIS, A. L. Q. **Modelagem e análise temporal da dinâmica do uso e ocupação do solo na bacia do Rio Cuiá-PB.** Dissertação de mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba. 2010.

REIS, A. L. Q. **Índice de sustentabilidade em uma bacia ambiental: uma abordagem para a gestão e planejamento da conservação e preservação dos rios urbanos de João Pessoa (PB).** Tese de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente. Universidade Federal da Paraíba. 2016.

RENNÓ, C., *et. al.* HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra-firme rainforest environments in Amazonia. **Remote Sensing of Environment [online]**. Vol. 112, p.3469-3481, 2008.

RIBEIRO, J., VIEIRA, R.; TÔMIO, D. Análise da percepção do risco de desastres naturais por meio da expressão gráfica de estudantes do Projeto Defesa Civil na Escola. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 42, p. 202-223. 2017.

RIVERTRAK. **Resposta em tempo real para um planeta em mudança**. 2020. Disponível em: <<https://www.rivertrak.com/>> Acesso: março de 2020.

RODRÍGUEZ, J. V. Vulnerabilidad y grupos vulnerables: un marco de referencia conceptual mirando a los jóvenes. **Serie Población y desarrollo**, CEPAL/CELADE. Santiago - Chile, n.7. 2001.

ROSS, J. L. S.; DEL PRETTE, M. E. Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**. n.12, p. 89-121, 1998.

ROVER, O. J.; CESARO, F. **Representatividade de segmentos sociais mais vulneráveis em políticas de desenvolvimento regional – Oeste de Santa Catarina / BR**. 2008. Disponível em: <<https://www.unisc.br/site/sidr/2008/textos/110.pdf>> Acesso em: abril de 2020.

SÁ, N. **Como fazer um Mapa de declividade no QGIS**. 2014. Disponível em: <<https://nanceliodesa.com/criando-um-mapa-declividade-no-qgis/>> Acesso: dezembro de 2019.

SALLES, M. C. T.; GRIGIO, A. M.; SILVA, M. R. F. Expansão urbana e conflito ambiental: uma descrição da problemática do município de Mossoró, RN – Brasil. **Sociedade & Natureza [Online version]**, v.25 n.2. Uberlândia. 2013.

SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: Teoria e prática**. Editora: Oficina de Textos. São Paulo. 2004.

SILVA, L. M.; BRAGA, R. B. Parque Natural Municipal do Rio Cuiá, em João Pessoa, Paraíba: subsídios geográficos para o Plano de Manejo. **Revista OKARA: Geografia em debate**. Vol. 11, n. 1, p. 92-104. 2017.

SILVA, L. P.; SANTOS, C. A. G. **Modelo numérico do terreno aplicado para caracterização do relevo da bacia do rio Cuiá-PB**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2005, João Pessoa, Paraíba.

SILVA, L. P.; ALMEIDA, N. V.; SANTOS, C. A. G. **Identificação de áreas susceptíveis a inundação na bacia do rio Cuiá-PB**. VIII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste. 2006.

SILVA, L. P. **Modelagem e geoprocessamento na identificação de áreas com risco de inundação e erosão na bacia do Rio Cuiá**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2007. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/arquivos_publicacoes/Bacia%20do%20rio%20Cuia.pdf> Acesso em: maio de 2020.

SILVA, K. L.; AZEVEDO, V. C. F.; LEITE, E. P. F. Mapeamento e análise do uso e ocupação do solo da bacia do Rio Cuiá a partir de imagem do satélite *quickbird*. **Anais do V Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica**, Maceió. 2010.

SILVA, T. L. **Questões de natureza ambiental na Mata de Jacarapé: O processo de expansão do Conjunto Cidade Verde**. Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia, Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2015.

SOARES, S. R. A.; BERNARDES, R. S; CORDEIRO NETTO, O. M. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Caderno Saúde Pública**. Vol. 18(6). P.1713-1724. Rio de Janeiro. 2002.

SOBREIRA, L. C.; LEDER, S. M.; SILVA, F. A. G.; ROSA, P. R. O. Expansão urbana e variações mesoclimáticas em João Pessoa, PB. **Ambiente construído (Online)** vol.11 no.2 Porto Alegre. 2011. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1678-86212011000200009&script=sci_arttext> Acesso: maio de 2020.

SOUSA, D. G. *et al*. Aplicação de técnicas de análise exploratória no monitoramento da qualidade da água do rio Cuiá, João Pessoa-PB. **Ambiência**. v.15 n.1 p. 131 – 145. 2019. Disponível em: < <https://revistas.unicentro.br/index.php/ambiencia/article/view/5674/pdf>> Acesso: fevereiro de 2021.

SOUSA, L. F. N. M. **Metodologia para o mapeamento de cheias em zonas de risco. Aplicação a um trecho de um rio do norte de Portugal**. Dissertação de Mestrado de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, 2012.

SOUZA, L. B.; ZANELLA, M. E. **Percepção de Riscos Ambientais: Teorias e Aplicações**. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

SOUZA, V. S. **Mapa Climático Urbano da cidade de João Pessoa**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo / Centro de Tecnologia. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.

TEIXEIRA, J. C.; OLIVEIRA, G. S.; VIALI, A. M.; MUNIZ, S. S. Estudo do impacto das deficiências de saneamento básico sobre a saúde pública no Brasil no período de 2001 a 2009. **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v. 19, n. 1, p. 87-96, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-41522014000100010>> Acesso em: fevereiro de 2021.

TOMINAGA, L. K. **Desastres Naturais: por que ocorrem?** In: TOMINAGA, L. K; SANTORO, J; AMARAL, R. Desastres Naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico, cap. 9, p; 150. 2009.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

_____. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. Ministério das Cidades – Global Water Partnership - Wolrd Bank – Unesco. 2005. 270 p.

_____. **Inundações Urbanas**. Oficina de Textos. ABRH/RHAMA. 2007.

UFSC. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012**. Volume Paraíba. 2. ed. ver. ampl. Florianópolis, SC: UFSC/CEPED, 2013. 105 p.

UNISDR. United Nations International Strategy for Disaster Reduction. **2009 UNISDR Terminology on disaster risk reduction**. Geneva, Switzerland: UNISDR, 2009a.

_____. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2009b.

_____. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2011.

_____. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2013.

_____. **Marco de Sendai para a Redução do Risco de Desastres 2015- 2030**. Organização das Nações Unidas, 2015a.

_____. Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2015b.

_____. UNISDR Terminology on Disaster Risk Reduction 2017

_____. **Conferência de Sendai adota novo marco para reduzir riscos de desastres naturais no mundo**. Publicado em 19 de março de 2019. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/conferencia-de-sendai-adota-novo-marco-para-reduzir-riscos-de-desastres-naturais-no-mundo/>>. Acesso em: agosto de 2019.

USGS – Serviço Geológico dos Estados Unidos. **USGS EROS Archive - Elevação digital - Missão de topografia para radar de vaivém (SRTM) 1 Arc-Second Global**. 2020. Disponível em: < https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1-arc?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects> Acesso em: maio de 2020.

UTFPR. **Precipitação**. Notas de aula da disciplina de hidrologia. [20--?]. Disponível em: <file:///C:/Users/Dell/Downloads/aula_3_prec.pdf> Acesso: agosto de 2020.

VAEZA, R. F., OLIVEIRA FILHO, P. C., MAIA, A. G., DISPERATI, A. A. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a Partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. **Floram-Floresta e Ambiente**, vol.17, n1, p.23-29. 2010.

VARGAS, J. E. **Políticas públicas para la reducción de la vulnerabilidad frente a los desastres naturales y socio-naturales**. Santiago de Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe, División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos, 2002. (Serie Medio Ambiente y Desarrollo, 50). Disponível em: <https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5749/1/S2002612_es.pdf> Acesso em: julho de 2019.

VERDIN, J.*et. al.* **A Software Tool for Rapid Flood Inundation Mapping**. U.S. Geological Survey Open-File Report 2016–1038, 26 p. 2016. Disponível em: <<https://pubs.usgs.gov/of/2016/1038/ofr20161038.pdf>> Acesso: março de 2020.

ZANANDREA, F.; VANELLI, F. M.; TAVARES, T. G. A.; GOLDENFUM, J. A. Delimitação da área potencialmente inundada pela cheia histórica de 1974 em Tubarão, SC. **Anais do I Encontro Nacional de Desastres**. UFSC, 2018.

WISNER, B., BLAIKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I. **At Risk: Natural Hazards, People Vulnerability and Disasters**. Second edition. 2003.

ANEXO

Quadro 3 – Conceitos e definições das variáveis socioeconômicas

Variável socioeconômica	Conceitos e Definições
Abastecimento de água da rede geral	Quando o domicílio ou o terreno, ou a propriedade onde estava localizado, estava ligado a uma rede geral de distribuição de água.
Coleta de lixo por serviço de limpeza	Quando o lixo do domicílio era coletado diretamente por serviço de empresa pública ou privada.
Domicílio	Domicílio é o local estruturalmente separado e independente que se destina a servir de habitação a uma ou mais pessoas, ou que estejam sendo utilizado como tal. Os critérios essenciais desta definição são os de separação e independência. A separação fica caracterizada quando o local de habitação for limitado por paredes, muros ou cercas e coberto por um teto, permitindo a uma ou mais pessoas, que nele habitam, isolar-se das demais, com a finalidade de dormir, preparar e/ou consumir seus alimentos e proteger-se do meio ambiente, arcando, total ou parcialmente, com suas despesas de alimentação ou moradia. A independência fica caracterizada quando o local de habitação tem acesso direto, permitindo a seus moradores entrar e sair sem necessidade de passar por locais de moradia de outras pessoas.
Domicílio particular permanente	Domicílio construído para servir, exclusivamente, à habitação e, na data de referência, tinha a finalidade de servir de moradia a uma ou mais pessoas.
Energia elétrica	A existência, no domicílio particular permanente, de energia elétrica e, para o domicílio que possuía, investigou-se a sua origem: de companhia distribuidora ou de outra fonte (eólica, solar, gerador etc.).
Esgotamento sanitário via rede geral de esgoto ou pluvial	Quando a canalização das águas servidas e dos dejetos, proveniente do banheiro ou sanitário, estava ligada a um sistema de coleta que os conduzia a um desaguadouro geral da área, região ou município, mesmo que o sistema não dispusesse de estação de tratamento da matéria esgotada.

Esgoto a céu aberto	Foi pesquisado se na face ou na sua face confrontante, existia vala, córrego ou corpo d'água onde habitualmente ocorria lançamento de esgoto doméstico; ou valeta, por onde escorria, na superfície, o esgoto doméstico a céu aberto.
Esgotamento sanitário via rio, lago ou mar	Quando o banheiro ou sanitário estava ligado diretamente a rio, lago ou mar.
Pessoas alfabetizadas	Considerou-se como alfabetizada a pessoa capaz de ler e escrever um bilhete simples no idioma que conhecesse. Foi considerada analfabeta a pessoa que aprendeu a ler e escrever, mas que esqueceu devido a ter passado por um processo de alfabetização que não se consolidou e a que apenas assinava o próprio nome.
Pessoas responsáveis	Para a pessoa (homem ou mulher), de 10 anos ou mais de idade, reconhecida pelos moradores como responsável pela unidade domiciliar.

Fonte: IBGE (2011).